

PROYECTO DE GRADOGUÍA METODOLÓGICA PARA LA REALIZACIÓN DE
PROYECTOS DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN CALI

MARIA ANDREA RODRÍGUEZ ECHEVERRY
LAURA VÁSQUEZ PALACIOS

UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI

2012

PROYECTO DE GRADO GUÍA METODOLÓGICA PARA LA REALIZACIÓN DE
PROYECTOS DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN CALI

MARIA ANDREA RODRÍGUEZ ECHEVERRY
LAURA VÁSQUEZ PALACIOS

Proyecto de Grado para optar el título de ingeniero industrial

Director
Leonardo Rivera C., Ph.D.
Jefe Depto de Ingeniería Industrial

UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI

2012

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	13
1. ELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TEMA	15
1.1 Título del trabajo.....	15
1.2 Problema a tratar.....	15
1.2.1 Planteamiento del problema	15
1.2.2 Análisis del problema.....	15
1.3 Justificación e importancia que el trabajo tiene en el campo profesional	20
1.4 Delimitación	21
2. OBJETIVOS	22
2.1 Objetivo general	22
2.2 Objetivo del Proyecto	22
2.3 Objetivos específicos.....	22
3. ANTECEDENTES.....	23
3.1. Propósito de las Investigaciones	23
3.2. Evaluación de la situación de la empresa	25
3.3. Desarrollo de la Propuesta	26
3.4. Evaluación de la Propuesta.....	29
4. MARCO TEÓRICO	31

4.1 Planeación de Instalaciones.....	31
4.2 Distribución de Planta.....	32
4.2.1 Problema de distribución de planta dinámico determinístico	34
4.2.2 Formas de medir el flujo	35
4.2.3 Formas de medir la distancia	36
4.3 Redistribución de Planta.....	37
4.3.1 Programación de Proyectos de Redistribución de Planta	37
4.4. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos.....	38
4.4.1. Grupo del Proceso de Iniciación	39
4.4.2. Grupo del Proceso de Planificación	40
4.4.3. Grupo del Proceso de Ejecución	43
4.4.4. Grupo del Proceso de Seguimiento y Control.....	44
4.4.5. Grupo del Proceso de Cierre	45
4.5. Diseño de entrevistas	46
5. APORTE CRÍTICO	48
6. METODOLOGÍA.....	53
6.1. Identificar los factores críticos que deben tener en cuenta las empresas para realizar un proyecto de redistribución de planta.....	53
6.2. Diseñar una guía metodológica estructurada teórica que recoja las etapas que debe seguir un proyecto de redistribución de planta y que identifique	

elementos esenciales que se deben tener en cuenta según la investigación y la guía del PMBOK.....	53
6.3. Adaptar la guía metodológica teórica a las condiciones específicas de las industrias más importantes de cali y sus zonas de influencia.	54
6.4. Organizar la información de la guía metodológica mediante el establecimiento de categorías correspondientes a aspectos comunes identificados en las empresas de las industrias más importantes de cali y sus zonas de influencia.....	55
7.ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	57
7.1. Recursos Disponibles.....	57
7.1.1. Financieros	57
7.1.2. Equipos.....	57
7.1.3. Humanos	57
7.2. Equipo de Investigadores	57
8.DESARROLLO DEL PROYECTO.....	59
8.1Objetivo 1:Identificar los factores críticos que deben tener en cuenta las empresas para realizar un proyecto de redistribución de planta.	59
8.1.1 Costo	63
8.1.2 Flujo	66
8.1.3 Entorno	73

8.2Objetivo 2:Diseñar una guía metodológica teórica que recoja las etapas que debe seguir un proyecto de redistribución de planta y que identifique elementos esenciales que se deben tener en cuenta según la investigación y la Guía PMBOK.	75
8.2.1Determinación de los procesos de la guía teórica	75
8.2.2 Guía teórica para la realización de proyectos de redistribución de planta	78
8.3Objetivo 3: Adaptar la guía metodológica teórica a las condiciones específicas de las empresas de las industrias más importantes de Cali y sus zonas de influencia.....	109
8.3.1 Aprendizaje de las empresas.....	110
8.3.2 Beneficios	127
8.4Objetivo 4: Organizar la información de la guía metodológica mediante el establecimiento de categorías correspondientes a aspectos comunes identificados en las empresas de las industrias más importantes de Cali y sus zonas de influencia.....	128
9. CONCLUSIONES	145
BIBLIOGRAFÍA	148
ANEXOS.....	151

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Secuencia de fabricación de los productos de una empresa del sector plástico.....	27
Tabla 2. Frecuencias Totales de la Diagonal.....	28
Tabla 3. Criterios para evaluar las alternativas de rediseño de planta.....	61
Tabla 4. Procesos del PMBOK candidatos para la Guía Metodológica	76
Tabla 5. Checklist para evidenciar la necesidad de redistribuir una planta.....	78
Tabla 6. Estrategias de los riesgos de un proyecto de redistribución de planta	97
Tabla 7. Tipos de proyectos de redistribución	130
Tabla 8. Necesidades por tipos de proyectos	132
Tabla 9. Alcance por tipos de proyectos de redistribución.....	134
Tabla 10. Factores Críticos por tipos de proyectos.....	135
Tabla 11. Actividades asociadas al establecimiento del diseño por tipos de proyectos de redistribución	142

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Documentos en catálogos de universidades del sur de Cali.....	17
Figura 2. Documentos en bases de datos y revistas	18
Figura 3. Niveles típicos de costo y dotación de personal durante el ciclo de vida del proyecto	39
Figura 4. Implementación de la Guía Metodológica.....	51
Figura 5. Flujos	71
Figura 6. Esquema de la Guía para la Realización de un Proyecto de Redistribución de Planta	82
Figura 7. Diagrama para Desarrollar el Cronograma	86
Figura 8. Diagrama de la Planeación de las Adquisiciones	90
Figura 9. Evaluación Cualitativa de los Riesgos	94
Figura 10. Diagrama de Toma de Decisiones Valor Monetario	95
Figura 11. Diagrama para Desarrollar el Nuevo Layout Detallado.....	101

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Evaluación de Distancias Recorridas	29
Ecuación 2. Función objetivo basada en costo	35
Ecuación 3. Función objetivo basada en adyacencia	36
Ecuación 4. Distancia euclidiana	36
Ecuación 5. Distancia rectilínea	36
Ecuación 6. Puntaje de Adyacencia.....	68
Ecuación 7. Eficiencia Relativa	69
Ecuación 8. Densidad del Volumen por material transportado	70
Ecuación 9. Densidad del Volumen por tiempo recorrido de materiales.....	70
Ecuación 10. Magnitud del Riesgo.....	95
Ecuación 11. Variación del cronograma	106
Ecuación 12. Variación del costo	106
Ecuación 13. Índice de desempeño del cronograma	106
Ecuación 14. Índice de desempeño del costo.....	106
Ecuación 15. Estimación hasta la conclusión del proyecto.....	107
Ecuación 16. Proyección según presupuesto	107
Ecuación 17. Proyección según CPI.....	107
Ecuación 18. Proyección según SPI y CPI	108

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Matriz de Marco Lógico	151
Anexo B. Cronograma	158
Anexo C. Protocolo y formato de entrevista.....	163
Anexo D. Formato de entrevista realizada a EMPRESA A	170
Anexo E. Formato de entrevista realizada a EMPRESA B	179
Anexo F. Formato de entrevista realizada a EMPRESA C	190
Anexo G. Formato de entrevista realizada a EMPRESA D.....	197
Anexo H. Formato de entrevista realizada a EMPRESA E	204
Anexo I. Formato de entrevista realizada a EMPRESA F	210
Anexo J. Formato de entrevista realizada a EMPRESA G	221
Anexo K. Formato de entrevista realizada a EMPRESA H.....	230
Anexo L. Formato de entrevista realizada a EMPRESA I.....	235
Anexo M. Formato de entrevista realizada a EMPRESA J	241
Anexo N. Caso de estudio ingenio azucarero	254
Anexo O. Caso de estudio laboratorio farmacéutico.....	257
Anexo P. Caso de estudio laboratorio farmacéutico americano	259
Anexo Q. Guía metodológica para la realización de un proyecto de redistribución de planta (Versión Resumida).....	261
Anexo R. Paper.....	283

GLOSARIO

- **Distribución de planta:** es la organización física de un sistema productivo, sus dependencias y sus recursos, entre los que se encuentran oficinas, departamentos, equipos, entre otros.
- **Problema de Distribución de Planta (FLP):** está orientado a encontrar la solución más eficiente para el diseño de una instalación.
- **Problema de redistribución de planta:** es un problema que pertenece a la categoría de problemas de distribución de planta dinámicos. Incluye actividades como rediseñar las instalaciones y reorganizar los recursos, con el fin de mejorar el desempeño de la empresa.
- **Proyecto:** es un trabajo por determinado tiempo que se realiza para crear un producto, servicio o resultado, y que se puede llevar a cabo en todos los niveles de la organización. Tiene un impacto con mayor duración que él mismo ya sea en aspectos sociales, económicos y/o ambientales. Debido a la naturaleza del proyecto puede existir incertidumbre en los resultados que genere. Además, contiene varias entregas orientadas a la unidad fundamental del trabajo del proyecto.
- **Dirección de proyectos:** es la aplicación de conocimientos y habilidades a las actividades del proyecto para cumplir con sus requisitos, lo cual es posible mediante la adecuada implementación de 42 procesos descritos en la guía PMBOK, que conforman los 5 grupos de procesos que son iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre. Por lo tanto, la dirección de un proyecto implica poder inicialmente identificar los requisitos, las necesidades y expectativas de los interesados e incorporarlas y cubrirlas con el plan y la ejecución del proyecto.
- **Proceso:** es un conjunto de acciones y actividades interrelacionadas que se llevan a cabo para alcanzar un resultado específico, un producto o un servicio. Cada proceso está conformado por unas entradas, unas herramientas o técnicas mediante las que se desarrolla, y por las salidas que se obtienen. Los procesos de dirección de proyectos se organizan en cinco grupos de acuerdo con la integración entre los procesos, sus relaciones y sus propósitos.

- **Director del proyecto:** es el responsable ante la empresa de que se cumplan los objetivos del proyecto por lo que debe tener conocimiento sobre dirección de proyectos, debe ofrecer un alto desempeño al aplicar este conocimiento y debe tener una capacidad personal apropiada y un comportamiento que muestre personalidad y liderazgo.
- **Interesados:** son personas u organizaciones que participan activamente en el proyecto, o cuyos intereses pueden verse afectados positiva o negativamente por la ejecución o terminación del proyecto. Pueden tener impacto negativo en los objetivos del proyecto. Algunos se benefician con el éxito de un proyecto, mientras que otros se ven perjudicados como consecuencia del éxito del proyecto. Algunos interesados son usuarios o clientes, patrocinadores, comité de portafolios, directores del programa, oficina de dirección de proyectos, directores y equipo del proyecto, gerentes funcionales y operacionales y proveedores y socios de negocios.
- **Factores ambientales de la empresa:** son todos los elementos ya sean tangibles o intangibles y externos o internos de la empresa que se relacionan con el proyecto. Algunos factores son los procesos, la estructura y la cultura de la organización, la infraestructura, los recursos humanos existentes, entre otros. La cultura, estilo y estructura de la empresa influyen en la forma de ejecutar los proyectos.

INTRODUCCIÓN

Un tema innovador que está tomando fuerza a nivel mundial en los últimos años es la redistribución de planta, la cual es todo proceso que involucra reorganizar los equipos y recursos existentes en la planta, con el fin de mejorar el desempeño de la misma. Su auge se debe a que hoy en día los entornos industriales son muy cambiantes, por lo que las empresas presentan constantemente la necesidad de cambiar el tipo de sistema productivo, incorporar maquinaria nueva, aumentar su capacidad, reevaluar su personal y las condiciones de trabajo, para lograr ser competitivas. Por ello la planeación de las instalaciones debe ser un proceso de continua actualización, lo que significa para las empresas la constante implementación de proyectos de redistribución de planta.

El presente proyecto de grado, que se enmarca dentro de la línea de investigación en distribución de planta del departamento de ingeniería industrial, busca explorar: ¿qué información existe sobre la gestión de proyectos de redistribución de planta y cómo se realizan éstos en la práctica? Para ello se visitarán empresas de sectores representativos de la economía de Cali para conocer qué están haciendo y cómo lo hacen, determinando una guía metodológica para la realización de proyectos de redistribución de planta con base en comparaciones entre los modelos teóricos existentes y las prácticas que se observen.

El proyecto llegará hasta ofrecer a las empresas e interesados una guía metodológica para la realización de proyectos de redistribución de planta en Cali. La cual contendrá los grupos de procesos a seguir y los factores críticos a considerar en dichos tipos de proyectos, de acuerdo a las necesidades que impulsen a las empresas a realizarlos. Por lo cual se desarrollará un checklist que permita evidenciar si la empresa requiere éste tipo de proyecto y determinar qué tipo de redistribución debe aplicar acorde a sus necesidades. Además, se elaborará un artículo científico sobre como evaluar y seleccionar alternativas de rediseños de planta desde una perspectiva práctica, con el fin de ser publicado.

Una de las limitaciones del proyecto se debe a la falta de información a nivel mundial sobre proyectos de redistribución de planta y a que usualmente no hay artículos científicos orientados a describir aplicaciones industriales de este tipo. Esto se debe a que al ser la redistribución de planta una de las clases de distribución de planta, el interés sobre este tema surgió posteriormente, como menciona Sadan Kulturel-Konak¹. Peor además, se encuentra otra limitación que se debe a que el proyecto depende de la disponibilidad y la colaboración de las grandes empresas, es decir de la cantidad y calidad de la información que se

¹KULTUREL-KONAK, Sadan. Approaches to uncertainties in facility layout problems: Perspectives at the beginning of the 21st Century. En: Journal of Intelligent Manufacturing. Springer. Julio 2007.Vol.18.p. 273-284.

pueda obtener sobre las prácticas de redistribución que se están llevando a cabo actualmente en Cali y sus alrededores.

En conclusión, la importancia del proyecto radica en el hecho de que las empresas podrán contar con una guía metodológica que les permita orientarse en los procesos que se deben seguir en un proyecto de redistribución de planta, lo cual tiene una alta influencia en los factores operativos del proyecto y los aspectos que caracterizarán la nueva distribución, su eficiencia, aprovechamiento de recursos y reducción de costos. A pesar de que una redistribución de planta puede significar una inversión elevada de recursos, si se emplea una guía metodológica y se administran correctamente los recursos los beneficios obtenidos a largo plazo equilibran la balanza. Por otra parte, el proyecto contribuye a la generación de conocimiento e información organizada sobre cómo realizar un proyecto de redistribución de planta, y establece un punto de partida para próximos trabajos académicos tanto investigativos como aplicados.

1. ELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TEMA

1.1 TÍTULO DEL TRABAJO

Guía Metodológica para la Realización de Proyectos de Redistribución de Planta en Cali.

1.2 PROBLEMA A TRATAR

1.2.1 Planteamiento del problema

En la actualidad no se encuentra en la documentación una guía metodológica que permita ejecutar y controlar el desarrollo de los proyectos de redistribución de planta, por lo que se plantea una oportunidad de mejora en la realización de estos proyectos, mediante la generación de conocimiento acerca de cuáles procesos se deben seguir y qué factores hay que considerar.

1.2.2 Análisis del problema

Por proyecto de redistribución de planta se entiende todo proceso que involucra reorganizar los equipos y recursos existentes en la planta, con el fin de mejorar el desempeño de la misma. La incertidumbre y los cambios en los entornos industriales constituyen uno de los retos más grandes hoy en día. Ante estos factores las empresas presentan constantemente la necesidad de cambiar el tipo de sistema productivo, incorporar maquinaria nueva, aumentar su capacidad, reevaluar su personal y las condiciones de trabajo, para lograr ser competitivas. Por ello la planeación de las instalaciones debe ser un proceso de continua actualización. Entre los tipos de rediseño de planta se encuentran la reorganización dentro de un área ya existente y la ampliación de instalaciones.

El problema de distribución de planta está relacionado con la organización física inicial de los departamentos, equipos y demás recursos dentro de las instalaciones, y tiene como objetivo reducir los costos de manejo de materiales. Este ha sido un problema de gran interés académico, por lo que actualmente se puede encontrar una elevada cantidad de información sobre el tema en libros y otros tipos de fuentes bibliográficas.

Los factores que motivan una redistribución de planta son múltiples, pero por lo general están relacionados con las constantes exigencias del medio, los clientes y las necesidades de las empresas. A pesar de que una redistribución de planta

puede ser costosa, el beneficio que genera a largo plazo es elevado, si se lleva a cabo con base en un análisis estructurado y un buen manejo de recursos. Normalmente las empresas no cuentan con el capital y tiempo suficientes para construir una planta o una sede nueva, y debe existir un mecanismo que les permita adaptarse al entorno, sin necesidad de incurrir en un proyecto de tal magnitud.

Mundialmente existe poca información sobre proyectos de redistribución de planta, y no hay artículos científicos orientados a describir aplicaciones industriales de este tipo. Esto disminuye la posibilidad de que el sector empresarial de Cali cuente con bases conceptuales sólidas para realizar un proyecto de redistribución de planta de una forma estandarizada, de acuerdo con sus necesidades y alcanzando buenos resultados. Adicionalmente, se tiene la percepción general de que son más comunes los proyectos de redistribución de planta, que los de distribución de planta². A pesar de ello la mayor parte de la literatura hallada en la revisión bibliográfica se enfoca en el diseño y establecimiento de nuevas instalaciones³.

Como hace falta una forma estandarizada una guía metodológica estructurada para dirigir un proyecto de redistribución, es difícil medir y comparar el desempeño, los resultados y el impacto del mismo, lo que implica un control subjetivo. Maria Elizabeth Estupiñan Monrroy y Olga Gutiérrez Ossa⁴, en su tesis, mencionan que sólo en los últimos años se han comenzado a establecer principios que permiten diseñar las instalaciones y los sistemas de control con cierto grado de precisión en el pronóstico de los resultados.

1.2.2.1 Causas

Como dice Sadan Kulturel-Konak⁵, al ser la redistribución de planta una de las clases de distribución de planta, el interés sobre este tema surgió posteriormente. El problema tradicional de distribución de planta (FLP) es estático lo que quiere decir que sólo tiene en cuenta un período u horizonte de planeación; además es

²LACKSONEN, Thomas A. y HUNG, Chao-Yen scheduling algorithms for re-layout projects. En: IIE Transactions. Taylor & Francis Group. Noviembre 1996. Vol.30. Project. p.91-99.

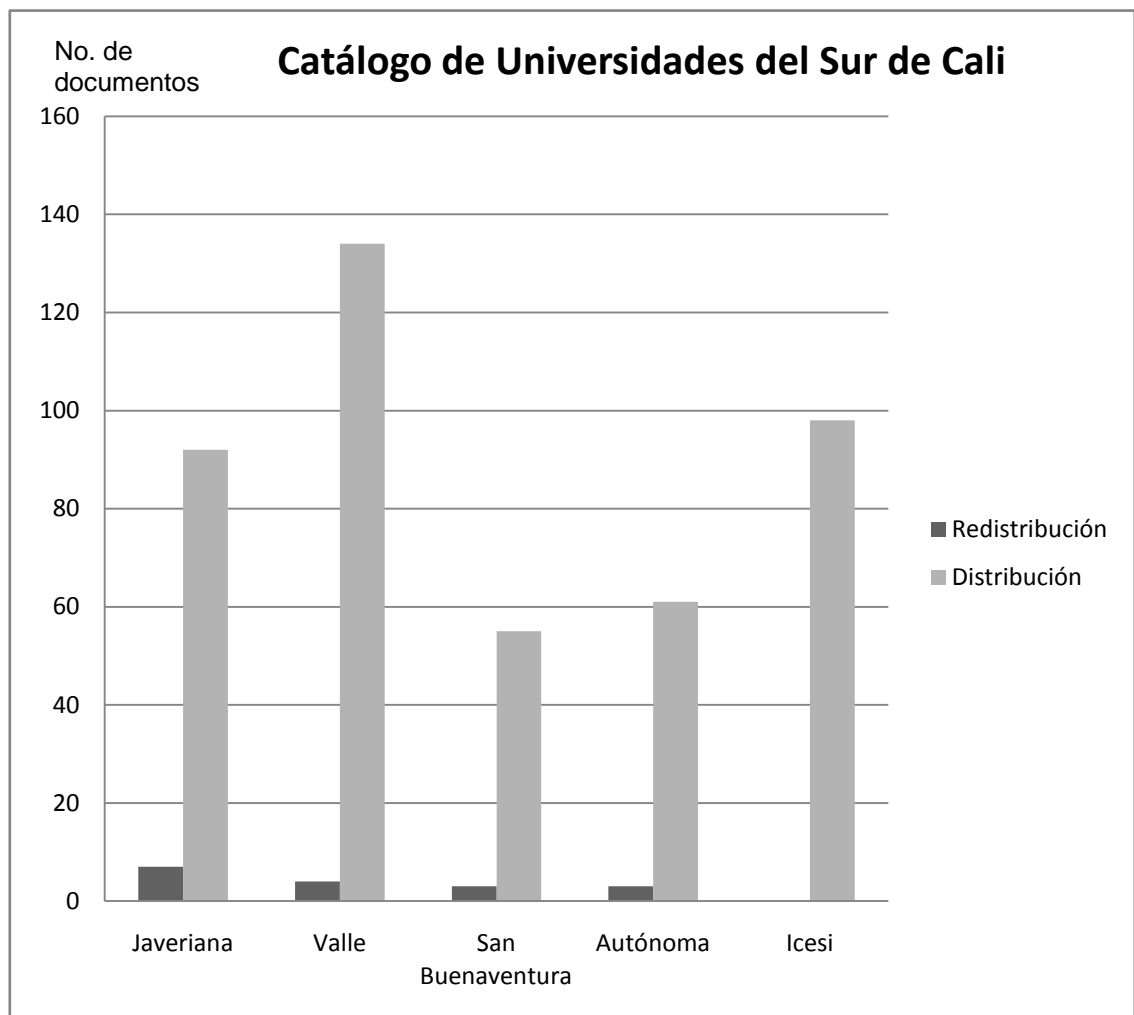
³KULTUREL-KONAK, Sadan; SMITH, Alice E. y NORMAN, Bryan A. Bi-objective facility expansion and relayout considering monuments. En: IIE Transactions. Taylor & Francis Group. 2007. Vol.39. p. 747-761.

⁴ GUTIERREZ OSSA, Olga y MONROY ESTUPIÑAN, Maria Elizabeth. Estudio de mejoramiento en la fábrica Dulces Colombina S.A., sección de envoltura y empaque de dulcería: redistribución de la planta, manual de funciones y control del almacenamiento. Tesis de grado Ingeniería Industrial. Cali: Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería, 1993.

⁵KULTUREL-KONAK, Sadan. Op. cit., p. 273-284.

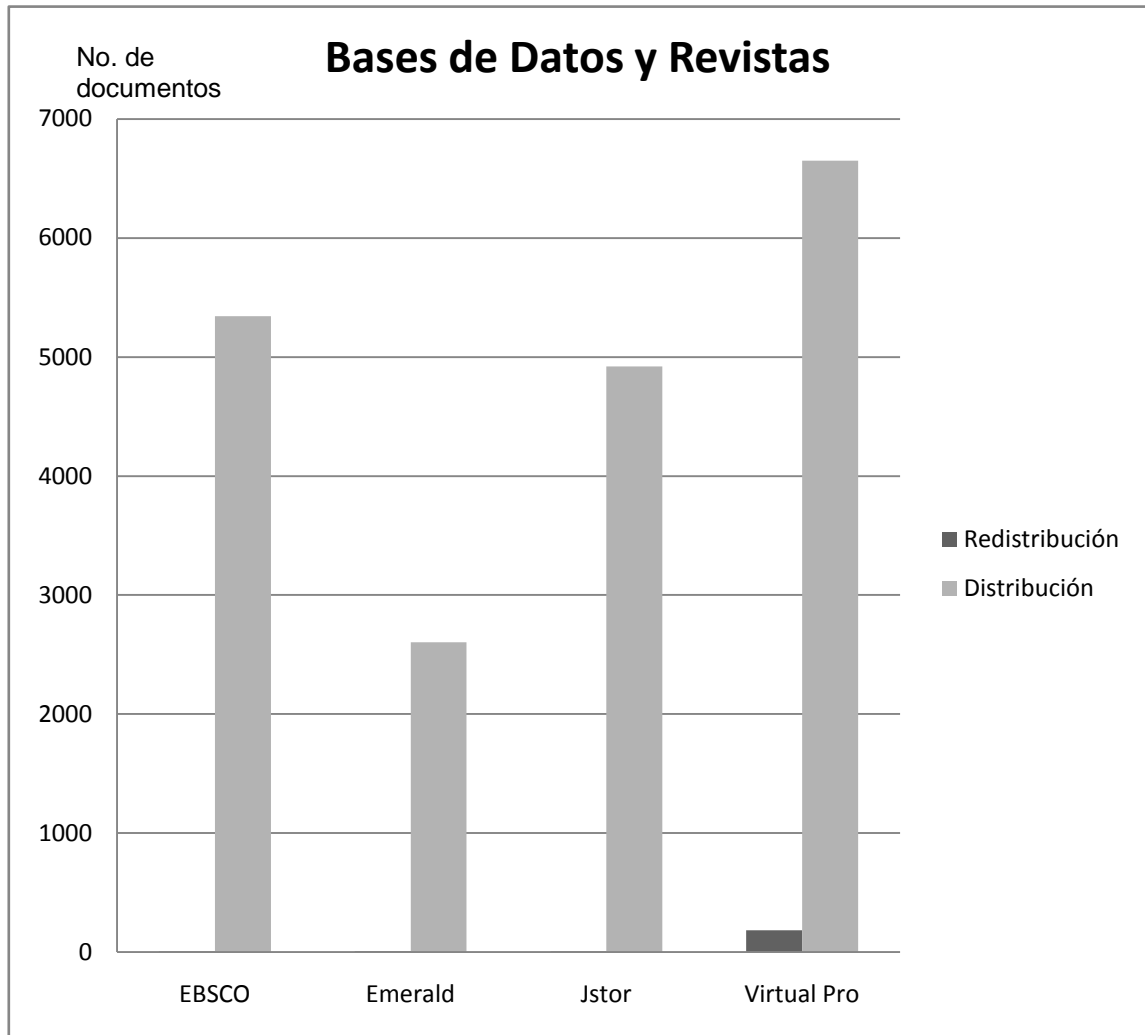
determinístico, por lo que asume demandas, flujos y relaciones constantes. Los dos supuestos anteriores por lo general no se adaptan a la realidad de las empresas actualmente. Ante esta falencia, sólo en los últimos años ha surgido un mayor interés en generar modelos dinámicos, es decir que incluyan varios períodos de tiempo y que permitan actualizar el diseño de la instalación. En esta categoría de problemas se encuentra el problema de redistribución de planta (FRLP) y debido a lo anterior se encuentra poca información sobre el mismo, a nivel mundial. En el entorno de Colombia, específicamente en Cali y sus sectores de influencia, también se percibe una falta de información en el tema, lo que se puede evidenciar al consultar diferentes fuentes. En las siguientes gráficas se encuentra la información recogida:

Figura 1. Documentos en catálogos de universidades del sur de Cali



Fuente: Los Autores

Figura 2. Documentos en bases de datos y revistas



Fuente: Los Autores

En la búsqueda bibliográfica realizada se tuvieron en cuenta catálogos de las universidades del sur de Cali, que conforman un grupo representativo dentro de la ciudad y son de alto nivel investigativo. Entre ellas se encuentran: la Universidad del Valle, la Javeriana, Icesi y San Buenaventura, y se considera que tienen un alto prestigio por lo cual fueron muy importantes para determinar que estudios previos se habían llevado a cabo en el entorno donde se desarrollará el proyecto. Por otra parte, se investigó en tres bases de datos y una revista científica reconocida. La base de datos EBSCO es multidisciplinaria, incluye más de 4,600 publicaciones en texto completo y ofrece información académica en

casi todas las áreas de estudio académico. Emerald cuenta con bases de datos en texto completo con más de 230 artículos comentados sobre gestión, sus principales temáticas son sobre gestión y administración, biblioteca y ciencias de la información, comercialización, ingeniería e informática. Jstor es una de las bases de datos más prestigiosas de publicaciones académicas y cubre diferentes disciplinas como economía. Por último está Virtual Pro que es una revista electrónica colombiana para usuarios de la gestión de conocimiento especializado en procesos industriales, seleccionada como uno de los mejores sitios de investigación en el premio Colombia en línea 2009.

1.2.2.2 Efectos

Es importante considerar los efectos negativos que experimentan las empresas al desarrollar proyectos de redistribución de planta, sin tener los conocimientos previos sobre cómo se deben llevar a cabo las etapas de dichos procesos y qué aspectos se deben tener en cuenta. Entre ellos se encuentran los elevados costos al tener que parar la planta de producción, la baja flexibilidad del sistema productivo, problemas en el manejo de la variabilidad de la mezcla de productos, trayectorias de flujo interrumpidas, altos costos de reorganización de los departamentos y de manejo de materiales, entre otros.

1.2.2.3 Impacto

Impacto académico: el proyecto contribuye a la generación de conocimiento e información organizada sobre cómo realizar un proyecto de redistribución de planta, y establece un punto de partida para próximos trabajos académicos tanto investigativos como aplicados.

Impacto económico: el hecho de contar con una guía metodológica que le permita a las empresas orientarse en los procesos que se deben seguir en un proyecto de rediseño de planta, tiene una alta influencia en los factores operativos del proyecto y los aspectos que caracterizarán la nueva distribución, su eficiencia, aprovechamiento de recursos y reducción de costos.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA QUE EL TRABAJO TIENE EN EL CAMPO PROFESIONAL

El aporte del trabajo de grado sobre de gestión de proyectos de redistribución planta en Cali se basa en que es un tema innovador debido a que a lo largo de la historia se ha estudiado el problema de distribución de planta (FLP), pero no se ha tenido en cuenta que la mayoría de empresas de un país en desarrollo no son multinacionales que pueden abrir una planta nueva en una ubicación y terreno de fácil acceso. En Latino América se vive otra realidad, en especial en Colombia donde la Ingeniería Industrial debe atarse al ambiente socio económico, cultural y geográfico que genera una acumulación de necesidades y oportunidades muy diferentes a las que conocen los desarrolladores de las teorías sobre distribución de planta. Según Omar Cáceres y Morris Rozenboim⁶, en su trabajo de grado, en Colombia las oportunidades de empezar una empresa y que otorguen un crédito son muy remotas debido al riesgo con que están catalogados varios sectores industriales por la MFA⁷.

El conflicto armado que se vive desde hace más de 45 años restringe la posibilidad de construir una planta en cualquier parte del país, especialmente lejos de los centros urbanos que ya están sobrepoblados por los desplazados por la violencia. A esto se le debe sumar el deterioro de las vías y la escasez de diferentes medios de transporte. Por todo lo anterior, en Colombia se observa la tendencia de los empresarios a empezar sus fábricas en centros urbanos e ir creciendo paulatinamente, lo que sugiere que los proyectos de redistribución o rediseño son más comunes que los de distribución como lo afirman Lacksonen y Hung⁸.

Es así como el tema de redistribución de planta en Colombia se convierte en un foco de alto interés que requiere mayor exploración por parte de la Ingeniería Industrial. Este proyecto tiene gran aplicabilidad en el entorno regional debido a que en Cali y sus alrededores no existe información organizada sobre las etapas que se deberían llevar a cabo en los proyectos de redistribución de planta, por lo que desarrollar una guía metodológica que le permita a las personas, desde el jefe de planta hasta el gerente de proyectos, proceder de manera correcta en dichos casos, resulta bastante útil. Al ser un tema que no se ha investigado

⁶CÁCERES ARROYAVE, Omar y ROZENBOIM TRAUB, Morris. Propuesta de redistribución en planta para una empresa en la industria de la confección. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Cali: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. 1997.

⁷ La MFA (Managed Funds Association) representa a la industria alternativa de inversión global y sus inversores mediante la promoción de prácticas y políticas públicas que fomenten los mercados de capitales.

⁸ LACKSONEN y HUNG. Op. cit., p. 91-99.

exhaustivamente, los hallazgos de esta investigación pueden influenciar el sector empresarial de la ciudad de manera positiva.

1.4 DELIMITACIÓN

El proyecto requiere un alto grado de investigación debido a la falta de información sobre el tema, por lo cual no sólo se revisará la teoría existente sobre redistribución de planta, sino que se aterrizará a la realidad de Cali y sus alrededores. Se realizará un análisis confrontando los factores críticos teóricos identificados con los que se han tenido en cuenta en proyectos de redistribución de planta en empresas del entorno. Se espera visitar 10 empresas grandes que hayan implementado procesos de redistribución de planta y pertenezcan a las principales industrias de Cali y sus zonas de influencia. Teniendo en cuenta que las visitas empresariales serán un mecanismo para validar la información al ser usuarios y tener la experiencia en proyectos de redistribución de planta. Sin embargo, al existir poca información sobre redistribución como lo demuestra la base de datos EBSCO donde se encuentran 5,343 documentos sobre distribución contra 5 de redistribución de planta, se requiere tener conocimientos en distribución de planta que permitan generar criterios para identificar fallas en los proyectos desarrollados en dichas plantas.

La investigación se enfoca en la ciudad de Cali y se empleará información tanto internacional como nacional, obtenida de bases de datos y de otros proyectos de grado realizados en universidades como la Javeriana, la del Valle, Icesi, San Buenaventura y Autónoma. Los resultados de esta investigación y el análisis de la información conducirán hacia la creación de una guía metodológica para la gestión de proyectos de redistribución de planta que pueda ser utilizada por empresas de diferentes sectores, y la realización de un artículo académico para enviarlo a un congreso con el fin de que pueda ser publicado y conocido. El desarrollo del proyecto está configurado para 10 meses.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Mejorar la planeación y ejecución de los proyectos de redistribución de planta en Cali.

2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Desarrollar una guía metodológica para la realización de proyectos de redistribución de planta en Cali.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar los factores críticos que deben tener en cuenta las empresas para realizar un proyecto de redistribución de planta.
2. Diseñar una guía metodológica teórica que recoja las etapas que debe seguir un proyecto de redistribución de planta y que identifique elementos esenciales que se deben tener en cuenta según la investigación y la Guía PMBOK.
3. Adaptar la guía metodológica teórica a las condiciones específicas de las empresas de las industrias más importantes de Cali y sus zonas de influencia.
4. Organizar la información de la guía metodológica mediante el establecimiento de categorías correspondientes a aspectos comunes identificados en las empresas de las industrias más importantes de Cali y sus zonas de influencia.

3. ANTECEDENTES

Es necesario conocer estudios previos sobre redistribución de planta que se han realizado en el entorno en el que se llevará a cabo el proyecto. Para esto se investigó en diferentes catálogos de universidades encontrando pocos resultados sobre redistribución de planta y varios trabajos que eran asignados erróneamente a la categoría de distribución de planta. Sin embargo, estas investigaciones previas como tesis y proyectos de grado son antecedentes que reflejan el trabajo investigativo que han realizado las universidades en este tema de estudio y permiten determinar que no se ha desarrollado una guía metodológica estructurada para la gestión de proyectos de redistribución de planta, que incluya diversos factores y procesos críticos que deben tenerse en cuenta para el éxito de los mismos. El término gestión de proyectos de redistribución de planta no es reconocido, ni está bien diferenciado dentro del tema de distribución de planta en las universidades caleñas, tales como la San Buenaventura, Univalle, Autónoma y Javeriana.

3.1. PROPÓSITO DE LAS INVESTIGACIONES

En varios proyectos de grado se inicia con una explicación sobre la justificación e importancia de aplicar conceptos de distribución en la planta en determinada empresa o industria. Una de las tesis analizadas estaba enfocada en una empresa del sector plástico, que tenía el objetivo de fusionarse con una empresa similar, por lo que se hacía necesario revisar la disposición de las instalaciones⁹. Debido a esta necesidad se identificó que el problema en esta empresa se relacionaba con el almacenamiento de los productos, la acumulación de producto en proceso y producto terminado en lugares cuyo propósito no era el manejo de inventario y el movimiento de materiales en contraflujo.

En otra fuente, el estudio se realizó en una empresa llamada ColFibras, productora de maniqués y exhibidores elaborados con fibra de vidrio, que opera en una residencia¹⁰. Esta consta de 4 pisos, y en el primer piso se encontraba la parte residencial por lo que una de las restricciones consistía en que los dueños no tenían presupuesto para mover la empresa a otro lugar. Sin embargo,

⁹GUERRERO HERNÁNDEZ, Maria Alejandra y RUANO ESTRADA, Carolina. Rediseño y optimización de los flujos de materiales en una empresa del sector plástico. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería. 2005.

¹⁰ ALVARADO GRACIA, Angélica María y VALBUENA HOYOS, Katherine. Diseño de la distribución de planta para la optimización de la producción en la empresa colombiana de fibras plásticas ColFibras. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería. 2007.

consideraban la idea de cambiar su lugar de residencia para destinar aquellas instalaciones únicamente a actividades productivas, por lo cual era muy conveniente el estudio.

En Colombina el proceso de redistribución de planta fue impulsado por la necesidad de ampliar la capacidad de la planta, y de incorporar maquinaria nueva¹¹. En este proyecto de grado se presenta la distribución inicial de la planta en unos planos dibujados a mano, se hace una descripción de las áreas en la sección de empaque y dulcería, se señalan las máquinas y el número de operarios y finalmente se presenta la propuesta de distribución a mano. No se hizo ningún tipo de análisis cuantitativo o de costo-beneficio, lo que generó curiosidad en los autores.

La propuesta de redistribución de planta también tiene gran peso para el estudio en Cotton Ltda. ya que cualquier estrategia aplicada dentro de la empresa se llevaría a cabo con el objetivo de generar condiciones competitivas, hacerle frente a la crisis económica y producir beneficios a los socios en utilidades y al cuerpo laboral con la generación de empleo¹². Esta empresa contaba con alrededor de 350 máquinas para la confección y las exportaciones bajo la modalidad maquila, que representan la totalidad de la producción de la planta. La planta tenía dos pisos, un área de almacén y bodega y un área de administración.

Por otra parte, en una empresa de tableros laminados la justificación del proceso de rediseño de planta surge con la necesidad de mejorar la calidad mediante la mejora de las instalaciones¹³. Se generaron unas propuestas de redistribución de planta y reordenamiento de los depósitos de almacenamiento de la madera. En este proyecto de grado se mejoran las condiciones de trabajo para mejorar la calidad.

En una empresa dedicada a la producción y montaje de carrocerías para estacas y furgones, la necesidad para la redistribución de planta es ampliar la capacidad productiva y utilizar mejor los recursos disponibles como las otras empresas que se han mencionado¹⁴. En general, cuando una empresa requiere ampliar su

¹¹ GUTIERREZ OSSA y MONROY ESTUPIÑAN. Op.cit.

¹² CÁCERES ARROYAVE y ROZENBOIM TRAUB. Op.cit.

¹³ ARELLANO PALACIOS, Carlos Andrés y CASTRO MONTANO, Andrés Virgilio. Propuesta de un modelo de redistribución de planta y mejoramiento de la calidad para una línea de producción de tableros laminados de madera. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Cali: Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. 1999.

¹⁴ GARCÍA CAICEDO, Juan Fernando y MOLINA ARELLANO, Iván Mauricio. Propuesta para la redistribución de planta en una empresa de producción y montaje de carrocerías de estacas y

capacidad productiva y emplear mejor sus recursos, implementar una mejora en la distribución de planta es una excelente opción antes de buscar ampliar sus instalaciones y empresa. Este análisis permite organizarse antes de tomar cualquier otra decisión para conseguir ventajas competitivas.

3.2. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN DE LA EMPRESA

Luego de determinar la necesidad del problema, generalmente, en los proyectos de grado se evalúa la situación actual de la empresa para identificar los problemas. Para realizar un análisis previo de la distribución en la empresa del sector plástico mencionada anteriormente, se tuvieron en cuenta factores como:

- La producción
- El número de máquinas
- El proceso productivo de los productos más representativos
- Los recorridos entre las áreas dentro de la empresa.

En la empresa de carrocerías al evaluar la distribución según estos factores se encontraron con maquinaria mal distribuida, y distancias muy largas para el proceso. Por lo tanto, empezaron analizando el producto que más se movía en la empresa y luego la conveniencia de cercanía entre las máquinas utilizadas en su fabricación. Luego analizaron los requerimientos de espacio de acuerdo a la función en cada área, el manejo de la materia prima y el área requerida para el operario. Debido a que contaban con un espacio delimitado se tuvo en cuenta la distribución de acuerdo a la adaptación del área necesaria con el área disponible, tanto para las máquinas como áreas de ensamble.

En la evaluación de la distribución de planta actual de Cotton se identificaron las siguientes falencias:

- Dobles recorridos o contraflujos
- Inadecuado manejo de materiales
- Delimitación de áreas inadecuadas
- Inadecuado almacenamiento
- Distancias amplias
- Edificio general no especializado.

Los factores anteriormente expuestos fueron importantes para el análisis y establecimiento de una propuesta de diseño.

En la investigación presentada en la tesis de ColFibras se encuentra un resumen de eventos que pueden indicar la necesidad de una redistribución de planta:

- Congestión y deficiente utilización del espacio
- Acumulación excesiva de materiales en proceso
- Excesivas distancias a recorrer en el flujo de trabajo
- Simultaneidad de cuellos de botella y ociosidad en los centros de trabajo
- Trabajadores cualificados realizando operaciones poco complejas
- Ansiedad y malestar de la mano de obra
- Accidentes laborales
- Dificultad en el control de las operaciones y el personal

Se espera poder complementar esta lista de síntomas, incluirla en la guía metodológica para proyectos de redistribución de planta y que sea de utilidad para las empresas para evaluar su situación actual e identificar necesidades de procesos de reorganización de instalaciones.

3.3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Para el desarrollo de los proyectos de grado, los investigadores requieren tener un marco teórico para fundamentar su propuesta. En el marco teórico de los investigadores que realizaron el estudio en la empresa del sector plástico, se mencionan los principios de distribución de planta, que además pueden ser utilizados como guía para procesos de redistribución de planta. Estos son:

- Principio de la integración de conjunto o de integridad
- Principio de la mínima distancia recorrida
- Principio de la circulación o flujo de materiales
- Principio de la utilización del espacio cúbico
- Principio de la satisfacción y de la seguridad
- Principio de la flexibilidad

Además explican los tipos de distribución de planta como distribución por producto, por procesos, por posición fija e híbrida y realizan un análisis de las ventajas y desventajas de cada una. Por último identifican los ocho factores principales de una distribución de planta que son:

- Material
- Maquinaria
- Hombre
- Manejo de materiales
- Espera y almacenamiento
- Servicio
- Edificio
- Cambio

El procedimiento que se llevó a cabo para determinar la nueva propuesta de diseño de la planta en este caso particular, consistió inicialmente en analizar aspectos cualitativos y cuantitativos de influencia dentro de la empresa. Luego se dispuso una orientación sobre el espacio necesario para cada sección y se utilizó el método de eslabones. Por otro lado se utilizó el programa ProModel para modelar el sistema analizado y reconocer posibles fallas, con el fin de no repetirlas en el nuevo diseño. Se revisó el rendimiento de las máquinas.

En cuanto al Método de los eslabones, este inicia con la identificación de los eslabones, trayectorias o movimientos entre las áreas de trabajo. El eslabón AB es la trayectoria que une el puesto A con el B. Determinación de la frecuencia con la que aparece cada eslabón, para ubicar los puestos de trabajo que estén más interrelacionados más cerca entre ellos. Para cuantificar la frecuencia de los movimientos se elabora una tabla donde se especifica la secuencia para cada producto y se establecen cada uno de los eslabones (Ver tabla 1). Posteriormente se consolidan los movimientos en otra tabla que se llena siguiendo los eslabones identificados en la primera tabla y luego se sacan las frecuencias totales en la diagonal (Ver tabla 2).

Las frecuencias registradas en la diagonal indican el número de veces que un movimiento inicia o acaba allí en el área en cuestión. Después se debe buscar la forma de organizar las áreas de tal forma que las correspondientes a los eslabones que tengan mayor número de uniones estén situadas unas junto a otras, hasta obtener la mejor combinación.

Tabla 1. Secuencia de fabricación de los productos de una empresa del sector plástico

Prod. 1		Prod.		Prod. 3		Producto 4	
Vaso Ind.		Tarrina		Desechable		Diálisis	
		Secuenci					
Secuencia	Eslabón		Eslabón	Secuencia	Eslabón	Secuencia	Eslabón
A		A		A		A	
B	AB	B	AB	B	AB	B	AB
C	BC	C	BC	E	BE	D	BD
H	CH	H	CH	I	EI	F	DF
G	HG	G	HG			I	FI
I	GI	I	GI				

Fuente: GUERRERO HERNÁNDEZ, María Alejandra y RUANO ESTRADA, Carolina. Rediseño y optimización de los flujos de materiales en una empresa del sector plástico. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería. 2005.

Tabla 2. Frecuencias Totales de la Diagonal

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
I					I	I	II		4
H			II				II	4	
G							4		
F				I		2			
E		I			2				
D		I		2					
C		II	4						
B	III	8							
A	4								

Fuente: GUERRERO HERNÁNDEZ, María Alejandra y RUANO ESTRADA, Carolina. Rediseño y optimización de los flujos de materiales en una empresa del sector plástico. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería. 2005.

Finalmente, los autores hacen varias propuestas basándose en el método anterior, concluyen que el departamento B debe quedar lo más central posible, y se orientan hacia el arreglo que proporciona la menor distancia de recorrido.

Por otra parte en el estudio realizado en ColFibras no se evidencia un análisis para la posterior propuesta, sólo se revisan los factores cualitativos que se tienen en cuenta. Se realiza una nueva propuesta para la organización de las diferentes áreas y se plantean mejoras como: aumento de la iluminación y de las condiciones de seguridad (pasamanos, botiquín, elementos de protección personal), cambios en los puestos de trabajo con el fin de añadir aspectos de ergonomía, incorporación de señalización, adecuación de un extractor para la zona de pinturas.

Por otra parte, en el proyecto de redistribución de planta de la empresa de resortes Hércules S.A, para establecer una diferencia entre la distribución existente y la propuesta, se utiliza la siguiente ecuación¹⁵:

¹⁵ CASTAÑEDA VELASCO, Héctor Luis. Proyecto de redistribución de planta y medición del trabajo en la empresa de resortes Hércules S.A. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Cali: Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. 1987.

Ecuación 1. Evaluación de Distancias Recorridas

$$M = \sum V_{ij} * D_{ij}$$

Donde,

M = Número de metros totales recorridos para una muestra de la producción.

V_{ij} = Número de viajes entre secciones i y j

D_{ij} =Distancia entre la sección i y la sección j

En general en las diferentes tesis seleccionadas, se evidencia la importancia del factor distancias recorridas en la planta ya que en todas al menos se menciona, y especialmente en el caso de la empresa Hércules S.A y en el de la empresa del sector plástico se emplean métodos para evaluarlos.

En la empresa Cotton Ltda., las acciones correctivas se basaron en una propuesta para mejorar los contraflujos. Sin embargo se menciona algo muy importante que no se explica en otras investigaciones. Se tuvo en cuenta la distribución eléctrica del edificio puesto que hay que considerar los “monumentos” que son las máquinas y transformadores de alta potencia que por su tamaño o condición no pueden moverse. Un factor a tener en cuenta es el de Potencia ya que esta depende de la distribución que recorra la energía por el conductor (cable) hasta la máquina. Por esta razón, la sección de mayor consumo debe ubicarse cerca a los condensadores, con el objeto de mejorar el factor de potencia y disminuir la potencia reactiva que es la que causa el calentamiento del sistema eléctrico.

3.4. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

Finalmente en estos trabajos de investigación si se determinan diferentes propuestas, debe realizarse una evaluación para determinar cuál es la mejor opción para la empresa. Esto se evidencia en el proyecto correspondiente a la empresa de montaje de carrocerías, donde se desarrollaron tres alternativas y posteriormente la evaluación de estas. Esta evaluación tuvo en cuenta los siguientes factores: flexibilidad, efectividad de flujo de movimiento, efectividad de manejo de materiales, mínima distancia recorrida, aprovechamiento de espacio, seguridad y orden, condiciones de trabajo y satisfacción del empleado. Fue realizada en una junta con los gerentes de la empresa, y de acuerdo a la calificación dada a las tres alternativas para cada uno de los aspectos anteriores y un análisis beneficio-costos, se dedujo que la alternativa tres era la más oponible para la empresa. Allí se ve reflejada la importancia de incorporar personas de alto

rango en la decisión final para que la propuesta sea más fácil y factible de implementarse.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 PLANEACIÓN DE INSTALACIONES

Uno de los retos más grandes en la planeación de instalaciones de empresas manufactureras y de servicios es la incertidumbre. Estas empresas dependen de los requerimientos de producción y del nivel en que estas necesidades se puedan suplir. Las exigencias del mercado se encuentran en constante crecimiento, y se requiere de adaptabilidad y flexibilidad para poder responder a ellas. Adicionalmente, se puede evidenciar una tendencia mundial hacia la construcción de nuevas plantas, pero principalmente, hacia el rediseño o redistribución de planta. Un ejemplo de ello ocurre en Estados Unidos, donde desde 1955 se presenta un gasto de aproximadamente 8% del producto interno bruto en instalaciones nuevas¹⁶. Se calcula que en Estados Unidos se gastan anualmente más de \$250,000 millones en planeación y replaneación de instalaciones.

Existen dos tipos de incertidumbre a los que se enfrentan las empresas en el ambiente de manufactura. El primero tiene que ver con disturbios internos, que abarcan fallas en equipos, tiempos de tareas variables, colas por demoras, productos defectuosos y reprocesos. El segundo corresponde a los disturbios por fuerzas externas, como la incertidumbre en la demanda, los precios de los productos, características del mercado y mezcla de productos.

De ésta incertidumbre se derivan diversas motivaciones y síntomas que pueden indicarle a determinada organización que requiere realizar procesos de replaneación de instalaciones y de redistribución de planta. Entre ellos se encuentran los siguientes:

- Presencia de actividades que no son necesarias o que desperdician recursos
- Introducción de equipos, maquinaria y métodos nuevos
- Modelos productivos obsoletos
- Incorporación de lineamientos para el cumplimiento de normas de protección, seguridad y salud ocupacional
- La reducción en el consumo de energía eléctrica, apoyada en el uso de energías alternativas y su adopción dentro de la planta
- Cambios en el sistema de manejo de materiales
- Manejo de riesgos y de factores de contaminación como ruido, polvo, residuos sólidos y líquidos

¹⁶ BOZER, Yavuz A., TANCHOCO, J.M.A., TOMPKINS, James A. y WHITE, John A. Planeación de Instalaciones. 3 ed. México D.F: Cengage Learning Editores S.A, 2009. p. 10-14.

- Incorporación de las estipulaciones de la ADA (Acta para personas discapacitadas)

Por todo lo anterior se puede decir que la planeación de instalaciones debe incorporar un modelo de mejoramiento continuo que constantemente permita identificar necesidades y falencias y actuar rápidamente ante ello para mantener el layout actualizado considerando que hay casos en los cuales es necesario un relayout completo. Así es como para la planeación de instalaciones se puede aplicar el siguiente ciclo de acción:

1. Definir el fin de la instalación o planta. Si se trata de un proceso de rediseño, redefinir el objetivo. Establecer las actividades principales y de apoyo que se utilizarán para alcanzar dicha meta.
2. Analizar el problema y establecer las relaciones cuantitativas y cualitativas entre las actividades y los recursos.
3. Cuantificar los recursos como personal, maquinaria, materiales, y asignar los requerimientos de espacio para las actividades o áreas. Establecer varias propuestas de diseño con la estructura bien definida y el sistema de manejo de materiales correspondiente.
4. Evaluar las propuestas de diseño. Los costos no son la única medida para evaluar el posible desempeño y beneficio de los diseños.
5. Seleccionar el diseño más apropiado.
6. Implementar el diseño y el plan de instalación y controlarlos constantemente. Identificar nuevos objetivos y evaluar si se debe iniciar de nuevo el proceso.

Hoy en día, para considerar los cambios futuros, los planeadores deben orientarse hacia la consideración y estudio de diseños que sigan siendo útiles, aún cuando se presenten cambios en la producción. Los objetivos de la planeación de instalaciones incluyen aumentar el retorno sobre los activos y el retorno de la inversión, reducir los costos, aumentar la rentabilidad de la empresa, mejorar la satisfacción del cliente, maximizar la velocidad de respuesta, integrar la cadena de suministro, utilizar eficazmente los recursos, ofrecer a los empleados seguridad y satisfacción, y promover un diseño flexible y adaptable.

4.2 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

La distribución de planta es la organización física de un sistema productivo, sus dependencias y sus recursos, entre los que se encuentran oficinas, departamentos, equipos, entre otros.¹⁷ El FLP Facility Layout Problem o Problema

¹⁷SING, S.P. y SHARMA, R.R.K. A review of different approaches to facility layout problems. En: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2006, Vol. 30, p. 425-433.

de Distribución de Planta está orientado a encontrar la solución más eficiente para el diseño de una instalación. Éste busca minimizar el movimiento de materiales entre departamentos, lo que conduce a una reducción en el costo de manejo de materiales, el inventario de producto en proceso, el tiempo de ciclo, los productos defectuosos, la congestión, y permite un control de materiales y procesos de programación simplificados. También deben considerarse factores cualitativos como la seguridad en la planta, el ruido y otros elementos que generen contaminación, la flexibilidad ante cambios y aspectos estéticos.

Generalmente el problema de distribución de planta está sujeto a dos restricciones. La primera tiene que ver con los requerimientos de área de cada departamento. La segunda corresponde a restricciones de ubicación como que los departamentos no se pueden sobreponer y deben ubicarse dentro del área disponible, que algunas dependencias son fijas y que algunas regiones del espacio no pueden utilizarse. Cuando se tiene un modelo de varios pisos surgen otras restricciones como la resistencia del suelo, la altura entre pisos y el manejo de materiales entre los diferentes niveles.

La salida que se obtiene al resolver el problema es un diseño en bloque (block layout) o un diseño detallado (detailed layout) que puede incluir un mayor detalle al de los departamentos, especificando el contenido y distribución de cada departamento, la estructura de los pasillos, las líneas de flujo, los puntos de entrada y salida en cada departamento, y la organización de la maquinaria¹⁸. El diseño detallado incluye problemas de diseño de línea de flujo, de maquinaria, y de celdas de manufactura.

Existen varias categorías del FLP. Una de las clasificaciones tiene que ver con el horizonte de tiempo que maneja el problema, y considera un FLP estático y uno dinámico. El problema estático o SFLP (Static Facility Layout Problem) tiene en cuenta un único período de tiempo y analiza el estado actual del diseño para generar una mejor propuesta. El problema dinámico o DFLP (Dynamic Facility Layout Problem) incluye un horizonte de tiempo más grande con varios períodos, analiza los requerimientos que surgen de cada período para generar una o varias propuestas. En este modelo los flujos de materiales entre departamentos cambian con el tiempo. La otra clasificación, diferencia el modelo determinístico del estocástico. El modelo determinístico asume que la demanda, mezcla de producto y demás características del sistema de producción son conocidas con exactitud. Normalmente el supuesto anterior no se adapta a las condiciones reales de los entornos productivos, por lo que surgen los modelos estocásticos. Finalmente se tienen cuatro modelos, el estático determinístico, el estático estocástico, el dinámico determinístico y el dinámico estocástico.

¹⁸MELLER, Russell D. y GAU, Kai-Yin. The facility layout problem: recent and emerging trends and perspectives. En: Journal of Manufacturing Systems, 1996, Vol.15, no.5, p.351-356.

El modelo que ha sido más estudiado es del problema estático determinístico, que corresponde a la formulación tradicional.

4.2.1 Problema de distribución de planta dinámico determinístico

A ésta categoría pertenece el problema de redistribución de planta que incluye actividades como rediseñar las instalaciones y reorganizar los recursos, con el fin de mejorar el desempeño de la empresa. En cada período los costos de manejo de materiales y los costos de reorganizar las instalaciones deben considerarse y evaluarse para determinar si la reorganización de instalaciones es necesaria. La dificultad se encuentra en estimar futuros patrones de producción y reunirlos en unos pocos escenarios discretos.

Otros factores que se deben tener en cuenta son:

- El costo en el que se incurre por la pérdida de tiempo de producción.
- El costo de mover el equipo desde la ubicación actual hasta la nueva.

Se debe tomar una decisión sobre si se va a establecer un diseño flexible y robusto, que sea válido para los diversos escenarios que se van a tener en cuenta y para sus requerimientos, o si se va a actualizar el diseño en el inicio de cada intervalo de tiempo considerado.

Se utilizan métodos exactos, heurísticos, meta heurísticos, e incluso enfoques híbridos (que combinan los métodos anteriores) para solucionar este tipo de problemas.

Entre los procedimientos exactos se han hecho varias modificaciones del problema de asignación cuadrático. Algunas técnicas utilizadas son planos cortantes, Branch and Bound, programación dinámica y árboles cortados. Al parecer, el algoritmo con mayor desempeño demostrado es el de planos cortantes.

Uno de los heurísticos consiste en un enfoque basado en el intercambio de parejas de departamentos. Para el modelo con varios pisos se ha utilizado DHOPE (Dynamic Heuristically Operated Placement Evolution); dado un diseño, éste algoritmo trata de encontrar una mejor opción, minimizando la suma de los costos de manejo de materiales y los costos de reorganizar las instalaciones para el segundo período, y finalmente entrega como salida la mejor combinación de diseños para los dos períodos consecutivos.

Entre los meta heurísticos utilizados en este problema se encuentran algoritmos genéticos, búsqueda Tabú y Simulated Annealing.

4.2.2 Formas de medir el flujo

Para evaluar determinado diseño de planta se miden los flujos interdepartamentales, puesto que representan la mayor cantidad del movimiento. También existen otros flujos dentro de los departamentos. La forma de medir los flujos puede ser cualitativa o cuantitativa.

La medición de flujos cuantitativa puede basarse por ejemplo en piezas por hora o movimientos por día. Las plantas que tengan un elevado volumen de material, información y recurso humano en movimiento se orientarán hacia una medición cuantitativa del flujo. Es importante considerar si los elementos transportados tienen la misma facilidad para ser movidos o si tienen atributos diferentes como peso, volumen, riesgo del movimiento, entre otros. En el caso en el que se presente una diferencia significativa entre ellos se debe definir una unidad de medida común para todos los materiales y productos. Para registrar los volúmenes o cantidad de los movimientos se utiliza una tabla desde-hacia (From-to chart). La función objetivo basada en distancias está dada por:

Ecuación 2. Función objetivo basada en costo

$$\min Z = \sum_i \sum_j f_{ij} c_{ij} d_{ij}$$

Donde:

f_{ij} es el flujo del departamento i al j

c_{ij} es el costo de mover la carga

d_{ij} es la distancia del departamento i al j

La medición de flujos cualitativa aplica para instalaciones con pocos movimientos de materiales, que tienen unas relaciones interdepartamentales muy bien definidas y requieren que ciertas áreas estén juntas y otras no. Los valores que normalmente se utilizan para definir la relación de cercanía son:

- A: Absolutamente necesaria
- E: Muy Importante
- I: Importante
- O: Cercanía Normal
- U: No es importante
- X: No es conveniente

Finalmente se le da un valor a cada una de las relaciones y estos valores se recogen en una tabla de relaciones (Rel Chart). La función objetivo basada en adyacencias es:

Ecuación 3. Función objetivo basada en adyacencia

$$\sum_i \sum_j r_{ij} x_{ij}$$

Donde:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if the departments are adjacent} \\ 0 & \text{if the departments are not adjacent} \end{cases}$$

r_{ij} = Valor de adyacencia asignado para los departamentos i y j

Frecuentemente habrá plantas que requieran ambas valoraciones (cualitativa y cuantitativa).

4.2.3 Formas de medir la distancia

La distancia que se va a considerar para los movimientos entre departamentos puede ser euclidiana o rectilínea. La distancia euclidiana se mide a través de la recta que une dos puntos. La distancia rectilínea está basada en viajes a lo largo de trayectorias paralelas hacia un conjunto de ejes perpendiculares ortogonales. Sin embargo, normalmente las plantas por estar compuestas de pasillos rectilíneos, tienden a utilizar esta medición. La distancia euclidiana entre dos puntos A y B con coordenadas (X_A, Y_A) y (X_B, Y_B) respectivamente, es:

Ecuación 4. Distancia euclidiana

$$D_{AB} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}$$

La distancia rectilínea entre dos puntos A y B con coordenadas (X_A, Y_A) y (X_B, Y_B) respectivamente, es:

Ecuación 5. Distancia rectilínea

$$D_{AB} = |(X_B - X_A)| + |(Y_B - Y_A)|$$

Adicionalmente las distancias se pueden medir entre:

- Los puntos de entrada y salida de los departamentos. La desventaja de usar estos puntos es que no se conocen con exactitud sino hasta cuando se ha desarrollado el detailed layout.
- De centroide a centroide. El centroide es un concepto puramente geométrico que depende de la forma del sistema, e indica el punto central de determinada área.

4.3 REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Dos de los aspectos más importantes dentro de cualquier proceso de planeación de una redistribución de planta consisten en:

- Que el diseño desarrollado minimice los costos
- Contar con una programación del proyecto de rediseño de planta óptima

La necesidad de reorganizar una planta puede surgir debido a diversas circunstancias, entre las que se encuentran:

- Un cambio del modelo productivo o en la tecnologías de manufactura
- La obtención, reemplazo, o reordenamiento de maquinaria
- Incorporación de nuevas normas de calidad o seguridad
- Cambios en la mezcla de productos o en el volumen de la demanda
- Introducción de nuevos productos, o cambios en el diseño de los mismos
- Situación del mercado o cambios del entorno

Debido a lo anterior constantemente las empresas requieren aumentar el número o tamaño de los departamentos, cambiar su forma, moverlos, o eliminarlos. Los problemas que generan una redistribución de planta son tan diversos, que causan que la frecuencia de estos procesos sea mayor que la de los procesos de establecimiento de nuevas instalaciones. Además son complejos debido a que se cuenta con pocos espacios libres disponibles, a diferencia de los proyectos de distribución inicial de planta, que disponen de un espacio totalmente despejado.

4.3.1 Programación de Proyectos de Redistribución de Planta

La programación de proyectos de redistribución de planta es la planeación de la sincronización de actividades relacionadas entre sí que tienen como fin común alcanzar la nueva organización propuesta para la planta. Ésta debe aplicarse de una manera oportuna para lograr los ahorros deseados, de lo contrario, se puede incurrir en costos de reorganización elevados y en una prolongación de las tareas.

Los programas incluyen un conjunto de tareas de preparación y de movimiento, y las respectivas relaciones de precedencia. Una actividad o departamento solo puede moverse hasta su ubicación final cuando ésta haya sido desocupada por la actividad o departamento anterior.

Entre sus objetivos se encuentran minimizar los costos debido a flujos temporales, el tiempo de ejecución del proyecto, y los costos en los que finalmente se incurrirá por manejo de materiales en el nuevo diseño de la planta. Adicionalmente se busca minimizar el costo de reorganizar.

El diseño actual de las instalaciones y la nueva propuesta que se quiere implementar son entradas esenciales para el proceso de programación. Cuando se cuenta con los dos diseños de bloque, se superponen ambos diseños (la propuesta sobre la distribución actual) para identificar las relaciones de precedencia. Si el departamento *i* de la distribución actual se cruza con el departamento *j* de la nueva distribución, entonces se establece una relación de precedencia de *i* hacia *j*, y cuando *j* se mueva, *i* podrá ocupar su lugar.

Después de tener la red de precedencias se debe pasar a una posible secuencia de actividades y luego completar el cronograma del proyecto. Para lograr esto es importante considerar lo siguiente:

- Algunos departamentos requieren moverse a una ubicación temporal antes de acogerse a su destino final. Este destino final no hace parte del diagrama de precedencias pero si del programa.
- Incluir las actividades de preparación al programa.

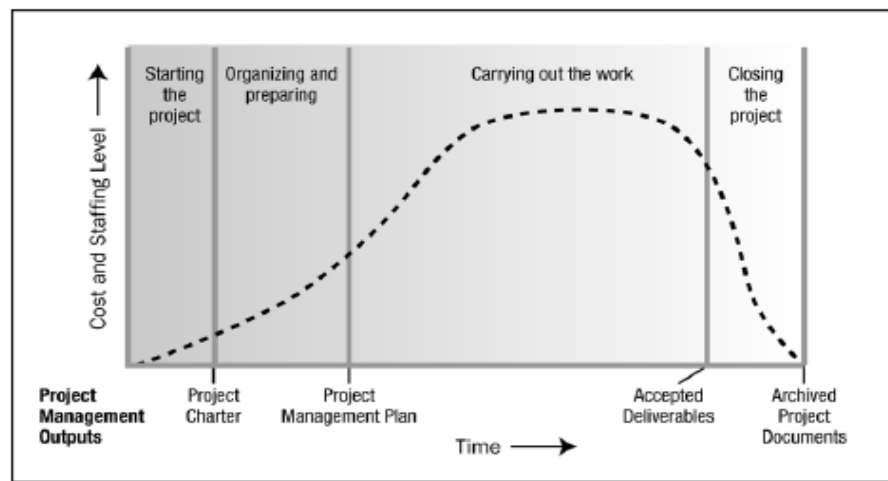
4.4. GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS

La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos es un documento formal que contiene normas, métodos, procesos y prácticas establecidas y reconocidas en la dirección de proyectos. Esta guía conocida como PMBOK describe la dirección de proyectos, sus etapas, procesos y conceptos relacionados. Al aplicar su contenido se puede tener un impacto considerable en el éxito de un proyecto ya que es considerada como una buena práctica lo que significa que en general, se está de acuerdo en que su aplicación aumenta la probabilidad de éxito en diversos proyectos. Sin embargo, no abarca todos los conocimientos y detalles, es más una guía que una metodología, limitada a proyectos individuales y a los procesos de dirección de proyectos generalmente reconocidos como buenas prácticas.

El ciclo de vida del proyecto está conformado por fases secuenciales, a veces superpuestas, cuya cantidad la determinan las necesidades de gestión y control

de la organización, la naturaleza del proyecto y su aplicación. Este ciclo permite determinar el marco bajo el cual se va a dirigir el proyecto ya que estos pueden ser muy variados en tamaño y complejidad. Generalmente el ciclo de vida de un proyecto consiste en su inicio, organización y preparación, ejecución del trabajo y finalmente el cierre. Al tener esta estructura se proporciona un marco de referencia común para comparar proyectos, incluso si son de naturaleza diferente ya que tienen unas características similares por fases como se observa en la figura a continuación.

Figura 3. Niveles típicos de costo y dotación de personal durante el ciclo de vida del proyecto



Fuente: PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía para los fundamentos de la dirección de proyectos. 4 ed. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, 2008.

La organización está conformada por partes y factores intangible y tangibles, y externos e internos. Todos estos elementos influyen en la dirección del proyecto. Dentro de los cuales se pueden nombrar los interesados y los factores ambientales de la organización.

Los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos se describen a continuación.

4.4.1. Grupo del Proceso de Iniciación

Tienen como objetivo definir un nuevo proyecto o una nueva fase de un proyecto, mediante la obtención de la autorización para iniciar alguno de éstos. Se define el

alcance inicial, los recursos financieros iniciales, y se identifican los interesados internos y externos. Si no se ha escogido el director del proyecto, se selecciona. Todas estas consideraciones se estipulan en el acta de constitución del proyecto y en el registro de interesados. Aspectos como la financiación y la aprobación del proyecto están por fuera del alcance del equipo del proyecto. Una vez aprobada el acta, se puede iniciar la planeación.

Involucrar a los interesados durante la iniciación (por ejemplo los clientes) aumenta las probabilidades de contar con propiedad compartida, con la aceptación de los entregables y con la satisfacción del cliente y demás involucrados.

Algunos de los procesos pertenecientes a este grupo son:

- Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto

Consiste en desarrollar un documento que autoriza formalmente un proyecto o una fase, y en documentar los requerimientos iniciales que satisfacen las necesidades de los interesados.

- Identificar a los Interesados

Se basa en identificar a todas las personas u organizaciones que tienen cierto interés en el proyecto, y de una u otra forma reciben un impacto debido al mismo. Incluye la documentación de información esencial en cuanto a intereses, participación e impacto en el éxito del proyecto.

4.4.2. Grupo del Proceso de Planificación

Aquellos procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto en general, definir los objetivos, el plan de dirección y acción para alcanzar los objetivos del proyecto y crear los documentos que se utilizarán para realizarlo. Durante el ciclo de vida del proyecto pueden surgir cambios que llevan a modificar algunos procesos de planificación o iniciación, por lo que se requiere una “planificación gradual” que permita adaptar ciertos detalles al plan para la dirección del proyecto y los documentos correspondientes.

Algunos de los procesos que abarca este grupo son:

- Recopilar Requisitos

Definir y documentar las necesidades de los interesados.

- Definir el Alcance

Realización de una descripción detallada del proyecto y del producto.

- Crear la EDT (Estructura de Desglose del Trabajo)

Organizar el trabajo en componentes más pequeños y repartir los entregables entre ellos, lo que facilita el manejo y dirección del proyecto.

- Definir las Actividades

Establecer las acciones específicas que se realizarán con el fin de cumplir con los entregables del proyecto.

- Secuenciar las Actividades

Establecer y documentar las relaciones entre las actividades del proyecto

- Estimar los Recursos de las Actividades

Estipular un estimado de los diferentes recursos que se van a emplear durante las actividades. Puede incluir la cantidad de materiales, personas, equipos, suministros, recursos financieros, entre otros.

- Estimar la Duración de las Actividades

Estimar la cantidad de tiempo necesario para finalizar cada actividad con los recursos estimados.

- Desarrollar el Cronograma

Establecer el orden de las actividades, su duración y las restricciones del cronograma existentes, para obtener como salida el cronograma del proyecto.

- Estimar Costos

Establecer una cantidad aproximada de los recursos monetarios necesarios para completar las actividades del proyecto.

- Determinar el Presupuesto

Consiste en agregar todos los costos estimados de las actividades individuales o paquetes de trabajo para definir una línea base de costos autorizados.

- Planificar la Calidad

Identificar los requerimientos de calidad del proyecto, las normas y políticas que se deben tener en cuenta, y justificar cómo el proyecto logrará satisfacer dichos objetivos. Documentar todo lo anterior.

- Desarrollar el Plan de Recursos Humanos

Establecer los habilidades requeridas, las responsabilidades, los roles, los métodos y relaciones de comunicación, y la forma en que se va a dirigir al personal.

- Planificar las Comunicaciones

Definir las necesidades de comunicación de los interesados, los medios y protocolos de comunicación que se van a utilizar.

- Planificar la Gestión de Riesgos

Definir cómo realizar las actividades de gestión de riesgos para el proyecto.

- Identificar Riesgos

Determinar los riesgos que pueden influir en el proyecto y documentar sus características.

- Realizar Análisis Cualitativo de Riesgos

Combinar la probabilidad de ocurrencia y el impacto de los mismos, evaluar si implican una baja, mediana o alta influencia y priorizar.

- Realizar Análisis Cuantitativo de Riesgos

Analizar numéricamente el efecto de los riesgos de mayor importancia sobre los objetivos del proyecto.

- Planificar la Respuesta a los Riesgos

Desarrollar acciones para aprovechar oportunidades identificadas en el análisis de riesgo, y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.

- Planificar las Adquisiciones

Establecer qué elementos se van a comprar o qué servicios externos se requieren, identificar posibles proveedores y cómo se va a realizar el manejo de estas relaciones.

4.4.3. Grupo del Proceso de Ejecución

Consta de procesos necesarios para completar el trabajo establecido en el plan para la dirección del proyecto. Requiere la integración del plan con las actividades que incorpora, y la coordinación y optimización de los diferentes recursos utilizados. A medida que transcurren las tareas de ejecución, pueden surgir necesidades de cambio, lo que lleva a la actualización de las líneas de base de los recursos, el plan de dirección y ciertos documentos. Los procesos que abarca este grupo son:

- Dirigir y Gestionar la Ejecución del Proyecto

Desarrollar las actividades definidas en el plan para la dirección del proyecto para cumplir con los objetivos del mismo.

- Realizar Aseguramiento de Calidad

Controlar los requisitos de calidad y los resultados obtenidos a partir de técnicas y mediciones, garantizando que se utilicen normas operacionales y de calidad adecuadas.

- Adquirir el Equipo del Proyecto

Conformar el equipo necesario de acuerdo con las responsabilidades y roles requeridos en el plan de dirección.

- Desarrollar el Equipo del Proyecto

Mejorar las competencias, habilidades, interacción y ambiente del equipo de trabajo con miras a alcanzar un mejor desempeño del proyecto.

- Dirigir el Equipo del Proyecto

Monitorear el desempeño de los miembros del equipo, identificar posibles mejoras, proporcionar retroalimentación, resolver problemas e impulsar los cambios correspondientes.

- Distribuir la Información

Presentar la información relevante sobre el avance del proyecto a los interesados.

- Gestionar las Expectativas de los Interesados

Mantener una constante información con los interesados, discutir sus necesidades e identificar fallas o problemas, para llegar a un acuerdo e implementar una solución.

- Efectuar Adquisiciones

Obtener respuestas de los vendedores, escoger un proveedor y crear el contrato.

4.4.4. Grupo del Proceso de Seguimiento y Control

Procesos requeridos para dar seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes. Involucra la implementación de acciones correctivas, preventivas y actualizaciones.

- Dar Seguimiento y Controlar el Trabajo del Proyecto

Chequear el avance del proyecto, realizar mediciones, analizar si el desempeño en cuanto a alcance, costos, calidad, recursos, cronograma y riesgos es el esperado o no, y realizar proyecciones e informes de estado.

- Realizar Control Integrado de Cambios

Consiste en examinar las solicitudes de cambio, rechazar o aprobar los cambios y estipular las modificaciones correspondientes a los entregables, el plan para la dirección, los documentos y los activos de los procesos de la empresa.

- Verificar el Alcance

Establecer formalmente la aprobación de los entregables que ya están listos.

- Controlar el Alcance

Realizar un seguimiento al estado del alcance del proyecto, e impulsar los cambios a la línea base del alcance.

- Controlar el Cronograma

Revisar el cumplimiento del cronograma, proyecta el comportamiento futuro, y con base en ello establecer cambios e incorporarlos a la línea base del cronograma.

- Controlar Costos

Hacer un seguimiento a la condición de los costos reales y el presupuesto establecido, y analizar si se requieren modificaciones a la línea base de costo.

- Realizar Control de Calidad

Revisar los resultados obtenidos en el control de calidad, evaluar el desempeño y establecer cambios.

- Informar el Desempeño

Recoger los resultados obtenidos a partir del seguimiento, y presentar la información.

- Dar Seguimiento y Controlar los Riesgos

Establecer e implementar un plan de respuesta a los riesgos, identificar nuevos riesgos, retroalimentar el plan y evaluar el funcionamiento de dicho sistema.

- Administrar las Adquisiciones

Gestionar las adquisiciones, las relaciones que éstas implican, controlar el desempeño los proveedores, el contrato, identificar posibles mejoras y efectuar cambios y correcciones.

4.4.5. Grupo del Proceso de Cierre

Conjunto de procesos que se realizan con el fin de clausurar todas las actividades del proyecto o de una fase del mismo, por medio de todos los grupos de procesos. Se lleva a cabo una revisión, se registran los impactos, se establecen y documentan las lecciones aprendidas, se realizan actualizaciones a los activos de la empresa, se cierran las adquisiciones y se archivan los documentos relevantes del proyecto. Los procesos que abarca este grupo son:

- Cerrar el Proyecto o Fase
- Cerrar las Adquisiciones

4.5. DISEÑO DE ENTREVISTAS

El tema de estudio del proyecto de grado implica una investigación. Mucha de la información que se requiere se obtendrá por medio de entrevistas realizadas a empresas. Por lo cual es importante saber cómo elaborar dichas entrevistas para que la información recolectada sea pertinente para la investigación y desarrollo de la guía metodológica.

La entrevista es una de las técnicas más valiosas a emplear en este tipo de investigación, ya que permite un contacto más directo con los entrevistados al indagar de forma más profunda sobre los temas a tratar. Hay tres momentos en la planificación de una entrevista. El momento de preparación, de desarrollo y valoración.

En el momento de preparación se debe considerar lo siguiente:

- Determinar los objetivos de la entrevista.
- Identificar a las personas que van a ser entrevistadas.
- Formular las preguntas y secuenciarlas.
- Localizar y preparar el lugar donde va a realizarse la entrevista.

Para la realización de las entrevistas es necesario plantear inicialmente los objetivos del proyecto, para saber cuál es la finalidad que se busca con las mismas. Estos objetivos se deben traducir en preguntas a llevar a cabo en la entrevista, de tal forma que reflejen el propósito de la investigación y permita obtener información valiosa que aporte a al desarrollo del proyecto. Además, se debe identificar y plantear las variables a tratar en el proyecto, dicha variables me indicaran por donde debo comenzar.

Luego se debe elegir el formato de preguntas, el cual depende en gran medida de: los objetivos de la entrevista, la naturaleza del tema, si el entrevistador trata con hechos, opiniones o actitudes; si se busca profundidad, el nivel de información del entrevistado, la clase de información que se puede esperar que tenga, si necesita o no estructurar su pensamiento, nivel de motivación, intuición del entrevistador sobre la situación del entrevistado y la clase de relación que se espera entre los dos. Teniendo en cuenta los puntos anteriores, se puede decidir si se realizará una entrevista abierta, cerrada, directa, indirecta, entre otras y de esta forma realizar el formato de entrevista¹⁹.

¹⁹COHEN, Louis y MANION, Lawrence. Métodos de investigación educativa. Madrid: Editorial La Muralla S.A., 1990. p. 394.

En el momento de desarrollo de la entrevista no hay que olvidar que el objetivo es que el entrevistado proporcione información, significados sobre situaciones, vivencias, experiencias que él ha vivido y que forman parte de su vida subjetiva. Así pues, en esta fase, el entrevistador debe considerar una serie de elementos tales como:

- Crear un clima de familiaridad y confianza.
- Actitudes del entrevistador para favorecer y facilitar la comunicación.
- Registrar la información de la entrevista.

El entrevistador no puede divagar, pues puede desviar los objetivos planteados por medio de las preguntas en la entrevista. Después de llevar a cabo la entrevista, es indispensable analizar los datos, por medio de tabulación, codificación, gráficas, entre otros. La codificación según Kerlinger es “la traducción de las respuestas a las preguntas y la información de los entrevistados a categorías específicas para el objetivo del análisis”.

La entrevista concluye con el momento de valoración lo que incluye:

- Valoración de las decisiones tomadas para la planificación de la entrevista.
- Valoración del desarrollo de la entrevista.

5. APOORTE CRÍTICO

Para iniciar un proyecto de cualquier tipo debe existir una necesidad en la empresa ya sea por un problema que se esté evidenciando o como una oportunidad de mejora. Para poder solucionar esto se plantean unos objetivos que deben ser correspondientes a las salidas o entregables del proyecto. Un proyecto según el PMBOK, es un trabajo durante un tiempo determinado que se realiza para crear un producto, servicio o resultado, y que se puede llevar a cabo en todos los niveles de la organización. Como pueden ser proyectos que influyen toda la organización es importante contar con una guía. Actualmente, La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos es un documento formal que contiene normas, métodos, procesos y prácticas establecidas y reconocidas en la dirección de proyectos, lo que la convierte en una herramienta útil para este estudio ya que da unos lineamientos que han sido señalados mundialmente como precursores del éxito de los proyectos.

Sin embargo, esta guía es bastante generalizada y la intención de esta investigación es poderla adaptar a los proyectos de redistribución de planta en Cali y sus zonas aledañas. Cabe resaltar que no va ir dirigida a cualquier tipo de público sino a personas con puestos estratégicos dentro de las organizaciones, a quienes se les permita dirigir o ser parte de la dirección del proyecto de redistribución. Para lograr unos buenos resultados y un equilibrio entre las entradas y salidas de los diferentes procesos, la dirección depende del equipo del proyecto y su habilidad para evaluar la situación y equilibrar las demandas a fin de entregar un proyecto exitoso. Pero en últimas, el director del proyecto es el responsable ante la empresa de que se cumplan los objetivos del proyecto por lo que debe tener conocimiento sobre dirección de proyectos, debe ofrecer un alto desempeño al aplicar este conocimiento y debe tener una capacidad personal apropiada y un comportamiento que muestre liderazgo y gestión.

Por consiguiente, se considera que la dirección de los proyectos de redistribución debe estar a cargo por personal capacitado en la realización de proyectos aunque de no ser así la guía metodológica desarrollada en esta investigación será una valiosa contribución para dicho personal y empresa. Además, debe tener conocimientos en distribución de planta, herramientas de ingeniería industrial y un pensamiento sistémico. Debe contar con un equipo que incorpore personal de todas las áreas competentes para el proyecto de redistribución como por ejemplo del área financiera, de planta, de calidad, de recursos humanos, entre otros. Pero sobretodo tener la habilidad de liderar el equipo y obtener beneficios de sus conocimientos específicos.

Como todos los proyectos, los de redistribución de planta deben tener a su vez un ciclo de vida que estará conformado por fases secuenciales, a veces superpuestas, cuya cantidad la determinan las necesidades de gestión y control

de la organización, la naturaleza del proyecto y su aplicación. Así, la dirección de proyectos consiste en un manejo global e integrado de los proyectos, que implica la utilización de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas en las actividades o procesos del proyecto durante sus fases para cumplir con los requisitos del mismo.

Un proceso es un conjunto de acciones y actividades interrelacionadas que se llevan a cabo para alcanzar un resultado específico, un producto o un servicio. Los procesos de dirección de proyectos tienen que ver con la planeación, manejo y control general de los proyectos y permiten asegurar que el proyecto avance de manera eficaz y es en ellos que se enfoca la Norma de Gerencia de Proyectos. Por ende el director de proyecto debe encargarse de involucrar los factores ambientales y los activos de los procesos de la organización como entradas de cada uno de éstos procesos.

La justificación o el propósito que tiene una organización para analizar si requiere un proyecto, es establecido en los procesos de iniciación del proyecto, entre los que se encuentran Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto que consiste en crear un documento que autoriza formalmente un proyecto o una fase, y en documentar los requerimientos iniciales que satisfacen las necesidades de los interesados, e Identificar a los Interesados, que se basa en identificar a todas las personas u organizaciones que tienen cierto interés en el proyecto, y de una u otra forma reciben un impacto debido al mismo. Se considera que para iniciar un proyecto de redistribución de planta e identificar los interesados es necesario evaluar la situación de la empresa.

Según los estudios que se han realizado en Cali, para poder ofrecer una propuesta de redistribución de planta a las empresas, se debe identificar el problema o la oportunidad de mejora. Generalmente, las organizaciones se encuentran interesadas cuando requieren desarrollar ventajas competitivas mediante aspectos como aumento de la capacidad de la planta, incorporación de maquinaria nueva, mejora de las condiciones de trabajo y la calidad y mejor utilización de los recursos disponibles. Por lo que siempre puede existir una oportunidad de mejora, pero hay situaciones donde es indispensable emplearla. Estas situaciones son las que deben reconocer las personas encargadas de la dirección de proyectos en la empresa.

Existen ciertos factores que emplean investigaciones previas realizadas por estudiantes de la Universidad Autónoma y Pontificia Javeriana, para la evaluación de la situación de la empresa. Estos factores comprenden: la producción, el número de máquinas, el área (espacio), el proceso productivo de los productos más representativos y los recorridos entre las áreas dentro de la empresa. En la investigación presentada en la tesis de ColFibras se encuentra un resumen de síntomas que pueden indicar la necesidad de una redistribución de planta:

- Congestión y deficiente utilización del espacio
- Acumulación excesiva de materiales en proceso
- Excesivas distancias a recorrer en el flujo de trabajo
- Simultaneidad de cuellos de botella
- Ociosidad en los centros de trabajo
- Trabajadores calificados realizando operaciones poco complejas
- Ansiedad y malestar de la mano de obra
- Accidentes laborales
- Dificultad en el control de las operaciones y el personal

Además, se considera que hay otros aspectos que se pueden incluir según el marco teórico como lo son:

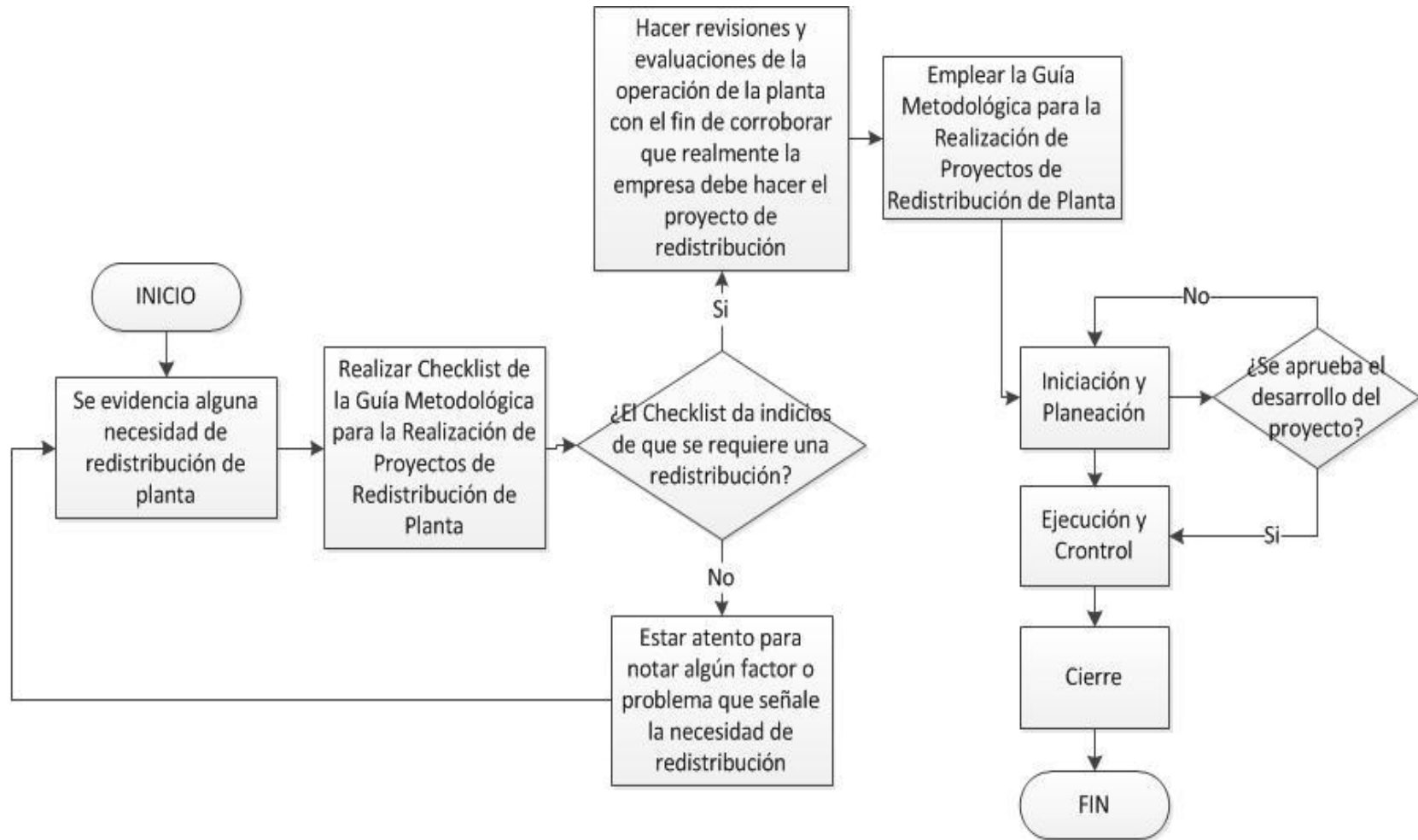
- Exceso de trabajo realizado en horas extras
- Alto costo de energía eléctrica
- Máquinas averiadas constantemente

Se espera que la propuesta de la guía metodológica que se va a desarrollar mediante el presente proyecto incluya un checklist en la fase de iniciación, o antes de ésta, para determinar si la organización requiere definitivamente una redistribución de planta y que así, la empresa pueda identificar el problema u oportunidad de mejora. El checklist puede basarse en los factores anteriormente presentados y se busca complementarla con la restante búsqueda bibliográfica y con la asesoría de expertos. Si se considera que es necesario el proyecto de redistribución, la organización puede contratar a un tercero para que haga la evaluación costo-beneficio de implementar dicho proyecto, de no contar con el personal capacitado para realizarlo. De ser aprobado por los interesados, el proyecto debe constituirse como se mencionó anteriormente, mediante el acta que lo autorice e incorpore el alcance inicial, los recursos financieros iniciales, y mediante el registro de los interesados internos y externos, especialmente los patrocinadores, el director y el equipo del proyecto. Una vez aprobada el acta, se puede iniciar la planeación detallada del proyecto.

En cuanto a los procesos de planeación, mediante la revisión bibliográfica se ha identificado que el proceso de rediseño de la instalación es crítico. El objetivo de éste consiste en identificar una buena propuesta de diseño con base en las fallas encontradas en el diseño actual y en las necesidades de la empresa. Una vez se tenga el diseño escogido, este será una entrada para la programación de las actividades de redistribución de planta.

Habiendo analizado hasta este punto del ciclo de vida de un proyecto, específicamente uno de redistribución de planta, se puede plantear un conjunto de procesos iniciales previos para la implementación de la guía metodológica (Ver figura 4).

Figura 4. Implementación de la Guía Metodológica



Fuente: Los Autores

Una propuesta para el desarrollo del proyecto constituye en determinar los aspectos fundamentales, como entradas, salidas y técnicas para cada uno de los cinco grupos de proceso (iniciación, planeación, ejecución, control y cierre) y sus subprocesos correspondientes, integrando la información recogida sobre redistribución de planta. Sin embargo se cree que se puede establecer un mayor énfasis en los procesos de planeación y control. En los procesos de planeación se debe estipular la mayor cantidad posible de factores a considerar en la ejecución del proyecto, y de ellos depende el desempeño de la ejecución. Los procesos de control sirven para reaccionar frente a diversos problemas dentro de la ejecución y por ello también contribuyen con el buen desarrollo del proyecto.

6. METODOLOGÍA

6.1. IDENTIFICAR LOS FACTORES CRÍTICOS QUE DEBEN TENER EN CUENTA LAS EMPRESAS PARA REALIZAR UN PROYECTO DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA.

Se busca lograr mediante la selección, lectura y análisis de fuentes una contextualización sobre la información organizada que existe acerca de temas de distribución y redistribución de planta, y de allí extraer factores teóricos necesarios para la planeación y ejecución de proyectos de rediseño de instalaciones. Entre las fuentes que se van a utilizar se encuentran las bases de datos y catálogos de las universidades de Cali, que incluyen libros, artículos académicos y trabajos de grado. La búsqueda en las bases de datos y en la red no se debe limitar sólo a las categorías de distribución y redistribución de planta, sino que se pueden utilizar otras palabras clave como mejoramiento, rediseño, reestructuración de planta, entre otras. Sin embargo, lo más probable es que algunos aspectos importantes a tener en cuenta en la investigación no aparezcan en estas fuentes y sean fruto de conocimientos de tipo empírico, aplicados por ejemplo por las empresas de la región, por lo que se buscará contar con la asesoría de personas conocedoras sobre distribución de planta e implementación de proyectos, y con la colaboración de compañías que hayan realizado algún proceso de redistribución. Las actividades que se llevarán a cabo son:

1. Leer artículos científicos sobre distribución y redistribución de planta e identificar posibles factores críticos.
2. Leer proyectos de grado y tesis e identificar posibles factores críticos.
3. Leer libros e identificar posibles factores críticos.
4. Repasar temas estudiados en Distribución de Planta.
5. Entrevistas a expertos en distribución de planta y a desarrolladores de proyectos sobre el tema.
6. Investigación sobre los factores críticos identificados.
7. Análisis de factores pertinentes para un proyecto de redistribución de planta.

6.2. DISEÑAR UNA GUÍA METODOLÓGICA ESTRUCTURADA TEÓRICA QUE RECOJA LAS ETAPAS QUE DEBE SEGUIR UN PROYECTO DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y QUE IDENTIFIQUE ELEMENTOS ESENCIALES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA SEGÚN LA INVESTIGACIÓN Y LA GUÍA DEL PMBOK.

A través de la búsqueda bibliográfica se ha podido evidenciar que no existe una guía metodológica estructurada para la iniciación, planeación, desarrollo y control

de los proyectos de redistribución de planta. Ahora, sí existen guías generales que orientan el manejo y dirección de proyectos, por lo que se plantea realizar una fusión entre el material e información de distribución y rediseño de planta encontrados y alguna de éstas guías. Se busca que la guía que se escoja para dar lineamientos al proyecto sea estandarizada, de uso universal, y que exista evidencia de que su uso puede contribuir de forma significativa a la implementación de cualquier tipo de proyecto en los diversos tipos de industrias. Hasta ahora se ha identificado que la Guía del PMBOK (Project Management Body of Knowledge), es una buena opción que cumple con los requisitos planteados anteriormente, puesto que recoge un conjunto de buenas prácticas y sugiere el uso de herramientas que han probado tener un buen desempeño en los proyectos y que pertenecen al ámbito de la ingeniería industrial, como son los diagramas de flujo, los gráficos de precedencias y el método de ruta crítica, diagramas de control, gráfico de pareto, diagrama Ishikawa, histogramas, diagrama de dispersión matrices de priorización, análisis de los costos de calidad, y diseño de experimentos. Adicionalmente propone unos criterios de estimación y control de costos que pueden utilizarse ampliamente y técnicas para el manejo del cronograma y de los riesgos.

Con los aspectos teóricos esenciales identificados para los proyectos de redistribución de planta, y los conocimientos y pasos proporcionados por la Guía del PMBOK, se adaptará ésta última a dicho tipo de proyectos. Las actividades que se desarrollarán son:

1. Buscar guías para desarrollar proyectos de redistribución, distribución, entre otros.
2. Determinar la guía que se pueda implementar como una base para la guía teórica sobre proyectos de redistribución de planta.
3. Leer la Guía de los fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK).
4. Determinar las fases y grupos de procesos aplicables a los proyectos de redistribución de planta correspondientes al PMBOK.
5. Adaptar la guía seleccionada específicamente a un proyecto de redistribución de planta
6. Determinar si la guía es válida a partir de la colaboración de expertos e incorporar sugerencias.

6.3. ADAPTAR LA GUÍA METODOLÓGICA TEÓRICA A LAS CONDICIONES ESPECÍFICAS DE LAS INDUSTRIAS MÁS IMPORTANTES DE CALI Y SUS ZONAS DE INFLUENCIA.

Una fuente importante para la recolección de información y prácticas en cuanto a redistribución y dirección de proyectos corresponde al sector empresarial e industrial de Cali. Se requiere contactar la persona que tenga el conocimiento

específico sobre los temas señalados dentro de las mismas y diseñar un modelo de entrevista que en el momento de la visita permita recoger información relevante y precisa. Se espera establecer las condiciones, pasos y aspectos importantes de los procesos de redistribución de planta dentro década empresa y adaptar la guía según la información recogida en cada una de ellas. Se planea visitar 10 empresas grandes. Las actividades que se tendrán en cuenta son:

1. Realizar investigación sobre empresas de Cali o aledañas que estén desarrollando o hayan desarrollado procesos de redistribución de planta.
2. Investigar sobre el diseño y protocolo de entrevistas formales.
3. Desarrollar modelo general de entrevista para las visitas empresariales.
4. Hacer contacto y acordar visita con experto de la empresa en proyectos y/o distribución de planta.
5. Adaptar modelo de entrevista a empresas a visitar.
6. Realizar visita empresarial con el fin de realizar entrevista.
7. Identificar factores que no se han tenido en cuenta en la guía metodológica teórica.
8. Analizar la información de las entrevistas.
9. Adaptar la guía teórica a las condiciones específicas de cada una de las industrias visitadas mediante ejemplos.

6.4. ORGANIZAR LA INFORMACIÓN DE LA GUÍA METODOLÓGICA MEDIANTE EL ESTABLECIMIENTO DE CATEGORÍAS CORRESPONDIENTES A ASPECTOS COMUNES IDENTIFICADOS EN LAS EMPRESAS DE LAS INDUSTRIAS MÁS IMPORTANTES DE CALI Y SUS ZONAS DE INFLUENCIA.

Se busca consolidar toda la información recogida sobre los proyectos de redistribución de planta, reconociendo aspectos similares, que permitan organizarla y estructurarla por categorías, y generar una guía para cada una de ellas, esto con el fin de ofrecer indicaciones más específicas a las empresas. Los pasos que se llevarán a cabo son:

1. Identificar procesos y elementos similares de los proyectos entre las industrias.
2. Identificar diferencias primordiales entre las guías.
3. Analizar la comparación de las guías.
4. Determinar categorías que incluyan diferentes industrias a las cuales se les pueda aplicar una metodología específica.
5. Adaptar las guías a cada una de las categorías.
6. Desarrollar una guía general que incluya para cada categoría los diferentes conocimientos, elementos, herramientas, entre otros, que deben tenerse en cuenta al desarrollar un proyecto de redistribución de planta.

7. Evaluar las bondades cualitativas del uso de la guía para los proyectos de redistribución de planta.
8. Solicitar revisión por expertos y adaptar sugerencias pertinentes.

7. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

7.1. RECURSOS DISPONIBLES

Para el desarrollo del proyecto “Guía para la realización de proyectos de redistribución de planta en Cali” se consideran los siguientes recursos:

7.1.1. Financieros

El proyecto no requiere recursos económicos considerables. Los recursos son internos y serán suministrados por los investigadores.

7.1.2. Equipos

Los equipos que requiere el desarrollo del proyecto de grado incluyen computadores para desarrollar la investigación, elaborar diagramas, cronogramas, entre otros. Internet es una herramienta vital para la investigación, los catálogos de las universidades y las bases de datos de la Universidad Icesi, lo que implica un conjunto de información, libros, artículos especializados y proyectos de grados. Además, se requiere de un carro para poder transportarse a las visitas empresariales y una grabadora de voz para almacenar las entrevistas realizadas durante la investigación. Es importante mencionar que se deben tener los siguientes libros sobre: Metodología de la Investigación y PMBOK.

7.1.3. Humanos

Entre los recursos humanos disponibles están los investigadores, el tutor temático, el lector, los expertos de las empresas donde se realizarán las visitas empresariales y los demás entrevistados con conocimientos sobre proyectos, distribución y redistribución de planta, y elaboración de entrevistas.

7.2. EQUIPO DE INVESTIGADORES

- Maria Andrea Rodríguez Echeverry, Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi.
- Laura Vásquez Palacios, Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad Icesi.

- Luis Felipe Cardona Olarte, Ingeniero Industrial de la Universidad Icesi. Joven Investigador.
- Leonardo Rivera Cadavid, Ingeniero Industrial de la Universidad del Valle, Master of Science in Industrial Engineering (M.S.I.E) de Georgia Institute of Technology, Ph.D in Industrial Engineering de Virginia Polytechnic Institute and State University.

8. DESARROLLO DEL PROYECTO

8.1 OBJETIVO 1: IDENTIFICAR LOS FACTORES CRÍTICOS QUE DEBEN TENER EN CUENTA LAS EMPRESAS PARA REALIZAR UN PROYECTO DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA.

En la literatura sobre distribución de planta se pueden encontrar algunas mediciones e índices para caracterizar los sistemas productivos, sin embargo se presenta poca información consolidada acerca de criterios a tener en cuenta en el momento de desarrollar nuevos layouts y posteriormente evaluar las diferentes alternativas de diseño. Lie Chien Lin y Gunter P. Sharp²⁰ proponen una clasificación de criterios para realizar esta evaluación, que recoge aspectos importantes que deben considerarse para escoger determinado diseño.

Dado que los procesos de redistribución de planta aplican muchos de los principios considerados en distribución de planta, se partió de la propuesta de los autores mencionados, en cuanto a factores e índices relevantes al establecer un nuevo diseño de planta. Se adaptaron dichos criterios a la situación específica de una redistribución de planta. Los criterios se clasifican en tres grandes ámbitos: costo, flujo y entorno. En cuanto a costo, se tienen aquellos relacionados con inventarios y los no relacionados con los inventarios; con respecto al flujo se consideran tres sub-clasificaciones que son la relación del espacio, el flujo de materiales, y la robustez y flexibilidad. Finalmente, en el ámbito del entorno se tienen en cuenta los alrededores y la calidad del entorno. Dentro de cada uno de las tres categorías generales de criterios se señalan unos factores específicos que se deben considerar.

Se buscó ampliar el conjunto de factores específicos dentro de cada categoría general (costo, flujo y entorno) con la información recogida en otras fuentes y con otros factores provenientes del análisis de las autoras. Se encontraron varios factores en proyectos de grado de la Universidad Javeriana, la Universidad del Valle y la Universidad Icesi²¹. Por otra parte se tuvo en cuenta el libro Planeación de Instalaciones²², donde se encontraron listados de factores que deben

²⁰LIN, Lie Chien y SHARP, Gunter P. Quantitative and qualitative indices for the plant layout evaluation problem. En: European Journal of Operational Research. 1999. Vol.116. p 102.

²¹ Se consideraron los mismos proyectos de grado que se mencionaron en los antecedentes.

²² BOZER, Yavuz A., TANCHOCO, J.M.A., TOMPKINS, James A. y WHITE, John A. Planeación de Instalaciones. 3 ed. México D.F: Cengage Learning Editores S.A, 2009. p. 682-684.

considerarse en proyectos de distribución de planta, al igual que en el material de clase del profesor Leonardo Rivera²³.

A continuación se presenta una tabla que expone los factores importantes que deben tenerse en cuenta para desarrollar nuevas alternativas de layout en un proyecto de redistribución de planta y evaluarlas de acuerdo con la información recopilada en la empresa y con los objetivos de la misma.

²³ RIVERA, Leonardo. Facility Layout 1: Introduction, Basic Concepts and Definitions [diapositivas]. Cali, Colombia: Universidad Icesi, 2011. 16 diapositivas.

Tabla 3. Criterios para evaluar las alternativas de rediseño de planta

Criterios para evaluar las alternativas de rediseño de planta						
COSTO		FLUJO			ENTORNO	
<i>No relacionados con Inventario</i>	<i>Relacionados con Inventario</i>	<i>Relación del Espacio</i>	<i>Flujo de Materiales</i>	<i>Robustez y Flexibilidad</i>	<i>Alrededores</i>	<i>Calidad del Entorno</i>
Costo Inicial:	Costo de mantener inventario :	Claridad-Despeje	Pasillo	Robustez de la Capacidad del Equipo	Topografía y Topología	Seguridad Industrial
Adquisición de terreno para expansión	Materia Prima		Densidad y Volumen (Tiempo y Distancia)	Flexibilidad en Volumen	Condiciones del lugar natural y construcción	Accidentes personal/edificio
Construcción	Producto en Proceso	Suficiencia y Utilización del Espacio	Patrones de Flujo	Flexibilidad de Expansión del Edificio	Acceso de los camiones y patrón de circulación	Cruces personal/vehículos
Adaptación servicios	Producto Terminado	Porcentaje de Utilización	Cuellos de Botella	Flexibilidad en las Rutas	Equipos y métodos de manejo de materiales externo	Interfaces entre humanos y maquinaria o material
Adquisición maquinaria de producción	Costo de levantamiento de inventario para paro en la producción	Espacios Vacíos	Inventario de Producto en Proceso			Señalización
Adquisición equipo de manejo de materiales					Entorno de la Comunidad	
Costo de reorganizar - Movimiento de la maquinaria/ departamentos actuales		Forma de la distribución			Impacto de la congestión del tráfico y el ruido	Conformidad de los trabajadores-servicios relativos al personal
Revisión técnica de la conexión y arranque					Manejo de los desperdicios y control de la contaminación	Baños, comedores, roperos, oficinas.
Transporte de la maquinaria a la nueva ubicación		Adyacencia de departamentos			Apariencia de características externas o visibles	Ruido
Costo del tiempo que se requiere para iniciar la operación correctamente: la instalación, la capacitación y la depuración		Efecto de la distribución sobre el tiempo del proceso				Ventilación o calentamiento

<p>Costo de nuevos requerimientos de software</p> <p>Costo por la sincronización con los programas, el control de inventario y el papeleo</p> <p>Costo anual de operación y mantenimiento:</p> <p>Mano de obra</p> <p>Utilidad</p> <p>Mantenimiento</p> <p>Costo de manejo de materiales</p> <p>Valor de Salvamento Futuro</p> <p>Indicadores económicos diferentes al costo:</p> <p>TIR</p> <p>Periodo de recuperación de la inversión</p>					<p>Referencias de proyectos similares en el entorno</p> <p>Integración con otras plantas</p>	<p>Acceso minusválidos</p> <p>Iluminación</p> <p>Enfermería y rutas</p> <p>Oficinas-lugar de trabajo-ergonomía</p> <p>Seguridad de la Propiedad</p> <p>Robos por fuera del edificio</p> <p>Robos dentro del edificio</p> <p>Precaución especial para áreas peligrosas</p> <p>Acceso para mantenimiento</p> <p>Compatibilidad de la construcción del edificio y el equipo de manejo de materiales</p> <p>Espacio para trabajos de mantenimiento</p> <p>Ubicación de las actividades de mantenimiento</p> <p>Complejidad del equipo de manejo de materiales</p>
---	--	--	--	--	--	---

Fuente: Adaptación de los autores

A continuación se dará una explicación de cada uno de los factores.

8.1.1 Costo

8.1.1.1 Costos no relacionados con el inventario

A. Costo o inversión inicial

Terreno

Cuando surge una necesidad de aumentar la capacidad o de introducir nuevos productos o líneas de producción, en algunos casos es probable que no se cuente con el área necesaria para las modificaciones, por lo que en los proyectos de redistribución de planta puede requerirse una expansión de las instalaciones, que se logra a través de la compra de terrenos o lotes adyacentes al área actual. El costo de esta compra hace parte de la inversión inicial del proyecto.

Construcción

Este costo abarca todo lo relacionado con la obra de levantamiento y modificación de infraestructura. Incluye los materiales requeridos, la mano de obra tanto de los obreros de construcción como del ingeniero civil o arquitecto involucrado. Por otro lado se tiene la adaptación de los servicios de alimentación de agua, energía, aire, etc., que se reflejan también en materiales y mano de obra ya sea interna o subcontratada. Hace parte de la inversión inicial del proyecto.

Adquisición de maquinaria de producción y de manejo de materiales

Además del costo de comprar los equipos nuevos se debe tener en cuenta el costo de realización de las visitas a proveedores para conocer los equipos, sus especificaciones y finalmente poder escoger la mejor alternativa. También se pueden requerir consultas a expertos acerca de la maquinaria, lo que genera un costo.

Costo de reorganizar

Se refiere principalmente al costo de mover la maquinaria de producción y los equipos de manejo de materiales, y de la reinstalación de los mismos. Para mover la maquinaria se puede requerir algún tipo de transporte o equipo para manipular, alguna condición para la protección de la misma y la presencia de un ingeniero o técnico que supervise o asesore el proceso de movimiento, reconexión y arranque en la nueva ubicación.

Costo del tiempo y demás recursos que se requieren para iniciar la operación correctamente

Corresponde al tiempo que se debe invertir en esfuerzos para adaptar al personal a las nuevas condiciones de la empresa, para su capacitación y que vuelva a recuperar el nivel adecuado en la curva de aprendizaje. Adicionalmente tiene que ver con el costo de productos defectuosos que se obtengan en los primeros lotes fabricados después de la redistribución de planta y el arranque de la maquinaria.

Costos de requerimientos de software

Puede surgir la ocasión en la que se aproveche el proyecto de redistribución de planta para implementar un software o un módulo adicional de un sistema de información ya existente que proporcione una mayor integración a la empresa.

Costo por la sincronización con los programas, control de inventario y papeleo

Se refiere a todo el tiempo que se tiene que invertir para documentar los cambios generados por la redistribución de planta y sincronizar los nuevos procesos con los ya existentes.

B. Costos de operación

Estos costos se repiten cíclicamente.

A esta categoría pertenecen los costos de la mano de obra que opera la maquinaria, o que realiza un trabajo manual. Este costo podría variar entre alternativas de distribución de planta por ejemplo cuando se presente una propuesta con un grado de automatización mayor a la otra, ya que en la primera probablemente se requerirá una menor cantidad de operarios.

Costos de manejo de materiales

Están determinados por la organización de las áreas, entidades o departamentos, y por las distancias entre ellos. Incluyen el costo de los equipos para el transporte y manipulación de materiales, y el costo de los operarios involucrados en estos transportes. Por lo general, por cada par de departamentos se busca recoger todos los elementos que pertenecen a este costo de manejo de materiales (combustible de los equipos, personal, electricidad, etc.) y llevarlos a un costo por unidad movida por unidad de distancia para evaluar el costo total de manejo de materiales multiplicando el flujo de unidades por el costo por unidad de distancia y de producto, y por la distancia recorrida. Es importante tener en cuenta no sólo los movimientos entre departamentos, sino los movimientos dentro de cada uno de ellos, y adicionalmente, el movimiento de los equipos de manejo de materiales cuando viajan vacíos, puesto que también consumen recursos.

Costo de mantenimiento

Puede verse afectado por la distribución de planta en el caso en el que ésta impida acceder a ciertas estructuras o zonas que deben revisarse continuamente, o cuando no deje libre el suficiente espacio para realizar las actividades de mantenimiento a la maquinaria.

C. Valor residual o valor de salvamento futuro

Es ese valor de la inversión realizada en bienes que puede recuperarse al final de la vida del proyecto.

D. Indicadores económicos diferentes al costo

TIR

Es la rentabilidad interna del proyecto, que depende únicamente de los flujos de caja del mismo. Normalmente en las organizaciones se establece una tasa de referencia para evaluar los proyectos; la TIR debe ser como mínimo igual a esa tasa. Esta tasa de referencia es la rentabilidad que debería generar un proyecto parecido al que se quiere desarrollar. Se basa en proyectos exitosos similares al actual que se han desarrollado en la empresa. Hoy en día la investigación en cuanto a este aspecto está buscando las formas de cómo encontrar esos estándares de referencia para la TIR.

Periodo de recuperación de la inversión

Es el tiempo que se demora en recuperarse la inversión inicial realizada en un proyecto.

8.1.1.2 Costos relacionados con el inventario

Los costos de inventario que más impactan en una decisión acerca de una alternativa de diseño u otra son los costos de producto en proceso y los costos de levantamiento de inventario para hacer frente al paro en la producción durante el que se va a llevar a cabo la redistribución de planta. Unos costos de producto en proceso altos pueden deberse a cuellos de botella o congestión en las líneas o estaciones de producción, y pueden requerir de una solución a través de una redistribución de planta. En cuanto a los costos generados por producir inventario para sobrellevar el proceso de implementación de un nuevo diseño de planta y responder a la demanda del cliente, resulta importante buscar diseños que no impliquen este tipo de costos, o buscar estrategias que permitan aplicar las redistribuciones de planta aprovechando paradas normales de la planta, o incluso

realizar cualquier reorganización que se necesite tratando de conservar el funcionamiento y producción normales dentro de la planta.

Los costos de inventario de materia prima y de producto terminado deben evaluarse para ser tenidos en cuenta las características operacionales y de costos de la empresa, y principalmente dependerán de la cantidad almacenada y del costo del espacio donde se realiza el almacenamiento. En cuanto al costo del lugar donde se realiza el almacenamiento, ésta no es una decisión involucrada dentro de la redistribución de planta, es decir, que este costo no depende de cómo se reorganizan las áreas, puesto que está dado por la localización de la planta, que al fin y al cabo ya se tiene definida desde que se creó la planta. Las cantidades de almacenamiento, pueden depender del diseño de planta en tanto que si éste no facilita una llegada rápida de materiales o una salida rápida del producto terminado, y no proporciona unas buenas conexiones proveedor-empresa y empresa-cliente, se requerirá tener mayor inventario de materia prima y de producto terminado para hacer frente a las diferentes situaciones que se presenten.

8.1.2 Flujo

8.1.2.1 Relación del espacio

Despeje

Es la extensión del layout libre de construcciones y equipos fijos o permanentes que afectan la efectividad a la hora de realizar la redistribución en el layout existente. Los equipos son conocidos como monumentos ya que por sus dimensiones o importancia en la producción se dificulta su desplazamiento y se incurriría en altos costos. Estos pueden ser hornos, calderas, molinos, entre otros. Por otra parte, las construcciones pueden ser de tres tipos: partición o pared, columna o elevador/escaleras. Las paredes afectan principalmente los flujos de materiales debido a que generan que el layout se separe en partes que deben tenerse en cuenta para el relayout y debido al manejo de materiales se deban recorrer más distancias. Lo que no ocurre con las columnas, ya que estas lo que hacen es condicionar la disposición en el layout para reubicar los equipos más no ocupan suficiente espacio para interrumpir el flujo. Por último, tanto las escaleras como los ascensores, considerando que las primeras restringen más espacio, afectan tanto el flujo como la disposición.

Sin embargo, se pueden realizar acciones para aumentar el despeje del área disponible al reubicar ciertos equipos si se evalúa y resultan mayores los beneficios que las desventajas. Igualmente muchas de las construcciones pueden ser modificadas lo que podría incurrir en una obra civil. Pero antes debe

determinarse si es factible realizar estos cambios al evaluar el layout para ello existen ciertos índices que pueden identificar si se requiere un mayor despeje.

Suficiencia y Utilización del Espacio

Este criterio implica dos aspectos. El primero es determinar si existe suficiente espacio disponible para que en el nuevo layout se puedan desarrollar todas las actividades necesarias desde instalación de los equipos hasta manejo de materiales.

En cuanto al segundo aspecto, algunos autores se enfocan en la utilización del espacio desde la perspectiva tradicional, que se basa en la cantidad de espacio libre respecto al espacio total disponible. Aquí se busca examinar la eficiencia de la utilización del espacio para determinar si está sub o sobre utilizado. La utilización del espacio se excede cuando no hay suficiente espacio reservado para futuras actividades a mediano plazo y el espacio está subutilizado cuando hay mucho espacio adicional que no satisface ninguna necesidad, ni aporte a la planta. Se puede determinar una buena utilización del espacio cuando se tiene un porcentaje de utilización alto pero no del 100% debido a la seguridad industrial y a la comodidad de los trabajadores. Además, es ideal que el espacio libre dentro de la planta esté concentrado en un área específica o que pueda ser conectado para realizar las nuevas actividades para que no termine como un espacio desperdiciado.

Ahora, Raman, Nagalingam y Lin²⁴ establecen nuevos argumentos acerca de la utilización del espacio. Según ellos el porcentaje que surge de dividir el área libre entre el área total disponible, y la distribución del área libre son factores que no proveen una idea adecuada sobre la efectividad de la utilización ya que se basan en el área libre y no en el área ocupada, y pueden generar la conclusión errónea de que a mayor área ocupada, mayor utilización. Éstos sirven para evaluar la posibilidad de expansión pero no la utilización del área. Proponen entonces considerar la utilización del área productiva desde una perspectiva similar a la de Lean Manufacturing, que consiste en considerar áreas dedicadas a actividades o elementos que agregan valor y áreas dedicadas a actividades que no lo hacen. Entonces el índice propuesto para evaluar la utilización del área productiva es el área donde se realizan actividades que agregan valor sobre el área total (sin considerar los espacios libres sino únicamente los ocupados).

²⁴RAMAN, Dhamodharan; NAGALINGAM, SevV. y LIN, GrierC.I. Towards measuring the effectiveness of a facilities layout. En: Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2009. Vol. 25. p 193.

Forma de la distribución

Es importante que la forma de los departamentos y áreas de trabajo tienda a ser rectangular debido a que esta geometría permite una mayor utilización del espacio y eficiencia en la distribución.

Adyacencia de Departamentos

La adyacencia entre departamentos es un factor crítico a considerar en distribución de planta, ya que existen aspectos cualitativos que implican que ciertos departamentos deben ser cercanos o estar separados. Cuando se está realizando una redistribución la posibilidad de mejorar la adyacencia se restringe considerablemente por el despeje existente el cual es difícil modificar porque podría implicar altos costos y un paro en la producción. Sin embargo, éste es un factor que se debe considerar debido a que influye en el flujo dentro de la planta al condicionar la disposición de los departamentos.

Una forma de medir el flujo cualitativamente es según la adyacencia de los departamentos mediante el desarrollo de una tabla de relaciones donde se especifique la relación entre estos de acuerdo a la necesidad e importancia de su adyacencia. Estas categorías se presentan a continuación y sus respectivos puntajes.

Rating Definition		
A	Absolutely Necessary	A = 8
E	Especialy Important	E = 4
I	Important	I = 2
O	Ordinary Closeness OK	O = 1
U	Unimportant	U = 0
X	Undesirable	(X = -8)

Posteriormente se determina un puntaje de adyacencia para calcular la eficiencia relativa del layout según este criterio de la siguiente forma:

Ecuación 6. Puntaje de Adyacencia

$$\text{Puntaje de adyacencia} = z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij} x_{ij}$$

Ecuación 7. Eficiencia Relativa

$$Eficiencia\ Relativa = \frac{Puntaje\ de\ adyacencia}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij}} x 100$$

Donde $x=1$ si los departamentos son adyacentes o de lo contrario $x=0$. Además, f es el puntaje según la tabla de relaciones.

Así, se analiza cualitativamente según el criterio de adyacencia el layout que se plantea, sin embargo, no es el único criterio que debe tenerse en cuenta ya que mover la disposición de los departamentos puede implicar altos costos y paro de las producción, por lo cual debe planearse adecuadamente como se haría la programación para ir paulatinamente logrando ese nuevo layout.

Recientes estudios han tratado de mejorar la forma de medir la cercanía o adyacencia entre departamentos²⁵. Se dice que adicional al puntaje de adyacencia entre departamentos, se debe considerar la adyacencia intradepartamental, es decir aquella entre las entidades existentes dentro de un departamento o área.

Efecto de la distribución sobre el tiempo del proceso

Es importante reconocer que los diferentes layouts pueden generar un impacto en el tiempo total del proceso ya sea por distancias, por la maquinaria, entre otros. Por consiguiente se deben analizar en el momento de realizar las propuestas el efecto que tienen sobre el tiempo del proceso contra por ejemplo los costos de implementar cada distribución.

8.1.2.2 Flujo de materiales

Pasillos

Se debe tener en cuenta los pasillos como un soporte al flujo de materiales y personal entre los departamentos o áreas funcionales. Para que los pasillos sean adecuados estos deben cumplir con los siguientes objetivos:

1. Servir a las áreas adyacentes a los pasillos.
2. Manejar el tráfico sin desperdiciar espacio.

²⁵ Ibid., p. 194.

3. Conducir a las áreas donde se requiere acceso.
4. Proveer rutas alternativas a las áreas.
5. Evitar congestión o esquinas ciegas.
6. Tener las regulaciones necesarias para pasillos y áreas de trabajo, y los requerimientos según los equipos empleados.

Además, con el layout se puede evaluar otros aspectos como el área servida por los pasillos midiendo el total de esta área sobre la longitud o espacio que ocupa todo el sistema de pasillos para analizar su eficiencia. También la facilidad de acceso para la cual se debe tener en cuenta que exista un canal conectando cada par de departamentos, que ningún departamento sea mucho más grande que otros y que su forma no sea muy larga o delgada. Se deben considerar las rutas alternas y que las intersecciones sean en forma de cruz para aumentar el acceso o de 3 pasillos para disminuir el tráfico. No se deben tener muchas intersecciones y los pasillos deben ser rectos.

Densidad de Volumen (Distancia y tiempo)

Este criterio debe entenderse como la estimación de la densidad de movimientos de material a través de los departamentos necesarios para alcanzar los requerimientos de producción. Estos movimientos incluyen de material, componentes y producto terminado, de información y de personal. Esta densidad se puede representar de dos formas. Primero como el volumen de material transportado por los pasillos que sería:

Ecuación 8. Densidad del Volumen por material transportado

$$\sum \textit{distancia recorrida} \times \textit{volumen de material transportado}$$

Segundo como el tiempo que se dedica al movimiento de materiales ya que se debe buscar un rápido desplazamiento incluyendo la recogida y dejada del producto así:

Ecuación 9. Densidad del Volumen por tiempo recorrido de materiales

$$\sum \textit{tiempo de recorrido entre departamentos} + \textit{tiempo de recogido} \\ + \textit{tiempo de dejada en su ubicación correspondiente}$$

Esta última medida es preferible tenerla en cuenta al desarrollar el layout y evaluarlo, ya que con el tiempo si se asume una velocidad promedio se puede determinar la distancia recorrida y el volumen transportado si se estandariza una capacidad de carga, por lo que la primera medida podría calcularse con la segunda. Además, el tener en cuenta la recogida y dejada del material se

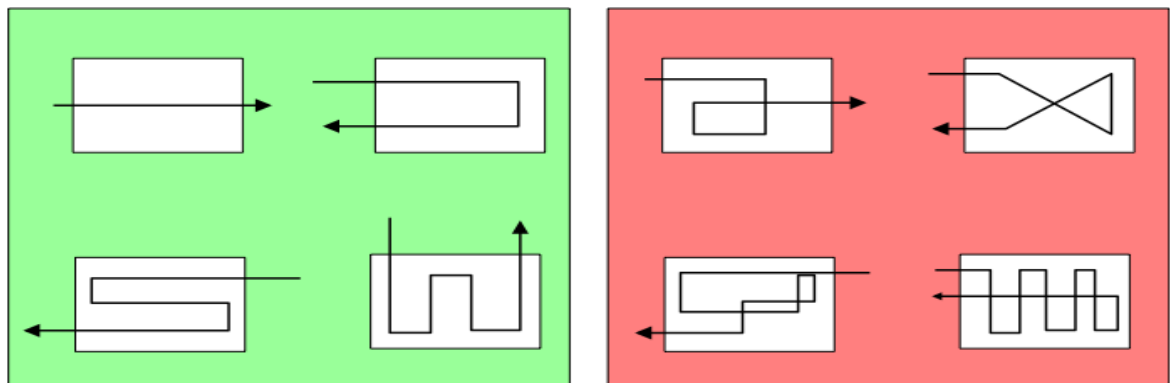
aproxima más a la realidad y es más fácil incluir el tiempo que los equipos de transporte viajan vacíos.

Es importante resaltar que la distancia es un criterio crucial que se debe considerar al realizar una redistribución ya que se debe buscar minimizar la existente o el tiempo de recorrido al aumentar la velocidad.

Patrones de Flujo

Considerar que los flujos deben ser rectos en lo posible, no cruzarse y es ideal que no tengan contraflujos. A continuación se muestra un ejemplo en el cuadrado verde de los flujos ideales y en el rojo de lo que se debe evitar.

Figura 5. Flujos



Fuente: RIVERA, Leonardo. Facility Layout 2: Basic Data and Layout Evaluation [diapositivas]. Cali, Colombia: Universidad Icesi, 2011. 19 diapositivas

Cuellos de Botella

Los cuellos de botella limitan la capacidad del sistema productivos a su propia capacidad. Por lo que muchos proyectos de aumento de capacidad pueden enfocarse en los cuellos de botella y surgir por la necesidad de elevar la restricción que tiene el sistema. Por lo que para el nuevo layout se deben considerar en el layout actual los cuellos de botella en la producción que afectan los flujos en la distribución, analizar cómo se pueden aprovechar mejor todos los recursos, establecer las prioridades que se van a atacar en el nuevo layout y elevar las restricciones actuales generando diferentes posibilidades.

Inventario de Producto en Proceso

Este factor puede indicar el nivel de congestión en los flujos del sistema. Por consiguiente se debe tener en cuenta para analizar una nueva distribución y determinar que la que menor WIP tenga significara menos costos.

8.1.2.3 Robustez y flexibilidad

Cuando se dice que una instalación es robusta, se interpreta que ésta se comporta bien sobre una variedad de escenarios o resultados. Por otro lado, si una instalación es flexible, se entiende que puede adaptarse y responder rápidamente a ciertos cambios e incertidumbres, sin que se afecte notablemente su desempeño, y con pocas penalidades en cuanto a tiempo, costo y esfuerzo²⁶. Ambos términos tienen que ver con la habilidad de los layouts para responder a los requerimientos de los clientes y a mezclas de productos actuales y futuras; en el primer caso el diseño permite responder a los cambios sin modificaciones en el sistema, y en el segundo caso la respuesta involucra modificaciones leves que no representan unos costos tan elevados.

A. Robustez de la capacidad del equipo

La facilidad de los equipos de producción y de manejo de materiales para ajustarse a cambios futuros y satisfacer diferentes requerimientos de capacidad. Sin embargo existe la restricción de que normalmente primero se establece el diseño de las instalaciones y luego se decide sobre el sistema de manejo de materiales y los equipos. Por ello se restringen las alternativas de sistemas de manejo de materiales. Dentro de esta categoría se tiene 3 aspectos que deben resaltarse.

Estandarización del equipo de manejo de materiales

Tiene que ver con la variedad del equipo de manejo de materiales utilizado. Es preferible utilizar menos tipos de equipos, que utilizar unos que sean muy especializados por funciones.

Suficiencia del equipo de manejo de materiales

El criterio anterior y éste suelen ser contradictorios. Sin embargo la idea es lograr un balance. En este caso, se refiere en primera instancia a los accesorios, acoplamiento y coordinación requeridos por el equipo de manejo de materiales para funcionar apropiadamente. En segunda instancia, tiene en cuenta que diferentes tipos de equipos se necesitan para cumplir con diferentes tipos de acciones o actividades dentro del proceso productivo.

²⁶BENJAAFAR, Saifallah; HERAGU, Sunderesh S. e IRANI, Shahrukh A. Next Generation Factory Layouts: Research Challenges and Recent Progress. En: Interfaces, 2002, Vol.32, no.6, p.58-76.

Utilización del equipo de manejo de materiales

Una tasa baja de utilización es señal de desperdicio de la inversión. Pero una utilización muy elevada puede indicar la tendencia hacia un cuello de botella o falta de capacidad. Puede decirse que una forma de alcanzar una buena utilización es seleccionar equipos que se utilicen para múltiples propósitos.

B. Flexibilidad en el volumen

Incluye la facilidad para modificar el sistema frente a variaciones en el volumen de la demanda.

C. Flexibilidad de expansión

Se refiere a la facilidad de ampliar el espacio del edificio, o de agregar entidades o áreas cercanas al área actual. Incluye la disponibilidad de espacio libre, que depende de la concentración de espacio libre y del área total del espacio libre. La concentración de espacio libre se refiere a si hay muchos espacios libres dispersos o pocos espacios libres que abarcan la mayoría del área libre; dos factores que se utilizan para describirla son el número de ubicaciones libres con área utilizable y el número de ubicaciones libres con un buen factor de forma (shape factor).

D. Flexibilidad en las rutas de los productos

Habilidad para producir una parte o producto por rutas diferentes o alternativas a través del sistema. Depende del número de rutas alternativas para los productos y la accesibilidad a las mismas.

8.1.3 Entorno

8.1.3.1 Alrededores

Topografía y Topología

Las condiciones del lugar natural y la construcción existente son vitales para el layout debido a que restringen o implican elevar los costos dependiendo de lo que se desee hacer. Además, sino hay espacio puede ser necesaria la compra de un lote o que sea imposible expandirse. Los alrededores son muy importantes considerarlos porque el layout debe tener en cuenta el acceso de los equipos externos para abastecer la planta y despachar el producto terminado como los accesos de los camiones y el patrón de circulación y en general los equipos y métodos de manejo de materiales externos.

Entorno de la comunidad

Hay que considerar que la planta está ubicada en un entorno que puede comprender una comunidad cercana o ser parte de la ciudad, por lo que existen unas regulaciones que deben cumplirse y hoy en día es de vital importancia reducir la contaminación y cumplir los requerimientos de la CVC y otras instituciones. Por lo que se debe considerar el impacto de la congestión del tráfico y el ruido producido por un cambio que represente un cambio externo por ejemplo en el acceso de las tracto mulas. También tener un manejo de los desperdicios y control de contaminación según las normas y que la apariencia externa o visible de la planta sea acorde a la comunidad circundante.

Referencias de proyectos similares en el entorno

Por otra parte en la comunidad industrial aledaña se pueden encontrar buenas referencias sobre la distribución de planta determinada por los años de experiencia de las empresas que pueden emplearse como referencia para evaluar o determinar el layout.

Integración con otras plantas

Además, los proyectos de redistribución pueden ser generados por la unión de dos compañías lo que puede implicar un proceso de integración. Por lo cual es importante identificar los requerimientos de ésta nueva relación que afectan la disposición de la distribución en equipos de MHE, maquinaria, entre otros.

8.1.3.2 Calidad el entorno

Seguridad Industrial

Dentro de los aspectos que afectan una alternativa de distribución de planta y que se relacionan con la seguridad del trabajador se encuentran los cruces o puntos de encuentro del personal y los vehículos, los puntos de comunicación o interfaces entre los humanos y los equipos, la maquinaria y los materiales, y la señalización. A la hora de realizar una redistribución de planta se debe hacer una revisión del historial de los accidentes del personal dentro del edificio, con el fin de revisar si todavía existen aspectos que no se han cubierto o no se han corregido y que sirven para reducir la probabilidad de ocurrencia de accidentes de trabajo.

Conformidad de los trabajadores

Tiene que ver con la provisión de ciertos servicios y áreas al personal como son los comedores, baños, roperos e incluso la enfermería. Adicionalmente involucra la calidad del lugar de trabajo brindada a los trabajadores. Se deben analizar

condiciones de ruido, ventilación y calentamiento, iluminación, exposición a materiales nocivos, ergonomía y acceso a minusválidos.

Seguridad de la propiedad

Incluye básicamente dos aspectos. En primer lugar, la protección interna para áreas que puedan ser peligrosas o representar un riesgo, y protección contra robos internos, y en segunda instancia, precaución hacia factores robos por fuera del edificio.

Acceso para mantenimiento

Está relacionado con el costo de mantenimiento y busca dejar el espacio requerido en las alternativas de diseño de planta para ubicar y realizar las actividades de mantenimiento, e impedir un alto costo de mantenimiento por no contar con las zonas apropiadas para ello. Está en función de la compatibilidad de la construcción del edificio, los servicios asociados y los equipos, y de la complejidad del equipo de manejo de materiales, los vehículos y la maquinaria de producción.

Hasta el momento se ha identificado una gran cantidad de factores que se deben tener en cuenta para planear una redistribución de planta. Sin embargo se buscó establecer aquellos que tengan una mayor importancia o impacto y que correspondan a factores críticos. Se considera que la importancia de los criterios y su aplicación a las redistribuciones de planta depende del tipo de proyecto que se quiera realizar. Dentro de uno de los objetivos que se establecieron (objetivo #4) se exploró la posibilidad de definir unas categorías de redistribución de planta. Dichas clases de proyectos de redistribución de planta se establecieron con base en las diferentes necesidades por las que pueden surgir los proyectos, y que hacen que éstos tengan unos objetivos diferenciados. Dependiendo de estas categorías se determinaron qué factores son los más sobresalientes. En la tabla 10, se presentan los factores importantes para cada tipo de proyecto de redistribución de planta.

8.2 OBJETIVO 2: DISEÑAR UNA GUÍA METODOLÓGICA TEÓRICA QUE RECOJA LAS ETAPAS QUE DEBE SEGUIR UN PROYECTO DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y QUE IDENTIFIQUE ELEMENTOS ESENCIALES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA SEGÚN LA INVESTIGACIÓN Y LA GUÍA PMBOK.

8.2.1 Determinación de los procesos de la guía teórica

Como punto de partida para desarrollar la guía para la realización de proyectos de redistribución de planta se tuvo en cuenta los procesos, entradas, salidas y

técnicas para la dirección de proyectos que plantea la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos. En primera instancia se identificaron cuáles de los procesos de dicha guía podían tener aplicación e importancia dentro de los proyectos de redistribución de planta. A continuación se presentan los procesos de la guía PMBOK y aquellos que se identificaron como candidatos para la guía de redistribución de planta se encuentran subrayados.

Tabla 4. Procesos del PMBOK candidatos para la Guía Metodológica

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Grupo del Proceso de Iniciación	Grupo del Proceso de Planificación	Grupo del Proceso de Ejecución	Grupo del Proceso de Seguimiento y Control	Grupo del Proceso de Cierre
Gestión de la Integración del Proyecto	-Desarrollar Acta de Constitución del Proyecto	-Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	-Dirigir y Gestionar la Ejecución del Proyecto	-Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto -Realizar el Control Integrado de Cambios	-Cerrar Proyecto o Fase
Gestión del Alcance del Proyecto		-Recopilar Requisitos -Definir el Alcance -Crear la EDT		-Verificar el Alcance -Controlar el Alcance	
Gestión del Tiempo del Proyecto		-Definir las Actividades -Secuenciar las Actividades -Estimar los Recursos de las Actividades -Estimar la Duración de las Actividades -Desarrollar el Cronograma		-Controlar el Cronograma	
Gestión de los Costos del Proyecto		-Estimar los Costos -Determinar el presupuesto		-Controlar los costos	
Gestión de la Calidad del Proyecto		-Planificar la Calidad	-Realizar el Aseguramiento de Calidad	-Realizar el Control de Calidad	
Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto		-Desarrollar el Plan de Recursos Humanos	-Adquirir el Equipo del proyecto -Desarrollar el Equipo del Proyecto -Dirigir el		

			equipo del Proyecto		
Gestión de las Comunicaciones del Proyecto	-Identificar a los interesados	-Planificar las Comunicaciones	-Distribuir la información -Gestionar la expectativas de los interesados	-Informar el desempeño	
Gestión de los Riesgos del Proyecto		-Planificar la Gestión de Riesgos -Identificar los Riesgos -Realizar el Análisis Cualitativo de los Riesgos -Realizar el Análisis Cuantitativo de los Riesgos -Planificar la Respuesta de los Riesgos		-Monitorear y Controlar los Riesgos	
Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		-Planificar las Adquisiciones	-Efectuar las Adquisiciones	-Administrar las Adquisiciones	-Cerrar las Compras

Fuente: PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía para los fundamentos de la dirección de proyectos. 4 ed. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, 2008.

Luego se empezó a establecer qué aspectos de distribución y redistribución de planta existente en la teoría se podían agregar a cada uno de los procesos seleccionados. Por otro lado se descubrió que muchos de los procesos podían fusionarse con otros y así simplificar la estructura y secuencia de la guía. En general, la guía se organizó en cuatro fases que corresponden a:

- Un grupo de procesos de iniciación y planeación.
- Un grupo de procesos de adaptación de la planeación.
- Un grupo de procesos de ejecución, que lleva paralelo a él, un grupo de procesos de control.
- Un proceso de cierre del proyecto.

De cada una de las fases anteriores surge un entregable. Éstos entregables son respectivamente:

- Caso de negocio, que incluye las consideraciones iniciales del proyecto de redistribución de planta, en cuanto a necesidad principal que busca satisfacer, requisitos, nuevo diseño de planta conceptual, actividades

principales, cronograma tentativo, recursos necesarios, posibles riesgos, determinación del equipo del proyecto y recursos humanos adicionales, establecimiento de las formas de comunicación, cómo se va a controlar la calidad del diseño, y finalmente un presupuesto inicial.

- Entregable de adaptación, mediante la que se establece el nuevo diseño de planta básico y detallado, y se hacen las modificaciones pertinentes al cronograma, al presupuesto y al plan de recursos humanos.
- Entregable de ejecución y control, en el que se documentan las actividades realizadas y los cambios que se direccionaron a través de los procesos de control.
- Entregable del cierre, mediante el que se formaliza que la implementación y arranque del nuevo diseño de planta se produjo correctamente.

8.2.2 Guía teórica para la realización de proyectos de redistribución de planta

A continuación se presenta la guía metodológica teórica, iniciando con un checklist que permitirá determinar que tipo de proyecto de redistribución requiere la planta.

CHECKLIST PARA EVIDENCIAR LA NECESIDAD DE REDISTRIBUIR SU PLANTA

A continuación se encuentra un listado de algunas situaciones que podrían evidenciar que es hora de modificar la distribución de planta. Debe marcar las que considere se presentan en su lugar de trabajo y posteriormente en el proceso de recopilación de requisitos de la fase inicial de la guía se profundizará sobre el análisis de los resultados.

Tabla 5. Checklist para evidenciar la necesidad de redistribuir una planta

SITUACIONES	SE EVIDENCIA:		POSIBLE IMPACTO NEGATIVO EN EL CLIENTE:		
	SI	NO	ALTO	MEDIO	BAJO
	Rápido crecimiento en la demanda de alguno de sus productos				
Modificaciones en las mezclas de productos					
Incorporación de nuevos productos					
Incorporación de nueva maquinaria					

Automatización de la planta					
Requiere mayores áreas o espacios					
Requiere variar las áreas asignadas a cada departamento					
Tiene una capacidad de respuesta baja ante el cliente					
Tiene altos tiempos de ciclo					
Tiene desplazamientos largos					
Existen flujos cruzados en la planta que hacen perder tiempo					
Existen obstáculos en las zonas de desplazamiento					
Se presenta congestión en las rutas de desplazamiento					
Tiene altos costos de manejo de materiales					
Incorporación de equipos de manejo de materiales					
Baja flexibilidad del diseño (no se pueden realizar cambios fácilmente)					
Tránsito de personal ajeno a las áreas					
Accidentes laborales, falta de ergonomía para el trabajador y malestar del mismo según los indicadores del área de Salud Ocupacional.					
Dificultad para controlar los procesos					
Acumulación de producto en proceso a lo largo del proceso productivo lo que evidencia cuellos de botella					
Deficiente utilización del espacio					
Incorporación de nuevas normativas de seguridad industrial, medio ambiente, buenas prácticas de manufactura, etc.					
Considera que existe maquinaria y personal ocioso en planta					
Contaminación de los materiales, productos en proceso y productos terminados (referirse al área de calidad)					
Adaptación de las instalaciones a filosofías de gestión, estrategias, o técnicas de la ingeniería industrial como lean manufacturing.					

Fusiones con otras empresas, o con proveedores, y conexión de sus respectivas instalaciones.					
--	--	--	--	--	--

Fuente: Los Autores

INTRODUCCIÓN

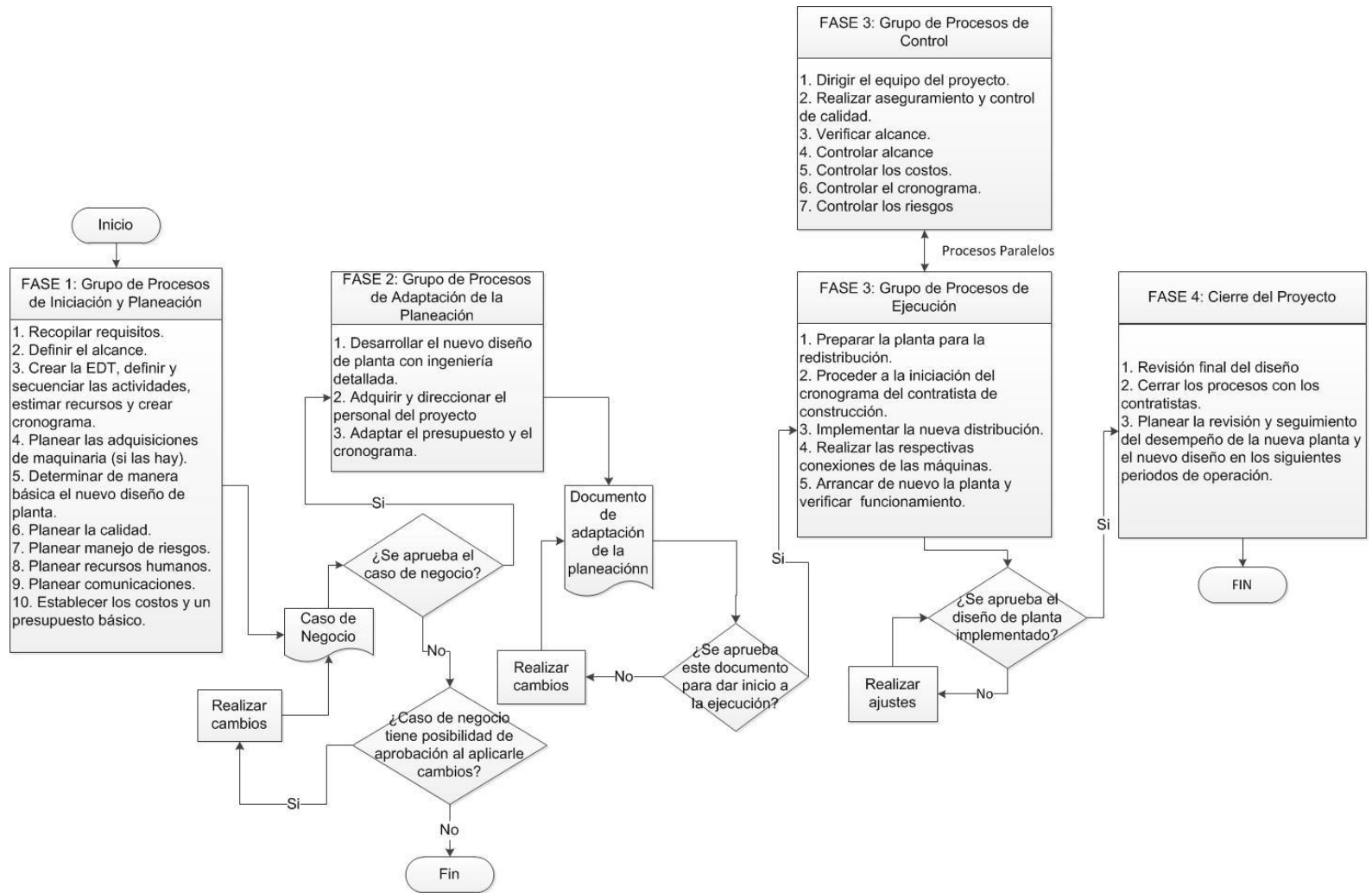
Los proyectos de redistribución son muy comunes en la industria, debido a los constantes cambios que surgen en los entornos industriales. Por ello se realizó la siguiente guía para desarrollar proyectos de redistribución. Ésta se basa en la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Project Management Body of Knowledge o PMBOK), en los resultados de una investigación sobre la teoría existente en el tema de redistribución de planta, y sobre las prácticas que han seguido empresas grandes de la región cuando han llevado a cabo este tipo de proyectos. La guía está conformada por cuatro fases principales que corresponden al Grupo de Procesos de Iniciación y Planeación, el Grupo de Procesos de Adaptación de la Planeación, el Grupo de Procesos de Ejecución, apoyado paralelamente en el tiempo por el Grupo de Procesos de Control, y el Grupo de Procesos de Cierre. De estas fases se generan los siguientes entregables, respectivamente:

- Iniciación y Planeación: comprende los procesos de planeación requeridos para la aprobación del proyecto. Surge el entregable caso de negocio que involucra todos los procesos que se deben considerar para desarrollar la propuesta del proyecto de redistribución de planta, que será evaluada por los encargados en la empresa de su aprobación. Estos procesos se caracterizan por una ingeniería conceptual que sirve para identificar la viabilidad técnica y económica del proyecto.
- Adaptación: surge de un proceso de planeación más detallado, una vez el proyecto ha sido aprobado. En esta fase, la ingeniería conceptual, desarrollada en la fase anterior, marca la pauta para poder aplicar una ingeniería básica. Se toman como entrada todos los requerimientos de los interesados, las especificaciones básicas, el cronograma de realización y la valoración económica. Durante estos procesos se desarrolla la ingeniería detallada del diseño, se adaptan las actividades de ejecución, el cronograma y el presupuesto. Con la aprobación de lo anterior, se pasa a la ejecución del proyecto.
- Ejecución y Control de la Implementación del Diseño: consiste en todos los procesos para la implementación del proyecto de redistribución, específicamente las actividades de ampliación/modificación de instalaciones, de reorganización de la maquinaria y departamentos, y el control de éstas. Los documentos que surgen generalmente son para la aprobación de los entregables de las fases.

- Cierre del Proyecto: implica la revisión de todos los entregables de la implementación del proyecto después de finalizar todas las actividades del cronograma y su verificación con el resultado de la distribución de la planta.

El esquema general de la guía se muestra en la figura 6. A continuación se describirán las fases y sus procesos.

Figura 6. Esquema de la Guía para la Realización de un Proyecto de Redistribución de Planta



Fuente: Los Autores

1. FASE I: GRUPO DE PROCESOS DE INICIACIÓN Y PLANEACIÓN

Los impulsores del proyecto deben crear un documento que autoriza formalmente el proyecto y establecer los requisitos iniciales que satisfacen las necesidades y expectativas de los interesados para su posterior aprobación por las personas de la empresa encargadas de la aprobación del proyecto, que generalmente en las empresas grandes debe ser la junta directiva. Está alimentado por las salidas de los diez procesos posteriormente explícitos, y como resultado se obtiene el caso de negocio, para que el proyecto pueda ser evaluado para su aprobación.

Entradas

- Tener en cuenta formatos o plantillas de actas de proyectos desarrollados anteriormente dentro de la organización.
- Departamento o persona encargada de la aprobación del proyecto.
- Analizar posibles criterios que influirán en la decisión de dicha persona.
- Organigrama de la empresa.
- Salidas de los procesos de planeación: requisitos, alcance, layout inicial y relayout, cronograma básico, presupuesto inicial, riesgos y estructura de gobierno, entre otros.

Salidas

- Resumen Ejecutivo
- Especificar la necesidad que impulsó el proyecto y el objetivo final de éste.
- Justificar cómo el proyecto soporta las metas estratégicas de la empresa.
- Análisis de diferentes opciones y sus consecuencias, entre las cuales puede estar continuar el negocio sin realizar el proyecto, hacer lo mínimo y hacer algo significativo.
- Establecer que áreas de la empresa participarán en la planeación, ejecución y control del proyecto. Identificar qué personas exactamente conformarán el equipo de trabajo del proyecto. Es importante que haya personas de diferentes áreas involucradas en el proyecto, ya que en una redistribución de planta se mezclan intereses de diferente índole como de planta, gerencia, finanzas, calidad e ingeniería.
- Presentar un Enunciado del Trabajo del Proyecto: descripción narrativa de los resultados que entregará el mismo. En un proyecto de redistribución de planta el entregable final consiste en el nuevo diseño de planta ya implementado dentro de las instalaciones de acuerdo con los requisitos establecidos.
- Considerar los beneficios y definir en qué cantidad se lograrán cumplir con las expectativas del proyecto ya sean financieros o no, deben ser medibles y tener un responsable asignado.
- Considerar los aspectos negativos o perjudiciales de desarrollar el proyecto de redistribución y como se podrían mitigar.
- Presentar un presupuesto que será sometido a revisiones en el proceso posterior a la aprobación, cuando se realice una ingeniería básica y detallada.

- Realizar un análisis que evidencie el periodo en el que se incurrirá en los costos, el período en el que se basará el análisis costo-beneficio, la fecha factible más próxima de inicio y de terminación del proyecto.
- Exponer el conjunto de riesgos que pueden aumentar o disminuir los beneficios y los costos del proyecto. Consiste en un resumen de los riesgos donde se destaquen los principales riesgos que tendrían efecto en los beneficios y objetivos del proyecto.

Para obtener el Caso de Negocio se sugiere seguir los siguientes procesos.

A. Recopilar Requisitos

Los requisitos incluyen las necesidades, deseos y expectativas cuantificadas y documentadas de los interesados que pueden ser del área de mercadeo, ventas, finanzas, producción, calidad, entre otros. Estos requisitos deben recopilarse, analizarse y registrarse con un nivel de detalle suficiente, que permita medirlos una vez que se inicia el proyecto. Los requisitos de un proyecto pueden incluir los requisitos establecidos por la empresa para cualquier tipo de proyecto como por ejemplo: los de dirección de proyectos, de entrega del proyecto, entre otros.

Las necesidades por las que surge el proyecto generalmente definen los requisitos que deben considerarse dentro de la empresa. Entre las necesidades que pueden impulsar un proyecto de redistribución de planta se tienen en cuenta las que evaluó para su planta en el checklist inicial.

Es muy importante en el proceso de recopilar los requisitos del proyecto conocer el registro de todos los interesados y la necesidad por la cual surge el proyecto. Esto muestra que al determinar los requisitos y tenerlos claros se facilita el cumplimiento de los objetivos porque todo el trabajo se debe enfocar en éstos.

Hay diferentes tipos de herramientas que se pueden emplear para recopilar los requisitos de todos los interesados. Las personas involucradas con la dirección del proyecto deben acercarse a los interesados de las diferentes áreas o departamentos involucrados, los altos ejecutivos y tener en cuenta las normativas de la empresa, para realizar entrevistas, observaciones, reuniones multidisciplinarias o talleres facilitadores multidisciplinarios con ellos.

Al emplear estas herramientas se recopila información necesaria para continuar con la planeación del proyecto de redistribución. Específicamente para este tipo de proyectos es importante conocer los requisitos de las áreas que se verán afectadas en la planta. Es decir, las áreas afectadas directamente por la nueva disposición o cambios que se desean realizar y los indirectos como por ejemplo calidad, producción, planta, finanzas e ingeniería que deben expresar todos los requerimientos de las área y sus respectivos requisitos.

Por último en la recopilación de requisitos se debe determinar un plan para gestionar los requisitos a lo largo del proyecto, específicamente como se van a medir y analizar. Esto se puede hacer al generar una *matriz de rastreabilidad* de requisitos, que es una tabla que vincula los requisitos con su origen y los monitorea a lo largo del ciclo de vida del proyecto. En la matriz de rastreabilidad de requisitos pueden registrarse los atributos asociados con cada requisito. Los atributos que se utilizan habitualmente en la matriz pueden incluir: un código o identificador único para diferenciar el requisito si se tiene un sistema de información, una descripción textual del requisito, el fundamento de su incorporación, el responsable, la fuente, la prioridad, el estado actual y la fecha de término.

B. Definir el Alcance

Generalmente éste lo definen los interesados claves o el director del proyecto analizando qué debe incluirse y excluirse del proyecto para definir los límites. Se elabora a partir de las necesidades, requisitos, supuestos, restricciones que se han documentado y del impacto de las necesidades que se marcaron en el checklist.

La declaración del alcance del proyecto puede contener, entre otras cosas:

- Una descripción del alcance del nuevo layout
- Las exclusiones del proyecto
- Las restricciones del proyecto
- Los supuestos del proyecto
- Los beneficios a corto, medio y largo plazo y definir en qué cantidad se van a lograr cumplir.

En el alcance del nuevo layout se debe determinar de acuerdo a las necesidades por las que surge el proyecto que modificaciones incluye y estas ampliamente que afectan e implican. Las exclusiones del proyecto son aquellas cualidades o aspectos de la distribución de planta que no se van a tocar o a modificar que deben tenerse en cuenta para que en el cierre del proyecto se garantice que todo lo que se planeo hacer se entregue y se identifique si se realizaron modificaciones adicionales.

En cuanto a las restricciones de un proyecto de redistribución de planta, las más comunes consisten en:

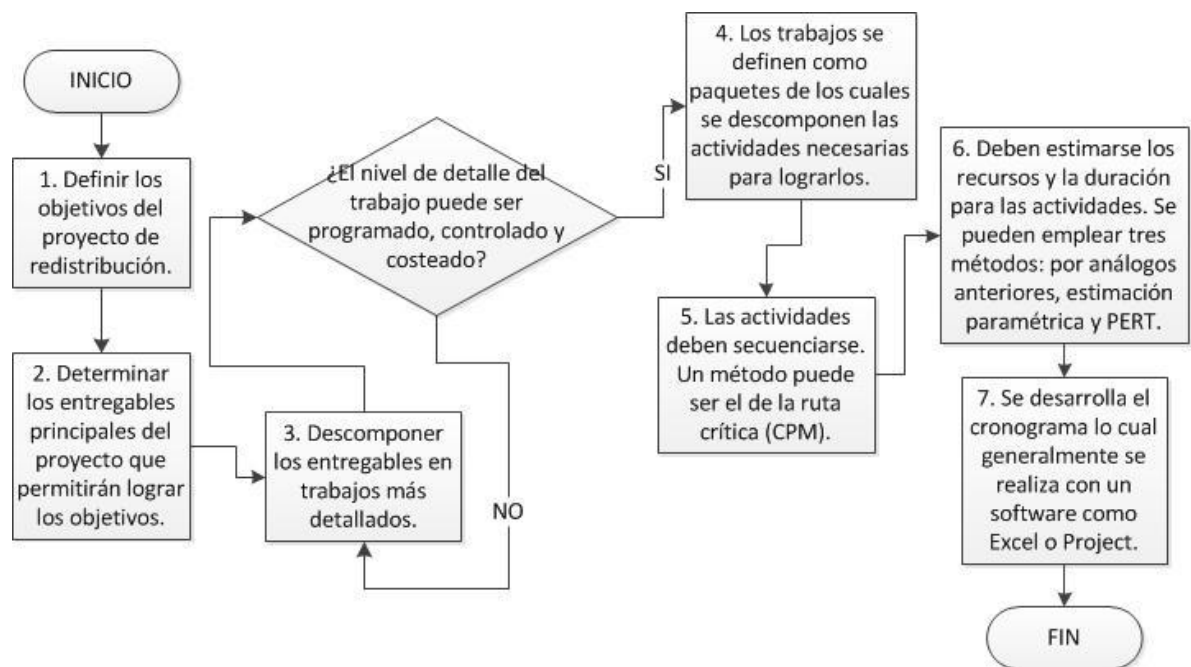
- Presupuesto financiero de la empresa
- Tiempo para recuperar la inversión
- Infraestructura actual de la planta

- Inflexibilidad para expansión
- Maquinaria disponible
- Personal capacitado y áreas de la empresa disponibles
- Calidad asociada a los procesos y al producto
- Proveedores y su calidad

C. Desarrollar el Cronograma.

Para desarrollar el cronograma debe realizarse el proceso que se presenta en la figura 7.

Figura 7. Diagrama para Desarrollar el Cronograma



Fuente: Los Autores

Como se observa en la figura lo primero que se determina es la estructura de desglose del trabajo (EDT), que consiste en realizar los primeros tres pasos. Ésta es una descomposición jerárquica basada en los entregables principales del trabajo que debe ejecutar el equipo del proyecto, para lograr los objetivos del mismo y crear los entregables requeridos, con cada nivel descendente de la EDT representando una definición cada vez más detallada del trabajo del proyecto. El trabajo planificado está contenido en el nivel más bajo de los componentes de la EDT, denominados paquetes de trabajo que pueden ser programados, monitoreados, controlados, y su costo puede ser estimado.

El software para la gestión de proyectos puede ser muy útil para desarrollar una EDT y en general este proceso hasta que se desarrolla el cronograma. El más empleado es *Microsoft Project*, que es un software que se basa en la utilización del Método de la Ruta Crítica, mediante un gráfico a través del cual el usuario va ingresando información sobre las tareas a realizar en su proyecto.

Luego de tener la EDT, se determinan las actividades necesarias según los paquetes de trabajo que es el cuarto paso. Muchas veces no se determinan todas las actividades detalladas en la iniciación del proyecto sino que se puede realizar una planificación gradual, ya que al realizar subcontrataciones después de aprobado el proyecto es que se realiza una ingeniería de detalle.

Además, si ya se han realizado proyectos similares es muy útil contar con una plantilla o modelo de éste para tener una lista de actividades estándar o una parte de una lista de un proyecto previo, que pueda utilizarse como plantilla para un nuevo proyecto. Como resultado se obtiene la lista de actividades basadas en un análisis de ingeniería conceptual que posteriormente después de aprobado el proyecto serán detalladas. Cada una de ellas, incluye un identificador y una descripción del alcance del trabajo, con el nivel de detalle suficiente para que los miembros del equipo del proyecto comprendan el trabajo que deben realizar. Los atributos de la actividad amplían la descripción de la actividad, identificando los múltiples componentes relacionados con cada una de ellas y estas relaciones se emplearán para los procesos posteriores. Además, se deben identificar las actividades que son hitos, es decir, un punto o evento significativo dentro del proyecto como por ejemplo los entregables

A continuación se presenta una propuesta de las actividades (*de Ingeniería Conceptual*) más comunes en un proyecto de redistribución con adquisición de maquinaria y expansión.

Actividades dentro de la planeación

1. Planear las adquisiciones de maquinaria, si es necesario.
2. Establecer el bosquejo conceptual de la distribución de acuerdo con la necesidad que impulsa el proyecto de redistribución de planta. Generalmente se realizan reuniones multidisciplinarias con las diferentes áreas involucradas, para que las necesidades e intereses de las mismas se tomen en consideración.
3. El equipo del proyecto en conjunto con las áreas interesadas deben planear la calidad, los riesgos, los recursos humanos y las comunicaciones. Se debe establecer cómo se va a manejar la calidad de la distribución de planta y cómo se va a verificar la misma, cuáles son

los riesgos más probables, cómo hacer frente a los mismos y cómo será la comunicación entre los interesados.

4. Con todos los aspectos anteriores de la planeación, se establecen los costos y un presupuesto básico del proyecto.

Actividades dentro de la ejecución

1. Preparar la planta para el proceso de redistribución.
2. Se procede a la iniciación del cronograma del contratista de construcción que realizará el levantamiento o modificación de la infraestructura.
3. Una vez se finalizan las actividades de construcción se procede a organizar la distribución.
4. Realizar las respectivas conexiones de las máquinas, con el soporte de los técnicos que asesoran a la empresa y asegurar su correcto funcionamiento.

Al tener la lista de actividades estas se deben secuenciar, quinto paso, al analizar las interrelaciones dentro del proyecto y las dependencias. Cada actividad e hito, a excepción del primero y del último, se conecta con al menos un predecesor y un sucesor. El método de diagramación por precedencia (PDM) es utilizado en el método de la ruta crítica (CPM) para crear un diagrama de red del cronograma del proyecto. Puede ser necesario incluir adelantos o retrasos entre las actividades para poder sustentar un cronograma del proyecto realista y viable. Las dependencias que pueden requerir adelantos o retrasos deben ser determinadas por el equipo directivo de trabajo.

Luego el sexto paso consiste en estimar los recursos y la duración de las actividades. Para estimar los recursos se requiere conocer las actividades y el calendario de recursos que consiste en la información sobre los recursos potencialmente disponibles durante la ejecución de las actividades planificadas. En este proceso es necesario contar con los expertos o personas que hayan estado involucradas en proyectos de redistribución de planta para que den una percepción sobre los recursos necesarios.

Además, se debe analizar la complejidad de las actividades y qué se requiere para cada una de éstas. Se pueden tener como referencia, datos de estimación publicados de otras empresas, proyectos, etc. Sin embargo, hay actividades que no pueden estimarse con un grado razonable de confianza, por lo que el trabajo dentro de estas actividades se descompone a un nivel mayor de detalle para estimar las necesidades de recursos después de aprobado el proyecto en la

ingeniería de detalle. Estos estimados se suman luego en un total para cada uno de los recursos de la actividad. Este tipo de estimación es conocida como estimación ascendente.

Al estimar la duración de las actividades lo que requiere que se estime la cantidad de esfuerzo de trabajo requerido y la cantidad de recursos para completar la actividad; esto permite determinar la cantidad de periodos de trabajo necesarios para completar la actividad. Hay diferentes métodos que se pueden emplear, inicialmente se den contar con las personas experimentadas en este tipo de proyectos que saben restricciones de tiempo y percances que tuvieron otros proyectos. Los tres métodos que se sugieren son: estimación análoga basada en datos de proyectos anteriores, estimación paramétrica que emplea una relación estadística y PERT.

El último paso consiste en desarrollar el cronograma, que como lo mencionamos anteriormente el software Microsoft Project puede generarlo al haberlo empleado para los pasos anteriores y que sirve posteriormente para realizar el control. Aunque el cronograma del proyecto puede tener forma de tabla, se presenta más a menudo en forma gráfica, utilizando diagramas de hitos (sólo identifican el inicio o la finalización programada de los principales entregables y las interfaces externas clave), diagramas de barras y diagramas de red del cronograma del proyecto. Además, se genera la línea base del cronograma que es una versión específica del cronograma del proyecto desarrollada a partir del análisis de la red del cronograma. El equipo del proyecto la debe aceptar y aprobar como la línea base del cronograma, con fechas de inicio y fechas de finalización de línea base. Junto con los datos importantes del cronograma que incluyen los hitos del cronograma, las actividades del cronograma, los atributos de las actividades y la documentación de todos los supuestos y restricciones identificados.

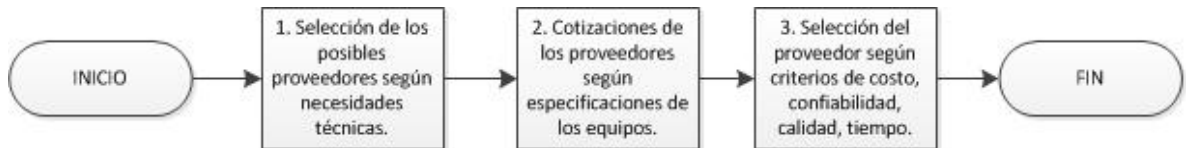
Por último, es importante considerar la compresión del cronograma cuando se ha aprobado el proyecto y se debe tener en cuenta a los subcontratistas, donde se reduce el calendario del proyecto sin modificar el alcance del mismo, para cumplir con las restricciones del cronograma, las fechas impuestas u otros objetivos del cronograma inicial o que desea la compañía por ejemplo por las paradas de planta que ya están planeadas. Las técnicas de compresión del cronograma incluyen:

- *Compresión.* Una técnica de compresión del cronograma en la cual se analizan las concesiones entre costo y cronograma para determinar cómo obtener la mayor compresión con el menor incremento de costo.
- *Ejecución rápida.* Una técnica de compresión del cronograma en la cual las fases o actividades que normalmente se realizarían en forma secuencial, se realizan en paralelo. La ejecución rápida puede dar como resultado un reproceso y un aumento del riesgo.

D. Planear las Adquisiciones

Si el proyecto involucra la compra de maquinaria, se debe iniciar el proceso que se describe en la figura 8, de lo contrario se pasa al siguiente proceso.

Figura 8. Diagrama de la Planeación de las Adquisiciones



Fuente: Los Autores

Las empresas grandes suelen contar con un proveedor fijo si se trata del mismo tipo de maquinaria que tienen en su sistema productivo, con el cual han tenido buenos resultados. Sin embargo, es importante resaltar que a veces es necesario que este proceso se empiece incluso antes de la constitución formal del proyecto, ya que los equipos tienen unas características técnicas específicas que deben satisfacerse para el proceso productivo. También es posible, que algunos equipos sean de origen extranjero, lo que demora los trámites, debido sus altos lead times.

Tener en cuenta que si es posible establecer con el proveedor una fecha deseada para la llegada de la maquinaria, es preferible programar la entrega cuando las instalaciones ya hayan sufrido los cambios de infraestructura necesarios, con el fin de ubicar los nuevos equipos sin tener que realizar un almacenamiento de los mismos y luego su reubicación ya que lo anterior implicaría unos sobrecostos.

E. Determinar Nuevo Layout

En la planeación de un proyecto de redistribución un proceso crítico es determinar el nuevo layout, para lo cual las empresas en la práctica no emplean ningún algoritmo o metodología específica de distribución de planta. Por el contrario, se llevan a cabo reuniones multidisciplinarias con los principales interesados en los cuales se debe generar una disposición inicial o un bosquejo conceptual de la distribución de las instalaciones de acuerdo a los objetivos del proyecto y basada en una ingeniería conceptual, comprensible tanto para los interesados como para los encargados de aprobar el proyecto.

En primera instancia se deben establecer varias alternativas de disposiciones o diseños de planta. Para decidir entre las alternativas de diseño se deben revisar los factores presentados en la Tabla 3, en la Sección 8.1, y seleccionar aquellos que se consideran como más importantes para la situación específica de la

empresa. Con base en éstos, se evalúan las alternativas de rediseño de planta o del nuevo layout mediante las siguientes técnicas:

- Establecer una lista de los aspectos positivos y negativos para cada alternativa. Mediante esta técnica puede ser difícil obtener una evaluación precisa y objetiva.
- Jerarquizar el desempeño de las alternativas de acuerdo al conjunto común de factores críticos seleccionados de la Tabla 3. Tener cuidado porque puede generar una gran cantidad de información, y confundir a la persona que toma la decisión de aceptación.
- Realizar una comparación de las alternativas mediante una ponderación de los factores seleccionados de la Tabla 3. Dar a cada factor una ponderación o importancia según las consideraciones de los interesados (las ponderaciones deben sumar 100%). Luego, para cada alternativa, calificar numéricamente (dentro de una escala determinada, por ejemplo de 1 a 10 o de 1 a 100) cada criterio o factor. Efectuar la sumaproducto de las ponderaciones y las calificaciones, para cada alternativa y así obtener una calificación total. Seleccionar la alternativa con mayor puntaje o desempeño. Esto se puede realizar en una reunión multidisciplinaria con todos los interesados e involucrar a la junta directiva y gerencias, si lo requieren.
- Inclinar por determinar el desempeño económico de cada alternativa para un horizonte de planeación especificado. Tiene la desventaja de que el análisis se inclinaría solo hacia los factores financieros. Para este tipo de evaluación, se puede encontrar una información completa en el trabajo planteado por Cardona y Forero²⁷.

F. Planear la Calidad

El resultado final del proyecto de redistribución de planta consiste en el diseño para el mejoramiento de las instalaciones ya implementado dentro de la misma. Es por ello que la calidad de este tipo de proyectos se mide en cuanto al nuevo diseño de planta.

Algunos ejemplos acerca de cómo planear la calidad son:

- Si se va a realizar un proyecto de rediseño de planta con expansión dentro de la zona urbana, presentar a la Curaduría Municipal los planes que se tengan de construcción, levantamiento de pisos adicionales, entre otros, con el fin de verificar que no violen las normas que aplican para las zonas

²⁷CARDONA, Daniel y FORERO, Juan Diego. Evaluación Económica de Proyectos de Redistribución de Planta. Proyecto de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial. Cali, Colombia: Universidad Icesi. Facultad de Ingeniería. 2012.

urbanas, los establecimientos industriales y comerciales, y que sean avalados por dicha entidad.

- Se debe considerar si es necesario realizar variaciones en la iluminación, puestos de trabajo y establecer nuevas señalizaciones para la seguridad dentro de la planta.
- Si hay actividades de construcción, se debe establecer la menor cantidad de obstáculos posibles como paredes o columnas dentro de la distribución de las instalaciones, con miras a tener una mayor facilidad y flexibilidad para siguientes modificaciones.
- Si se requiere el movimiento de maquinaria se debe planear una consulta con el técnico que conoce acerca del funcionamiento específico de las máquinas, con el fin de que haga las indicaciones pertinentes o esté presente el día en que se planea mover los equipos. Lo anterior debe hacerse con el propósito de reducir la posibilidad de que se presenten desajustes en los equipos y que puedan volver a encenderse normalmente.

El proceso de planear la calidad se logra a través de la recolección de ideas de las diferentes áreas que participan en el proyecto, como calidad, planta, ingeniería o proyectos, y salud ocupacional, con el fin de revisar normatividades sobre el personal, seguridad industrial y el medio ambiente, y adecuar ciertos detalles necesarios en la planta. Adicionalmente se debe verificar cómo y en qué puntos la calidad de los productos puede ser afectada por la redistribución, por ejemplo debido a factores de contaminación, o al arranque de la maquinaria. Una vez identificados estos puntos y factores, se debe determinar cómo se van a corregir.

Las herramientas que se pueden utilizar en este proceso son:

- Diagramas de flujo
Diagramar las actividades que se desarrollarán en la ejecución de la redistribución de planta para identificar posibles problemas que puedan afectar la calidad de la nueva distribución de planta, retrasar el proyecto y aumentar sus costos.
- Listas de control de calidad
Desarrollar listas de control para la ejecución de actividades con el fin de controlar que no se omita algún paso.

G. Manejo de los riesgos

Identificar los riesgos

Al identificar los posibles riesgos de un proyecto de redistribución de planta se debe tener en cuenta que los riesgos tienen 3 componentes primarios:

- Un evento (cambio no deseado)
- Probabilidad de ocurrencia del evento
- Impacto, que es la cantidad apostada o en riesgo

A continuación se presenta una lista de posibles riesgos identificados para proyectos de redistribución de planta.

-Riesgos durante la implementación del diseño

- Riesgo de escoger contratistas para construcción, asesores técnicos o ingenieros poco capacitados.
- Riesgo de accidente de los trabajadores, ingenieros o supervisores de la planta involucrados en el proyecto y de los trabajadores de las empresas contratistas.
- En el caso de un proyecto que requiera construcción:
 - Riesgo de incendios, si se deja acumular basura en el lugar de trabajo.
 - Riesgo de hurto de pequeños equipos, piezas o herramientas propias de la empresa o de los contratistas.

-Riesgos de administración del proyecto

- Pobre planeación en cuanto a tiempo y recursos.
- Calidad del plan del proyecto inadecuada.
- Pobre utilización de las disciplinas de administración de proyectos.
- Desacuerdo entre las partes involucradas.

-Riesgos organizacionales

- Conflicto de recursos con otros proyectos de la organización.
- Resistencia del personal al cambio.

-Riesgos futuros

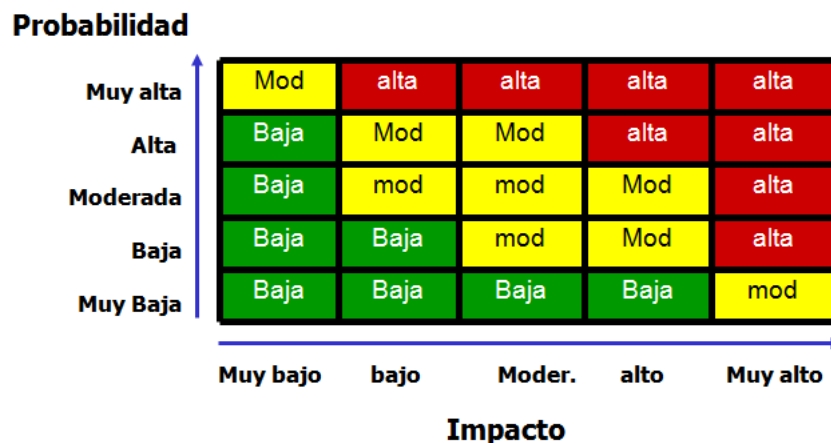
- Alta probabilidad de obsolescencia del diseño, lo que genera la necesidad de otra pronta redistribución. Puede deberse a:
 - Altas variaciones en las cantidades demandadas.

- Introducción de muchos productos nuevo.
- Aparición de nueva tecnología.
- Que el diseño implementado anteriormente no era lo suficientemente flexible o robusto.

Realizar evaluación cualitativa de los riesgos

Consiste en priorizar los riesgos, para que sea más fácil atacar aquellos con mayor probabilidad de ocurrencia y mayor impacto, como se muestra en la figura 9.

Figura 9. Evaluación Cualitativa de los Riesgos



Fuente: BERNALES, Andrea Stefanie y VIZCARRA, Adolfo Emilio. Gestión de una consultora de SI/TI especializada en microfinancieras y pequeñas mineras. [En línea]. 2011. [Citado Junio 14 de 2012]. Disponible en Internet: http://cybertesis.upc.edu.pe/upc/2011/bernales_za/html/sdx/bernales_za-TH.5.html

Realizar evaluación cuantitativa del riesgo

Para realizar una evaluación cuantitativa del riesgo se deben tener en cuenta los siguientes elementos:

- La probabilidad de que ocurra la falla (P0)
- La exposición al riesgo o al evento iniciador (E)
- La probabilidad que la falla sea detectada oportunamente para minimizar el impacto (PD).
- La magnitud del impacto si ocurre la falla (MF)

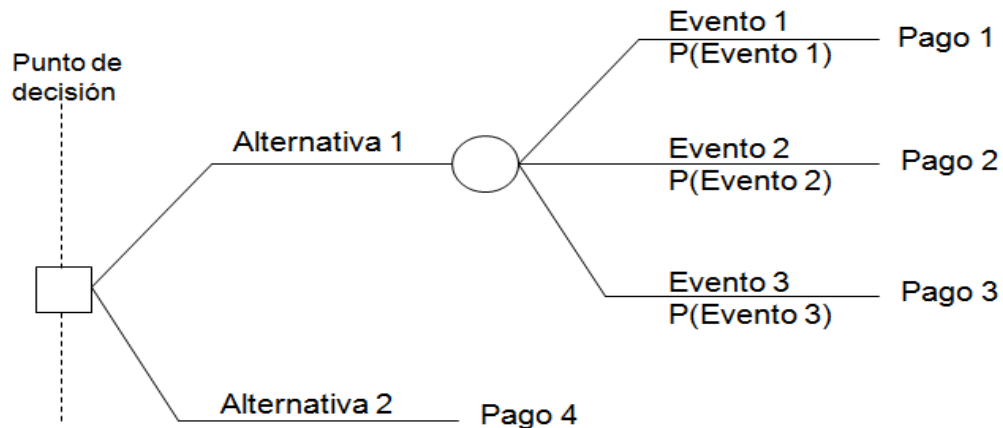
Entonces el riesgo se expresa como:

Ecuación 10. Magnitud del Riesgo

$$R_p = \sum P_0 \cdot (1 - PD) \cdot MF$$

Para evaluar cuantitativamente un proyecto con ciertos riesgos asociados y varios eventos de decisión suele utilizarse la técnica de **Valor Monetario Esperado**. En la figura 10, los eventos corresponden a los riesgos identificados, y para cada uno se tiene una probabilidad de ocurrencia, un impacto monetario, y la probabilidad de detectar el riesgo para reducir el impacto. El valor monetario esperado para cada evento o riesgo es la multiplicación de la probabilidad de ocurrencia, el impacto monetario, y la probabilidad de no detectar el riesgo para reducir el impacto. La probabilidad de no detectar el riesgo es $(1 - PD)$, es decir 1 menos la probabilidad de detectarlo. El valor monetario de la alternativa o decisión sería la suma de los valores de los eventos o riesgos posibles, calculados de la forma descrita anteriormente. Se escoge la alternativa que genere mayores beneficios en términos ya sea de menores costos o de mayores ingresos, etc.

Figura 10. Diagrama de Toma de Decisiones Valor Monetario



Fuente: LEANDRO, Gabriel. Teoría de la Decisión: Curso de Métodos Cuantitativos. [En línea]. [Citado Junio 14 de 2012]. Disponible en internet: www.auladeeconomia.com

Otras técnicas para realizar el análisis cuantitativo del riesgo son:

- Simulación y modelado.

- Uso de distribuciones de probabilidad que describen el comportamiento de los costos o de la duración de las actividades. Ejemplo de ello son las distribuciones beta y la triangular.

Lo anterior se presenta para ilustrar al lector sobre la valoración de los riesgos. Sin embargo en la práctica puede que para los proyectos no sea necesario desarrollar un análisis cuantitativo tan detallado de los mismos. La parte crítica de los riesgos está en determinar cuáles pueden ocurrir con mayor facilidad y planificar la respuesta que se le va a dar a los mismos. Esto se logra teniendo de referencia proyectos anteriores y mediante la consulta a expertos en del desarrollo de proyectos de redistribución de planta.

Planificar la respuesta a los riesgos

Se debe abordar el conjunto de los riesgos en función de la priorización realizada previamente.

Estrategias para Riesgos Negativos o Amenazas

Evitar el riesgo: implica cambiar el plan para la dirección del proyecto, a fin de eliminar por completo la amenaza.

Transferir el riesgo: requiere trasladar a un tercero todo o parte del impacto negativo de una amenaza, junto con la propiedad de la respuesta.

Mitigar el riesgo: implica reducir a un umbral aceptable la probabilidad y/o el impacto de un evento adverso. Adoptar acciones tempranas para reducir la probabilidad de ocurrencia de un riesgo y/o su impacto sobre el proyecto, a menudo es más efectivo que tratar de reparar el daño después de ocurrido el riesgo.

Aceptar el riesgo: Esta estrategia se adopta debido a que rara vez es posible eliminar todas las amenazas de un proyecto.

A continuación se presentan estrategias para mitigar algunos de los riesgos de los proyectos de redistribución de planta en la tabla 6. Se considera que ésta es la estrategia más aplicable a los ejemplos de riesgos presentados anteriormente.

Tabla 6. Estrategias de los riesgos de un proyecto de redistribución de planta

Posibles Riesgos	Posibles Respuestas a los Riesgos	Tipo de estrategia de respuesta
Riesgos durante la implementación del diseño		
Riesgo de escoger contratistas para construcción, asesores técnicos o ingenieros poco capacitados.	Realizar un proceso de selección cuidadoso, revisando la información de los técnicos y contratistas. Realizar visitas a sus instalaciones u oficinas, si es posible. Suele ser mejor, orientarse por aquel con mayor experiencia y solidez, que por el que presenta menores costos. Tener en cuenta ciertos detalles, como la cuota inicial pedida, puesto que dependiendo de ésta, la empresa puede darse una idea de la solidez económica del contratista.	Mitigar
Riesgo de accidente de los trabajadores, ingenieros o supervisores de la planta involucrados en el proyecto y de los trabajadores de las empresas contratistas.	Tener un plan de salud ocupacional actualizado y verificar el cumplimiento de las normas en este ámbito por ejemplo en cuanto a asociación de los trabajadores propios a la ARL. En el caso de que el proyecto requiera construcción, realizar reuniones entre el contratista y la empresa con el fin de establecer condiciones de seguridad para los trabajadores dentro del área de construcción.	Mitigar
En caso de que haya construcción: Riesgo de incendios, si se deja acumular basura en el lugar de trabajo.	Encargar a un miembro del equipo del proyecto de revisar constantemente el lugar de la obra y controlar que el personal del contratista haga limpieza y recolección de los materiales de manera oportuna.	Mitigar
En caso de que haya construcción: Riesgo de hurto de pequeños equipos, piezas o herramientas propias de la empresa o de los contratistas.	Encargar a una persona de seguridad de hacer rondas continuas en la zona de la obra.	Mitigar
Riesgos de administración del proyecto		
Pobre planeación en cuanto a tiempo y recursos. Calidad del plan del proyecto inadecuada. Pobre utilización de las disciplinas de administración de proyectos.	Uno de los objetivos de ésta guía es permitir al usuario realizar una mejor planeación del proyecto, al abarcar la mayor cantidad de aspectos que deben tenerse en cuenta dentro de un proyecto de redistribución de planta. En cuanto al tiempo, debe partirse del alcance, para determinar hasta dónde va el proyecto y qué se quiere lograr. De ahí surge el cronograma del proyecto y el cronograma de los contratistas, que deben controlarse a lo largo del proyecto. En cuanto a los recursos, también se parte del alcance, que incluye el nuevo diseño de planta con los planos de ingeniería respectivos; según éstos se sabrá qué personal se requiere, los materiales, etc.	Mitigar
Desacuerdo entre las partes involucradas.	Realizar reuniones periódicas de las partes involucradas, donde se discutan diferentes aspectos del diseño y su implementación. Utilizar diferentes técnicas para corroborar las decisiones: benchmarking, consulta con expertos, etc.	Mitigar

Riesgos organizacionales		
Conflicto de recursos con otros proyectos de la organización.	Esto debe quedar solucionado con la presentación del proyecto para contar con una previa aprobación, no sólo de su contenido o alcance sino también de un presupuesto aproximado. Los encargados de aprobar el proyecto deben considerar las diferentes propuestas de proyectos y de acuerdo con los objetivos estratégicos de la organización ordenarlos de acuerdo con su importancia y prioridad.	Mitigar
Resistencia del personal al cambio.	El cambio principal que surge en este tipo de proyectos es la disposición de las áreas y las máquinas. Por ello, si se ha parado la producción, antes del arranque, se debe instruir al personal sobre sus nuevas posiciones, sobre el manejo de nueva maquinaria, etc. Si no se ha parado la producción, de igual manera se deben comunicar al personal, principalmente a los operarios, acerca de los cambios realizados.	Mitigar
Riesgos futuros		
Alta probabilidad de obsolescencia del diseño	Durante el proceso de establecer el nuevo diseño, se debe pensar cómo hacer que éste sea flexible ante los cambios. Para ello se debe establecer cuáles son los posibles cambios en un horizonte determinado de tiempo, ya sean aumento de la demanda, introducción de nuevos productos, etc. De acuerdo con lo anterior se establece si se deben dejar áreas libres para el crecimiento, o si hay alguna disposición que favorece la entrada de nuevas líneas o productos, entre otros aspectos.	Mitigar

Fuente: Los Autores

H. Desarrollar el Plan de Recursos Humanos

Es el proceso por el cual se identifican y documentan los roles, las responsabilidades, las habilidades requeridas y las relaciones de comunicación dentro del proyecto de redistribución de planta, y se crea el plan para la dirección de personal. Dentro de los proyectos de redistribución de planta hay una cabeza o líder, que direcciona a los interesados de diferentes áreas.

Se deben determinar las necesidades de:

- Personal interno, es decir los miembros de cada área que harán parte del equipo del proyecto de redistribución de planta.
- Personal externo, es decir, contratistas de ingeniería o de construcción, técnicos, asesores y expertos.

El plan de recursos humanos debe incluir, entre otros, los siguientes aspectos:

- Organigramas del Equipo del Proyecto

- Roles y Responsabilidades
- Plan para la Dirección de Personal

I. Comunicaciones

La gestión de las comunicaciones de un proyecto incluye los procesos requeridos para garantizar que la generación, la recopilación, la distribución, el almacenamiento, la recuperación y la disposición final de la información del proyecto sean adecuados y oportunos.

De acuerdo con las áreas que participan en el proyecto de redistribución de planta se debe establecer:

- Cada cuánto se realizan las reuniones para coordinar los diversos aspectos relacionados con el proyecto.
- Qué otros canales de comunicación se utilizarán para el equipo del proyecto áreas relacionadas.
- Cómo se comunicarán las decisiones a las áreas que no están involucradas en el proyecto.

Hay que tener en cuenta que es muy importante comunicar a los operarios que se va a realizar este tipo de proyecto y los que se ven afectados directamente, comunicarles que días se realizaran los cambios, donde será la nueva ubicación de trabajo y cualquier dato que sea de su interés.

J. Estimar los Costos y establecer el presupuesto

Entre los costos típicos de la implementación de un proyecto de redistribución de planta se encuentran:

- En el caso de una redistribución de planta con expansión se puede incurrir en costos de adquirir una porción adicional de terreno o de instalaciones.
- Costo de construcción, que incluye el costo del contratista de la obra, es decir de mano de obra y materiales.
- Costos de conexiones eléctricas, de gas, conexiones de alimentación de agua, salida de residuos y tuberías. Principalmente incluye el costo de contratistas en las diferentes áreas de ingeniería que abarca el costo de la mano de obra, de materiales, y la comisión de manejo por parte de la firma externa involucrada.
- Costo de desconectar y conectar de nuevo las máquinas en su nueva ubicación. Principalmente puede traducirse en el costo de mano de obra de los técnicos requeridos para desconectar y reconectar la maquinaria y el los equipos o medios de transporte para moverla.
- Costo de firmas externas adicionales que presten algún tipo de asesoría, por ejemplo en el diseño o reorganización de la planta.

- Costo de Benchmarking. Tiene que ver con los costos de enviar personal de la planta a observar otros modelos utilizados por empresas, con el fin de implementar elementos similares.
- Costo de paradas en la producción. Puede aparecer como ventas perdidas o como el costo de las estrategias necesarias para evitar estas pérdidas. Un ejemplo del último caso es el costo de elevar la producción y guardar un mayor nivel de inventario para cubrir la demanda mientras se realiza la redistribución.
- Costo de nuevos equipos para el proceso productivo o para manejo de materiales y costo de mano de obra requerida para la instalación si es el caso. Muchas veces se incurre en el error de creer que el costo del equipo que se tiene en cuenta para valoración económica de proyectos es sólo el de adquisición, y existen otros costos asociados como el de instalación, y beneficios que no se valoran como la tendencia del cliente a preferir el producto de la empresa sobre el de la competencia ya que se cuenta con una mayor tecnología.
- Costo de la utilización de algún software especial para el proceso de redistribución y de implementación de nuevas tecnologías de información.
- Reserva para contingencias. Por lo general los proyectos no cumplen con el presupuesto inicial establecido, ya que siempre ocurren variaciones, por lo que en la práctica se suele dejar un porcentaje para adicional para imprevistos.
- Costo de recortes de personal. Esto suele ir de la mano con los proyectos de redistribución que buscan mejorar la eficiencia de la planta, reducir costos, y aumentar el nivel de tecnificación o automatización.

Normalmente los costos anteriores se determinan a partir de cotizaciones de proveedores y contratistas. Otras formas para estimar los costos son las siguientes:

Estimación análoga y estándares históricos: calcular los costos con base en proyectos similares desarrollados anteriormente.

Estimados razonados: se logran a partir de reuniones interdisciplinarias con las diferentes áreas involucradas, y teniendo en cuenta las experiencias de los miembros en proyectos de este tipo. Adicionalmente se pueden lograr preguntándoles individualmente a varios expertos para que establezcan un estimado. Posteriormente se revisa la información obtenida y se escoge la cifra.

Determinar el presupuesto

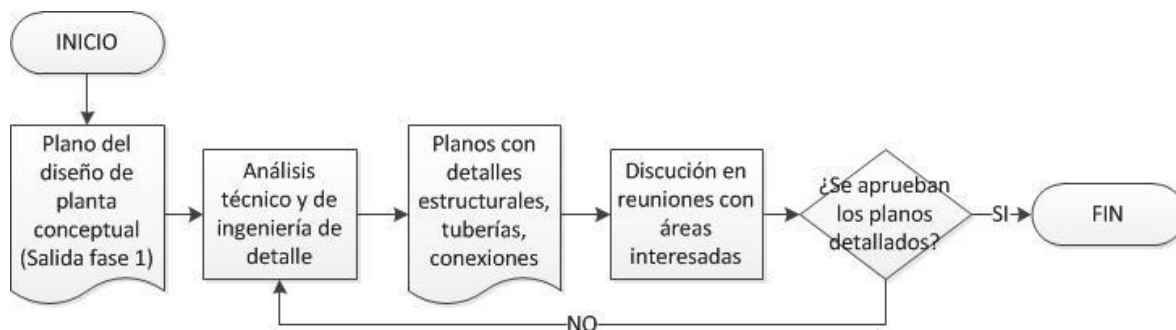
De acuerdo con la estimación de costos, se establece el presupuesto para el proyecto y éste alimenta el documento de constitución o caso de negocio. El presupuesto contiene la inversión inicial del proyecto, por lo que es uno de los criterios importantes para la aprobación del proyecto.

2. FASE II: ADAPTACIÓN-PROCESOS DE ADAPTACIÓN DE LA PLANEACIÓN

A. Desarrollo detallado del nuevo diseño de la planta

En la figura 11 se presenta el proceso de establecimiento del nuevo diseño de planta.

Figura 11. Diagrama para Desarrollar el Nuevo Layout Detallado



Fuente: Los Autores

Se debe someter el diseño conceptual que surgió del primer grupo de procesos, a un análisis técnico y de ingeniería detallado. De éste proceso se tienen como salida los planos, con los detalles estructurales, tuberías, conexiones, etc.

Cuando ya se tiene el bosquejo o diseño conceptual de la nueva distribución de planta y la empresa no cuenta con un departamento de ingeniería, una práctica común consiste en que todo lo relacionado con las estructuras, los aspectos técnicos, y la ingeniería de detalle, se le entrega a un contratista o empresa especializada en el tema. Si la empresa cuenta con un departamento de ingeniería bien constituido, puede que no se requiere subcontratar esta parte.

Luego se realizan reuniones repetitivas para revisar el plano, hasta que se considere que el plano está completo y que se han tenido en cuenta los requisitos y recomendaciones de las diferentes áreas involucradas en el proyecto. Estas reuniones están conformadas por los miembros del equipo del proyecto de las diferentes áreas como la de ingeniería, proyectos, calidad, salud ocupacional, seguridad industrial, planta o producción; y en el caso en el que haya un contratista de ingeniería, éste es un integrante clave en las reuniones. Si la empresa cuenta con un arquitecto de planta, también es importante que él preste su asesoría en todo el proceso, en cuanto a los elementos de infraestructura. Si no se cuenta con un arquitecto, puede ser necesario contratar uno.

B. Adquirir y direccionar el personal del proyecto

Como ya se sabe, hasta este punto ya se cuenta con:

- Un equipo del proyecto que involucra miembros de diferentes áreas de la empresa.
- Personal externo, como es el caso de la empresa de ingeniería y el arquitecto, si dentro de la empresa no se contaba con los mismos.

En este punto, se requiere entonces adquirir el personal que se encargará de la ejecución del proyecto, es decir de la implementación del diseño en las instalaciones. Éste personal incluye:

- Si hay expansión u otras necesidades de construcción, se requiere un contratista de construcción. Para seleccionar el contratista, lo que más se acostumbra es realizar procesos de licitación.
- Técnicos encargados de desconectar y reconectar la maquinaria.
- Encargados de transportar la maquinaria. En este punto se debe analizar qué equipos o medios se utilizarán para mover o transportar la maquinaria, y si se requiere subcontratación.

Por otro lado, se debe establecer qué personal interno se encargará de controlar y chequear el desempeño durante la ejecución del proyecto.

Puede que sea necesario que antes de iniciar con la ejecución del proyecto se realice una reunión que incluya tanto al personal interno, como al externo involucrados en el proyecto, para efectuar un empalme y revisar aspectos importantes. Esto busca mejorar la interacción del personal administrativo, técnico, externo e interno y el ambiente general, para lograr un mejor desempeño del proyecto.

C. Adaptación del presupuesto y el cronograma

Después de aprobado el proyecto de redistribución se puede invertir recursos para una ingeniería de detalle cómo se menciono anteriormente por lo que se deben ajustar el presupuesto y el cronograma. El cronograma ya se ve afectado por el cronograma que desarrollan los subcontratistas con un nivel mayor de detalle y basados en los requerimientos de la empresa en cuanto a restricciones de tiempo, paradas de la planta, etc. Por lo que se debe revisar el proceso 4 de los procesos de planeación e iniciación, para hacer las adaptaciones necesarias y así mismo generar un cronograma detallado, que va a hacer variar el presupuesto inicial.

3.1. FASE III: PROCESOS DE EJECUCIÓN

1. Preparar la planta para el proceso de redistribución, lo que incluye las siguientes actividades. Informar a los operarios sobre el proceso, cómo se llevarán a cabo las actividades de redistribución (con parada de la planta o sin parada), y quiénes de ellos estarán involucrados en la redistribución como tal. Aquellos operarios que estén involucrados en el proceso se les coordina una inducción para darles algunas indicaciones. Si se va a llevar a cabo el proceso de redistribución parando la producción, es importante hacer el alistamiento y limpieza de la maquinaria, para evitar que queden residuos de los procesos anteriores.
2. En el caso que se haya construcción, se procede a la iniciación del cronograma del contratista que realizará el levantamiento o modificación de la infraestructura. El contratista debe encargarse de hacer las adecuaciones necesarias a la zona para iniciar las labores de construcción. Si la planta continúa en funcionamiento a la misma vez que se realizan las obras, se debe aislar el área de producción. Si hay una parada en la producción, se busca igual evitar el movimiento innecesario de la maquinaria, y protegerla, sin cambiar su ubicación, en la medida de lo posible.
3. Si hubo compra de maquinaria, en este punto se debe recibir la misma.
4. Implementar la nueva organización de las áreas. En caso de que haya movimiento de la maquinaria existente, y que ésta haya estado funcionando durante la construcción, realizar el alistamiento de la misma (limpieza de residuos del proceso anterior) y apagarla. Luego, mover las máquinas, áreas o entidades a su nueva ubicación.
5. Realizar las respectivas conexiones de las máquinas, con el soporte de los técnicos que asesoran a la empresa.
6. Encender la maquinaria y diversos equipos, con el fin de verificar que no se haya presentado ningún desajuste.

3.2. PROCESOS DE CONTROL

Todos los procesos de control van paralelos a los procesos de ejecución.

A. Dirigir el equipo del proyecto

Se trata de un proceso que va paralelo a las actividades de adaptación de la planeación y ejecución del proyecto de redistribución de planta.

Es el proceso que consiste en dar seguimiento al desempeño de los miembros del equipo, y al resto del personal interno y externo involucrado en el proyecto, proporcionar retroalimentación, resolver problemas y gestionar cambios a fin de optimizar el desempeño del proyecto. También implica manejar los conflictos que surjan. Entre las fuentes de conflicto, se encuentran: la escasez de recursos, las prioridades del cronograma y los estilos personales de trabajo.

B. Realizar aseguramiento y control de calidad

Implica tener en cuenta las medidas estipuladas en la planeación de la calidad del proyecto. Para ello es importante que haya uno o varios supervisores del equipo del proyecto o de áreas involucradas en el mismo, revisando aspectos como:

- Las actividades de construcción que están siendo realizadas por contratistas.
- El curso y desempeño del proyecto, por ejemplo en cuanto a aspectos técnicos y físicos de las instalaciones, y en cuanto a cumplimiento del diseño establecido.
- El desempeño de los contratistas: los materiales utilizados, las cualidades del personal externo que ha ingresado a la planta, la preparación y el manejo que se le ha dado al movimiento de equipos y máquinas, etc.
- Recomendaciones realizadas por los técnicos acerca de la maquinaria y el movimiento de la misma.
- Correcciones y diferencias de acuerdo con lo planeado.

De acuerdo con lo anterior, estas personas deben comunicar al equipo del proyecto cualquier anomalía, para tomar una decisión en conjunto y establecer las medidas para corregirla.

Al finalizar la implementación del diseño se deben revisar los planos propuestos para verificar que el diseño se ha establecido según lo planeado y que todos los recursos están en el lugar indicado. También hay que tener en cuenta los requerimientos del área calidad en cuanto a la producción, es decir que la disposición vaya acorde a los procesos y estándares definidos por dicho departamento.

C. Verificar el alcance

Es el proceso que consiste en formalizar la aceptación de los resultados del proyecto que se han completado durante la implementación de la redistribución de planta. Cada que se completa o entrega una parte del proyecto, sea la parte civil, la parte de conexiones y tuberías, o la llegada de la maquinaria, etc., se requiere una aprobación y posterior a ello se documenta el proceso.

D. Controlar el alcance

Es el proceso que consiste en monitorear el estado del alcance del proyecto y en gestionar cambios a la línea base del alcance. Durante la planeación del proyecto pueden surgir algunas ideas o necesidades nuevas sobre la distribución de planta. Cuando esto ocurra dichos cambios deben incorporarse al layout o diseño, y los planos deben modificarse con dichos cambios.

E. Controlar los costos

Consiste en establecer si ha habido o no una variación en los costos y presupuesto del proyecto de redistribución de planta. En el caso en el que se haya presentado un cambio, es importante ver las fuentes de variación sobre la estimación de costos inicial, y buscar la estrategia para controlar dichas fuentes. Adicionalmente será necesario replantear el presupuesto. Posterior a ello, debe informarse a todas las áreas interesadas y se debe presentar un informe para que dicha variación en el presupuesto sea aprobada. Es importante que este nuevo presupuesto se trate de cumplir y reducir la probabilidad de variación del mismo.

Una técnica utilizada en la dirección de proyectos en general es la gestión del valor ganado. Ésta puede ser útil para el control de costos en un proyecto de redistribución de planta. A continuación se presentan los conceptos principales.

Gestión del Valor Ganado²⁸

La gestión del valor ganado (EVM) es un método que se utiliza comúnmente para la medición del desempeño; éste establece y monitorea tres dimensiones, que son el valor planificado, el valor ganado y el costo real.

• **Valor planificado (PV)**

Es el presupuesto autorizado asignado al trabajo que debe ejecutarse para completar una actividad o trabajo. Incluye el trabajo detallado autorizado, así como el presupuesto para dicho trabajo autorizado. EL total del PV se conoce a veces como la línea base para la medición del desempeño (PMB). El valor planificado total para el proyecto también se conoce como presupuesto hasta la conclusión (BAC).

• **Valor ganado (EV)**

El valor ganado es el valor del trabajo completado expresado en términos del presupuesto aprobado asignado a dicho trabajo. Consta del trabajo autorizado que se ha completado, y el presupuesto autorizado para dicho trabajo completado.

• **Costo real (AC)** es el costo total en el que se ha incurrido realmente y que se ha registrado durante la ejecución del trabajo realizado. Costo total en el que se ha incurrido para llevar a cabo el trabajo medido por el EV.

• **Variación del cronograma (SV)** es una medida del desempeño del cronograma en un proyecto. Es igual al valor ganado (EV) menos el valor planificado (PV). En

²⁸PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía para los fundamentos de la dirección de proyectos. 4 ed. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, 2008.

la EVM, la variación del cronograma es una métrica útil, ya que puede indicar un retraso del proyecto con respecto a la línea base del cronograma.

Ecuación 11. Variación del cronograma

$$SV = EV - PV.$$

• **Variación del costo (CV)** es una medida del desempeño del costo en un proyecto. Es igual al valor ganado (EV) menos los costos reales (AC). Es particularmente crítica porque indica la relación entre el desempeño real y los costos gastados. En la EVM, una CV negativa con frecuencia no es recuperable para el proyecto.

Ecuación 12. Variación del costo

$$CV = EV - AC.$$

Índice de desempeño del cronograma (SPI) es una medida del avance logrado en un proyecto en comparación con el avance planificado.

Ecuación 13. Índice de desempeño del cronograma

$$SPI = EV/PV.$$

Si el $SPI < 1.0 \rightarrow Q$ trabajo efectuada $< Q$ trabajo prevista.

Si el $SPI > 1.0 \rightarrow Q$ trabajo efectuada $> Q$ trabajo prevista.

• **Índice del desempeño del costo (CPI)** es una medida del valor del trabajo completado, en comparación con el costo o avance reales del proyecto.

Ecuación 14. Índice de desempeño del costo

$$CPI = EV/AC.$$

$CPI < 1.0$ indica \rightarrow sobre costo con respecto al trabajo completado.

$CPI > 1.0 \rightarrow$ costo inferior.

Si se han presentado variaciones en cuando al costo, se debe establecer una nueva estimación del presupuesto hasta la conclusión. A continuación se presentan algunas proyecciones para ello.

Proyecciones

Conforme avanza el proyecto, el equipo puede desarrollar una proyección de la estimación a la conclusión (EAC) que puede diferir del presupuesto hasta la conclusión (BAC).

Las EAC se basan normalmente en los costos reales en los que se ha incurrido para completar el trabajo, más una estimación hasta la conclusión (ETC) para el trabajo restante.

Ecuación 15. Estimación hasta la conclusión del proyecto

$$EAC = AC + ETC \text{ ascendente.}$$

Opciones:

- **Proyección de la EAC basada en el trabajo correspondiente a la ETC, realizado según la proporción presupuestada.**

Tomar en cuenta el desempeño real del proyecto a la fecha (ya sea favorable o desfavorable), como lo representan los costos reales, y prever que el trabajo según la ETC se llevará a cabo de acuerdo con el ratio presupuestado.

Ecuación 16. Proyección según presupuesto

$$EAC = AC + BAC - EV.$$

- **Proyección de la EAC basada en el trabajo correspondiente a la ETC, realizado según el CPI actual.**

Suponer que lo que el proyecto ha experimentado a la fecha continuará en el futuro.

Ecuación 17. Proyección según CPI

$$EAC = BAC / CPI \text{ acumulativo}$$

- **Proyección de la EAC basada en el trabajo correspondiente a la ETC, realizado considerando ambos factores (SPI y CPI).**

En esta proyección, el trabajo correspondiente a la ETC se realizará según una proporción de eficiencia que toma en cuenta tanto el índice del desempeño de costos como el índice de desempeño del cronograma.

Ecuación 18. Proyección según SPI y CPI

$$AC + [(BAC - EV) / (CPI \text{ acumulativo} \times SPI \text{ acumulativo})]$$

F. Controlar el cronograma

Es el proceso por el que se da seguimiento al estado del proyecto en cuanto al cumplimiento de los plazos de tiempo establecidos, para actualizar el avance del mismo y realizar cambios a la línea base del cronograma. Suelen ser útiles los siguientes indicadores:

- **Revisiones del Desempeño**

Las revisiones del desempeño permiten medir, comparar y analizar el desempeño del cronograma, en aspectos como las fechas reales de inicio y finalización, el porcentaje completado y la duración restante para el trabajo en ejecución. Si se utiliza la gestión del valor ganado, se usan la variación del cronograma (SV) y el índice de desempeño del cronograma (SPI) para evaluar la magnitud de las variaciones del cronograma. Una parte importante del control del cronograma es decidir si la variación del cronograma requiere acciones correctivas.

- **Análisis de Variación**

Las mediciones del desempeño del cronograma (SV, SPI) se utilizan para evaluar la magnitud de variación con respecto a la línea base original del cronograma. La variación de la holgura total es también un componente esencial de la planificación para evaluar el desempeño del proyecto en el tiempo. Los aspectos importantes del control del cronograma del proyecto incluyen la determinación de la causa y del grado de variación con relación a la línea base del cronograma y la decisión de la necesidad de aplicar o no acciones preventivas o correctivas.

- **Software de Gestión de Proyectos**

Los softwares de gestión de proyectos como Microsoft Project que se mencionó anteriormente permiten controlar el cronograma al realizar actualizaciones diarias, semanales y mensuales sobre el avance de cada actividad. No sólo en cuanto tiempo sino también en recursos y algunos costos.

G. Controlar los riesgos

Durante la ejecución del proyecto, se identifican nuevos riesgos y se planea una respuesta rápida a los mismos. Es muy probable que la mayoría de estos riesgos caigan en las categorías establecidas en el proceso de identificación de los riesgos, de la etapa de planeación. Algunas de las estrategias genéricas para

responder a dichos riesgos también se establecieron en el proceso planear respuesta a los riesgos, del grupo de procesos de planeación.

4. FASE IV: CIERRE DEL PROYECTO

- En este proceso se finalizan todas las actividades.
- Se realiza una revisión final de la implementación de la nueva distribución de planta para asegurarse que el trabajo esté completo y que se hayan alcanzado los objetivos.
- Se cierran los procesos con los contratistas.
- Planear la revisión y seguimiento del desempeño de la nueva planta y nuevo diseño en los siguientes periodos de operación.

8.3 OBJETIVO 3: ADAPTAR LA GUÍA METODOLÓGICA TEÓRICA A LAS CONDICIONES ESPECÍFICAS DE LAS EMPRESAS DE LAS INDUSTRIAS MÁS IMPORTANTES DE CALI Y SUS ZONAS DE INFLUENCIA.

Para el desarrollo del presente objetivo se desarrolló una lista de las posibles empresas para realizar las visitas y las entrevistas. Se buscó una cobertura de diferentes tipos de industrias con el fin de tener una visión del problema de redistribución de planta desde diferentes sectores. Adicionalmente se tomó como fuente principal a las empresas grandes de la ciudad de Cali y sus zonas cercanas, puesto que éstas tienen como práctica común, dejar documentados los proyectos, lo que normalmente las pequeñas empresas no hacen.

Posteriormente se desarrolló una encuesta para realizar el contacto inicial con las empresas y se crearon las preguntas de la entrevista (Anexo C). Luego se empezó a establecer un contacto inicial con las empresas, y a aplicar la encuesta inicial. Así se pudo conocer aquellas empresas que sí habían realizado redistribuciones de planta recientemente, y aquellas que habían desarrollado proyectos de establecimiento de nueva planta.

Finalmente se logró realizar una visita a empresas de los diferentes sectores más representativos de la industria vallecaucana, como: un ingenio, siderúrgicas, farmacéuticas, entre otras. Entre ellas, la empresa de baterías y de bebidas realizaron procesos de establecimiento inicial de planta. A pesar de que en estas dos empresas no se fuera a tocar directamente el tema de redistribución de planta, se tomó la decisión de realizar la visita a las mismas con el fin de poder observar la forma en que planean los proyectos y algunos factores importantes en una distribución de planta que también impactan en las redistribuciones de planta. En el anexo C, se encuentra el protocolo y formato de la entrevista.

El perfil del entrevistado consistió principalmente de personas del área de planta o ingeniería con estudios académicos de ingeniería. Sin embargo, en algunas empresas se realizó la entrevista a los directores del proyecto que tenían estudios administrativos y gerenciales, por lo cual no se obtuvo información detallada de la ejecución del proyecto sino de su gerencia. Cabe resaltar que el entrevistado del laboratorio farmacéutico americano al ser el líder del proyecto de implementación de Lean Manufacturing tenía estudios acerca de filosofía.

En los anexos D a M, se encuentran los formatos de entrevista diligenciados en cada empresa.

8.3.1 Aprendizaje de las empresas

Con el tercer objetivo del proyecto de grado se buscó establecer las condiciones, pasos y aspectos importantes de los procesos de redistribución de planta dentro de cada empresa y adaptar la guía metodológica según la información recogida en cada una de ellas. Con las visitas a 10 empresas de los sectores representativos de la industria caleña, se logró validar la información de la guía metodológica teórica y convertirla en una metodología práctica aplicable en la industria. Lo anterior ratifica la importancia de ésta fuente para la recolección de información y prácticas destacadas en cuanto a redistribución y dirección de proyectos.

Se visitaron los dos laboratorios farmacéuticos con mayores ventas registradas en el 2010, ubicados en Cali²⁹. Uno de ellos es una empresa colombiana que fue evaluada en el 2011 como la empresa con mayor reputación en el sector farmacéutico colombiano, de acuerdo con el estudio Merco³⁰. Esta empresa además tiene marcas exitosas en el mercado de productos de cuidado personal, adhesivos y agro-veterinarios. El otro es una multinacional americana dedicada a ayudar a los médicos y sus pacientes en el tratamiento de condiciones médicas complejas.

Se visitó el segundo ingenio con mayor producción de etanol de la región y la segunda empresa de autopartes (baterías) con mayores ventas en el 2010 a nivel nacional³¹. Por otra parte se logró una entrevista con el gerente de una de las plantas de la siderúrgica recientemente adquirida por el Grupo Gerdau, como

²⁹La Nota Digital. Grandes Sectores. [En línea]. [Citado en Septiembre de 2012]. Disponible en internet: <http://www.lanotadigital.com/vademecum/big/quimicos/laboratorios-farmacuticos>

³⁰El País. Los 500 empresas más exitosas del Valle. [En línea]. [Citado en Septiembre de 2012]. Disponible en internet: <http://www.elpais.com.co/elpais/500-empresas>

³¹La Nota Digital. Op. cit.

también con el gerente de una litografía ubicada en Barrio Obrero y una metalmecánica que ha hecho varios proyectos de redistribución.

Se contó con la colaboración de una de las multinacionales americanas más importantes en alimentos y confitería en Colombia con presencia en más de 155 países³², como también con una de las empresas papeleras caleñas más representativas del país que tiene cobertura dentro de más de 7 países y con una de las compañías de bebidas más grandes y antiguas de Colombia que trasladaron su planta a una nueva ubicación.

A continuación se recopilan los aprendizajes más significativos de las diferentes entrevistas realizadas. El conjunto de aprendizajes, se ordenó de acuerdo con los diferentes procesos presentados en la guía metodológica y se hace referencia a las empresas por el sector industrial al cual pertenecen.

GRUPO DE PROCESOS DE INICIACIÓN Y PLANEACIÓN–CASO DE NEGOCIO

Estos procesos permiten definir y describir el proyecto de redistribución de planta. Adicionalmente sus salidas facilitan su análisis por parte de los directivos de las empresas y dependiendo de ellas los proyectos son aprobados o no. En algunas empresas se observa una tendencia hacia documentar estos procesos de planeación, algunas están migrando hacia esto y otras definitivamente no dejan registro de los mismos.

Recopilar Requisitos

Se mencionó en la guía que las necesidades por las que surge el proyecto generalmente definen los requisitos que deben considerarse dentro de la empresa. Es decir, que si el proyecto surge por la necesidad de disminuir los desperdicios según la filosofía Lean Manufacturing como es el caso del proyecto de redistribución del laboratorio farmacéutico americano, es muy importante tener en cuenta los requisitos y características de ésta filosofía en el momento de desarrollar una nueva propuesta para la disposición de la planta y al ejecutar el proyecto. Por consiguiente el departamento de excelencia de operaciones de la empresa contó con expertos en ésta filosofía para poder determinar el layout según sus criterios.

Cabe mencionar que han existido otros tipos de proyectos en la empresa que han surgido principalmente por aumento de capacidad o porque tienen una máquina que es obsoleta o que ya no la necesitan, por lo cual se saca del proceso productivo, generando una redistribución. Si el proyecto surge por un nuevo producto, proceso o tecnología, se entra primero a evaluar dónde se podría realizar con la distribución actual o si deben crear una nueva área y las condiciones

³²La Nota Digital. Ibid.

que debe tener. Básicamente son esos tres motores (capacidad, proyectos de lean y productos nuevos) los que conllevan a una reorganización de planta, en este laboratorio farmacéutico. Dichas nociones permitieron establecer una idea de posibles categorías o clases de proyectos relacionadas con las necesidades por las que surgen los mismos.

El proyecto de redistribución por Lean Manufacturing viene desde los objetivos estratégicos de la multinacional, a diferencia de lo que se encontró en la Siderúrgica, donde el proyecto nace dentro de la misma planta. Sin embargo, debido a la adquisición de la siderúrgica, por parte del Grupo Gerdau, y por el hecho de pertenecer a una de las primeras siderúrgicas en el mundo, con alrededor de 43 plantas, se exige que los miembros de las plantas consulten a los altos mandos, acerca de la ejecución de un proyecto de éste tipo, debido a que el grupo estudia diferentes aspectos cuando va a hacer una inversión en un país. Entre estos aspectos se encuentran las características políticas, sociales y económicas del país, si se ve una posibilidad de crecimiento y un buen futuro en el mercado. Se analiza cuáles son las ventas promedio de cada producto en cada país, y si el promedio está muy bajo en comparación con otros países, con el promedio mundial o el de América Latina, entonces significa que tendrán una posibilidad muy grande de crecer. Por lo tanto, hoy en día un proyecto de redistribución o crecimiento, puede ser una iniciativa de la planta, pero ésta debe ser aprobada por el grupo, lo que implica un análisis más profundo de las necesidades. Se evidencia entonces que los proyectos pueden tener diferentes grupos de interés con requisitos más estrictos a medida que la empresa es más grande y compleja. Normalmente se maneja un presupuesto limitado para proyectos en las diferentes plantas. Esto hace que se deba analizar mucho más a fondo un proyecto propuesto desde una planta específica, como en el caso de la siderúrgica, que uno que sea propuesto por el grupo a nivel mundial acorde a sus objetivos estratégicos.

El proyecto de redistribución de la siderúrgica se planteó en ese entonces por la necesidad de mejorar la densidad de la chatarra, es decir, mejorar la calidad. Entre más densidad tengala chatarra al ser cargada al horno, la operación que ocurre dentro del mismo es más eficiente. Ante la falta de una serie de equipos para triturar la chatarra, se estaba trabajando con chatarra liviana sin industrializar. Esto hacía que se tuviera que cargar el horno 7 veces al día, mientras idealmente sólo puede cargarse 3 veces al día. Cómo el horno se abría 4 veces más de lo normal, se generaban pérdidas de temperatura y tiempo, daños y contaminación. Entonces, con esa redistribución se busca mejorar la densidad de la chatarra conllevando a que los resultados de la acería sean mucho mejores ya que se gastará menos energía y se producirán más toneladas en el día. En este momento la planta se encuentra en proceso de reabrir la parte de la fragmentadora.

Uno de los proyectos de redistribución que han surgido en la planta del laboratorio farmacéutico colombiano se generó por la inclusión de un producto que requería

un proceso adicional de esterilización, a través de un equipo llamado autoclave. Esto creó a la necesidad de incluir un paso y modificar el sistema productivo. Se observó en la compañía la utilidad de comprender los proyectos desde sus principales motivadores, para establecer los requisitos de los proyectos y su planeación en general. Por ello, la empresa cuenta con una clasificación de proyectos de acuerdo con las diferentes necesidades que se presentan en su operación. Estos conocimientos produjeron información pertinente para la clasificación de los proyectos de redistribución presentada en el objetivo 4. Las clases de proyectos dentro de la compañía son:

- Proyectos de ahorro
- Proyectos de expansión: están enfocados a aumentar la capacidad de planta, pero manteniendo los mismos productos y la misma clase de equipos. El trabajo que los precede está en calcular con las proyecciones de ventas, en cuánto tiempo la empresa se va a quedar corta en capacidad.
- Proyectos de optimización de procesos: son realizados directamente por las plantas, pero llegan al área de proyectos para ser evaluados.
- Proyectos de productos nuevos
- Proyectos regulatorios: surgen por la necesidad de aplicar una disposición legal. Un ejemplo de este tipo de proyecto surgió en la línea de alcoholes, que no cumplía con ciertas normas de seguridad lo que llevó a hacer algunas modificaciones en la planta.
- Combinaciones entre ellos: un ejemplo de un proyecto que cubrió dos necesidades diferentes, surgió con la introducción de la línea de sueros, en la que además se requirió realizar ciertas modificaciones antes de ponerla en funcionamiento, para cumplir con unas regulaciones legales.

Por otra parte el proyecto de la compañía del sector de bebidas ejemplificó un caso típico de las empresas que se ubican dentro de la ciudad o zona urbana. Por lo general estas empresas grandes suelen estar localizadas en los sectores donde empezaron, y con el tiempo se han venido expandiendo a través de proyectos de redistribución, más que con proyectos de distribución de planta. Usualmente, llega un punto en que las empresas requieren trasladar su producción a unas instalaciones más integradas, que proporcionen mayor capacidad y que sean flexibles ante cambios futuros.

En el caso de la empresa, a medida que fue aumentando la demanda, la solución para crecer en infraestructura estaba limitada por las condiciones dentro de la ciudad. Se compraron lotes con el fin de aumentar la capacidad, pero éstos se encontraban separados por las calles, y cada que se agregaba un área nueva, las operaciones entre entidades tenían más restricciones. La distribución iba creciendo a medida que se requerían más áreas y así se presentaban grandes distancias entre ellas. Aumentaron los requerimientos para el transporte, los desplazamientos de los montacargas eran más largos, por lo que el consumo de gasolina creció, y éstos se desgastaban con mayor facilidad debido a las

condiciones de las calles. Por otro lado, los montacargas no tienen una placa, por lo que existía el riesgo de atropellar algún peatón en la vía. Por esto surgió la necesidad de ubicar la planta en una zona grande donde no se presentaran las restricciones que las zonas urbanas presentaban. En busca de lo anterior, la empresa realizó una relocalización de la planta anterior hacia la zona de Yumbo. Adicionalmente, el proyecto buscaba unir una planta ubicada en Buga y la de Cali, con el fin de reducir costos, entre ellos el de transporte.

El proyecto de la empresa de bebidas surgió por las consecuencias de buscar ampliar la capacidad de la planta, similar a lo que ocurrió en la empresa colombiana de autopartes y baterías. La planeación del proyecto de la empresa de baterías inició con un sueño de los propietarios de vender un número mayor de baterías mensuales, lo que implicaba aumentar su capacidad. Adicionalmente, el plomo es un producto intermedio para hacer la batería, el cual escasea por lo que es necesario el reciclaje de éste, para alimentar la producción. En Colombia se importaba mucho plomo puro del Perú, pero la empresa tomó la iniciativa de hacer el plomo para disminuir costos y dependencias. Entonces se inició una proyección de ventas de la compañía hacia el exterior y esa proyección llevó a los creadores del proyecto a calcular el tamaño del área de reciclaje que se necesitaba. Adicionalmente se requería que la nueva planta se enfocara en la parte ambiental.

Otra de las empresas en la cual la necesidad de ampliar su capacidad y la adquisición de nueva maquinaria para ello, conllevaron a planear un proyecto de redistribución, fue la litografía. En sus inicios la empresa prestaba servicios como un agente de impresión. Tenía dos diseñadores y no tenía máquinas propias, por lo que todo lo mandaba a hacer. Posteriormente, el dueño se asoció con otra persona y consiguió unas máquinas de impresión litográfica de un solo color, una guillotina y una pinza. Estas máquinas hacían trabajos pequeños en San Nicolás, como la mayoría de empresas litográficas de la ciudad.

Pasaron los años, y los socios les propusieron a unos inversionistas de la ciudad, aliarse al negocio; ellos les compraron parte de la sociedad e invirtieron en unas máquinas litográficas de cinco tintas, una guillotina, la cocedora y las máquinas que imprimen los rollos de papel para registradoras, bancos, datafonos, chance, entre otros. Ésta última línea de producción, hoy en día se encuentra totalmente aislada (encerrada en un cubo) para fines de seguridad y confidencialidad de los clientes y los productos que ordenan. Los socios se dieron cuenta de que el lugar donde estaban ubicados era demasiado pequeño, consiguieron la bodega actual que tiene alrededor de 470 metros cuadrados, compraron nuevas máquinas, y la empresa se trasladó. En los últimos meses, han percibido que en su línea de producción hay mucho material para almacenaje que no tiene un lugar para ser ubicado, por consiguiente, alquilaron la bodega de al lado, que tiene otros 400 metros cuadrados aproximadamente. El objetivo del proyecto de redistribución que se está planeando actualmente, consiste en trasladar la zona de almacenaje para la nueva área que se adquirió y ampliarla. La zona que actualmente se utiliza para

el almacenaje quedará destinada sólo para la producción y se reorganizará la maquinaria existente.

Otro caso muy interesante se encontró en el ingenio azucarero ya que la necesidad que impulso el proyecto fue la de montar una planta de alcohol carburante debido a la baja del precio del azúcar en el mercado global, que estaba ocasionando pérdidas. Esto se debía a un acuerdo con el resto de los ingenios según el que sólo cierto porcentaje de su producción podía venderse en el país, lo demás debía exportarse. El ingenio para poder aumentar sus utilidades debía producir más para cubrir sus costos fijos. Esto implicaba que debía exportar más, pero al bajar el precio del azúcar, se generaban mayores pérdidas. Ante la situación del ingenio se contrataron unos asesores del extranjero, quienes concluyeron que la forma en que estaban planteados los negocios no era viable. Sugirieron cambiar la fórmula de ingresos ante la situación global que se estaba evidenciando, para aumentar las utilidades.

Además, esta nueva planta requería aumentar la capacidad de generar energía para lo cual se buscó implementar una nueva caldera y se vio la posibilidad de cogenerar energía para vender, gracias a la constitución de 1991 que se reglamentó a partir del 94. También el departamento de ingeniería quiso buscar mejoras en la planta principal como la automatización de ciertas partes del sistema productivo. Entre ellas:

- Mejorar el consumo de vapor (lbs. de vapor/ton de caña) - Mejorar la evaporación
- Mejorar la automatización - Cambiar las turbinas en los molinos por motores eléctricos AC con variadores de frecuencia.
- Implementación de la caldera, generadores y tubería necesaria.

Por consiguiente, se puede observar que hay una gran variedad de necesidades que impulsan proyecto de redistribución en la industria pero que los tipos de proyectos que surgen son muy similares, aunque con ciertas diferencias. Inicialmente se pueden evidenciar los proyectos de aumento de capacidad, de cambio en el sistema productivo, de mejora de eficiencia y costos de manejo de materiales, y de implementación de alguna filosofía o cambio en los objetivos estratégicos de la empresa.

Ahora, vale la pena resaltar que, sin importar el tipo de proyecto de redistribución que se aplique en la planta, las áreas que participan en éstos son comunes en las diferentes empresas. Dependiendo del tipo de proyecto y de la empresa unas tendrán más importancia que otras.

Por ejemplo en el laboratorio farmacéutico colombiano, las áreas que normalmente participan en los proyectos de redistribución son:

- Planta
- Aseguramiento de Calidad, que cuenta con químicos farmacéuticos con amplios conocimientos de las normas de calidad.
- Presupuestos
- Ingeniería de Proyectos
- Planeación y Compras
- S.A.S, es decir, Salud, Ambiente y Seguridad, que cuenta con ingenieros ambientales y expertos en salud ocupacional.
- Investigación y Desarrollo, Mercadeo, Contabilidad y Costos

En esta empresa, el área de calidad era muy importante dentro de la planeación del proyecto de redistribución, debido a que la producción se caracteriza por ser de consumo masivo, por lo que los químicos farmacéuticos se encargan de señalar las áreas críticas que deben cumplir con ciertas regulaciones y normatividades. En el laboratorio americano, el área de excelencia de operaciones representaba una función esencial, ya que tenía el conocimiento de la Filosofía Lean Manufacturing. Por lo general, estas áreas participan en la mayoría de las empresas grandes en los proyectos de redistribución, y algunas veces si no se cuenta con ellas, se subcontratan estos servicios como asesorías.

Además de las áreas o grupos de interés que se deben tener en cuenta en el proyecto, existen diferentes herramientas para determinar los requisitos de todos los interesados. En la práctica, lo que se realiza generalmente es una reunión multidisciplinaria con las personas interesadas de cada área en el proyecto de redistribución de planta. Esta herramienta la emplean empresas como el ingenio, la papelera, la empresa de alimentos y confitería, entre otras. Estas reuniones permiten tener en cuenta los requisitos de los distintos grupos de interés y tienen el objetivo de proponer alternativas de layouts, evaluarlas y finalmente seleccionar la que se va a presentar al ente que aprueba el proyecto dentro de cada organización (por ejemplo la Junta Directiva).

Los requisitos principales de un proyecto pueden variar de acuerdo a las necesidades, los grupos de interés y el tipo de empresa. Por ejemplo en el laboratorio americano los requisitos principales fueron los del área de ingeniería, que determina si se puede implementar un layout como está propuesto. Esa decisión depende de la estructura física; a veces hay paredes o columnas que no se ven en el plano del diseño básico o conceptual y por ello se necesita aplicar al mismo ciertos cambios. Adicionalmente esta área determina todos los puntos de conexión con los servicios de aire, agua, energía, y los cambios en las instalaciones.

En general en la industria farmacéutica, los requisitos del área de calidad juegan un papel vital para los proyectos de redistribución. Se tiene que asegurar que las áreas estén libres de contaminación, de acuerdo con las legislaciones y regulaciones sanitarias, debido a que se manipulan medicamentos, implementos

hospitalarios, entre otros. Esto crea un conflicto con los proyectos de redistribución ya que muchas veces éstos involucran obras civiles con altos grados de contaminación, no sólo por los materiales de construcción y el polvo, sino también por el personal del contratista que entra a la planta, no cuenta con el equipo de protección y al que no se le han exigido los exámenes de salud requeridos para moverse dentro de la planta.

Sin embargo, en otro tipo de industrias como los ingenios azucareros, su sistema productivo está diseñado para eliminar los agentes extraños y la contaminación del producto a lo largo de cada fase, por lo que las precauciones y requisitos del área de calidad en relación con las actividades de construcción y redistribución de planta, no son tan estrictos. El requisito de calidad de disminuir la contaminación en la planta puede cubrirse ubicando una malla de aislamiento. Un requisito importante para las empresas de éste sector tiene que ver con las especificaciones de las máquinas que se van a comprar. Por ello el jefe de planta del ingenio trabajó en conjunto con la Universidad del Valle, para determinar las especificaciones de la caldera que se necesitaba, suministrarlas al proveedor seleccionado y hacer las cotizaciones iniciales.

Los requisitos que son importantes para el proyecto de la litografía son la seguridad y el control que se debe tener sobre línea de impresión de rollos de papel para bancos, registradoras, chances. Dicha línea debe estar sellada y tener acceso restringido, puesto que el producto final tiene información confidencial del cliente que manda a imprimir sus formatos. Por ejemplo si un formulario de alguna empresa de chances se pierde, esto puede representar mucho dinero, no por lo que valga el formulario, sino porque alguien puede llenarlo y hacerse pasar por el ganador del premio, ya que el formulario es legal.

Por último, en el proyecto de la compañía de baterías un requisito importante fue incorporar a las instalaciones una mayor protección para el medio ambiente. Una de las medidas para lograr lo anterior fue crear la planta de reciclaje desde cero. El proceso de reciclaje consiste en que las baterías entran a un patio, se trituran y son separadas en sus componentes (el plomo, el plástico y ácido). El plomo que sale, se carga al horno de la planta, se le echan unos aditivos y se produce el plomo metálico (el plomo que tiene la batería está en forma no metálica, en óxido de sulfatos). Luego se dirige a otra área que se llama refinación donde se hace la extracción de los materiales que no se necesitan, se adecúa a plomo puro y se les entregan los lingotes a las áreas que producen nuevamente las partes de la batería. El reciclaje de plomo es de los procesos que retorna más cantidad de material a su origen. Cuando se muele una batería, el plomo reciclado es del 99.8%, solo se pierde el 0.2%, que es una cantidad muy baja que corresponde a lo que se pierde en el agua, la atmósfera o en la escoria.

Definir el Alcance

En general se evidenció que el alcance del proyecto también depende de la necesidad que lo impulsa. Por ejemplo el alcance del proyecto del laboratorio colombiano dependía de la necesidad de insertar un nuevo producto a la línea de líquidos, por lo que se requería una nueva máquina, y esto hizo que el proyecto de redistribución no cambiara las diferentes áreas de la planta, sino que buscara reorganizar sólo algunas máquinas y áreas con el fin único de introducir la nueva máquina.

Crear la EDT, definir y secuenciar las actividades, estimar los recursos y el tiempo de las actividades, para desarrollar el Cronograma.

En la empresa del sector de confitería se obtuvo información muy completa acerca de las etapas y entregables dentro de un proyecto de este tipo. Las etapas que ellos tienen establecidas son:

- Definición del proyecto y presentación para su aprobación.
- Desarrollo de la planeación detallada del proyecto: incluye el desarrollo detallado del nuevo diseño de planta, la selección de los contratistas para construcción, adaptación de servicios e instalación de maquinaria, la compra de maquinaria nueva, la creación de un presupuesto y cronograma más detallados y una reevaluación económica del proyecto.
- Ejecución del proyecto: se realizan todas las actividades de construcción, movimiento y reinstalación de equipos.
- Verificación del arranque de las áreas que se movieron o de toda la planta, si es el caso.
- Entrega de aceptación: en la que se cierran los procesos con los contratistas y se acepta el diseño ya implementado en las instalaciones.
- Verificación de la operación: se hace un seguimiento de la producción y los indicadores en planta, para verificar que no haya surgido ninguna falla a partir de la redistribución.

Los entregables dentro de un proyecto de redistribución de planta son:

- El caso de negocio: que se logra a través de la etapa de definición y presenta los objetivos del proyecto, los indicadores de desempeño, compara la distribución actual con la nueva propuesta, señala los riesgos del proyecto, un posible presupuesto y cronograma, el equipo que desarrollará el proyecto, y una evaluación económica.
- Detalle de los subcontratistas, con el presupuesto y el cronograma de cada uno.
- Cumplimiento de la programación.
- Ejecución financiera.
- Documento de entrega de aceptación.

En el laboratorio farmacéutico colombiano, como ya se han realizado proyectos similares, se recurre a los mismos para seleccionar las actividades más críticas que se van a desarrollar. Sobre ese inventario de actividades, se revisa si faltan algunas. Las actividades que tienen definidas para las redistribuciones de planta son:

- Diseño de la nueva disposición de la planta: el encargado del proyecto revisa el proceso, y si se requiere, realiza visitas a otras empresas para mirar cómo se encuentra organizada su planta. Éste pinta el proceso conceptualmente en el plano y hace el levantamiento de la tabla de servicios para las máquinas. La tabla de servicios incluye los requerimientos de la máquina en cuanto a aire acondicionado, aire comprimido, sistema eléctrico, agua, etc.
- Diseño de redes: incluye solicitar los planos viejos con sus servicios asociados, de la última modificación o expansión. Estos planos se entregan a los contratistas. Generalmente se trabaja con los mismos contratistas, a menos que hayan incumplido o que no tengan disponibilidad. Para este proceso, los ingenieros mecánicos y de mantenimiento prestan apoyo. Si no se cuenta con ellos, se llama a un tercero conocido como “interventor”. Éste proviene de una empresa especializada en asuntos técnicos. El interventor se encarga de supervisar el trabajo de los contratistas. Esta persona da fe del trabajo de los mismos y si llega a equivocarse debe pagar una alta suma de dinero. Se trata de algo similar a un seguro.
- Levantamiento de inventarios y aprovisionamiento: cuando uno redistribuye una planta, se puede requerir un paro en ella y para ello se necesita abastecerse de inventario.
- Contratación de personal para el funcionamiento de nuevas áreas o líneas.
- Reubicación de personal de la empresa en otras zonas, ajustes a los salarios y entrenamiento en sus nuevas tareas.
- Construcción y actividades de instalación de equipos: incluye todas las modificaciones de infraestructura que se le conceden a un contratista, la reubicación, conexión y calibración de equipos, y su arranque. Para la empresa, ésta es una sola actividad, pero para el contratista contiene las diversas actividades que debe realizar. Por ejemplo, cuando se realiza la instalación de sistemas de aire, se tienen actividades como: energización, balanceo de aire, calificación (se mide lo que entrega el aire en cuanto a variables como presión, temperatura, y filtración), certificación y entrega.
- Procesos de validación: el personal interno de la empresa, de servicios técnicos y calidad, verifica que la instalación de los servicios y los equipos haya sido correcta. Adicionalmente, se hacen pruebas en los diferentes ambientes como agua y aire para evaluar sus niveles de esterilización.
- Trámites ante el INVIMA: todos los proyectos de redistribución de planta requieren una aprobación del nuevo diseño por parte de la autoridad competente, que en este caso es el INVIMA. El INVIMA se demora en contestar y planear la visita.

- Visita de certificación del INVIMA: para ésta se requiere haber modificado los procesos y procedimientos en la planta y haber documentado dichos cambios.
- Actividades para lograr la estabilidad del nuevo producto (si la redistribución surgió por la introducción del mismo).
- Presupuesto: no hace referencia al presupuesto del proyecto, sino de la operación de la planta. Cuando se realiza una redistribución, puede variar el costo de la mano de obra o de los servicios. Entonces, el resto del año en el que se hace la redistribución se incurre en sobrecostos de operación, por lo que se debe ajustar el presupuesto y se requiere que sea aprobado por el área financiera.

Se ha evidenciado que la definición de las actividades depende de los equipos a instalar y del nuevo diseño. Las actividades que se han definido para el proyecto de la litografía son de acuerdo al diseño que planteó el jefe de planta pensando en las conexiones de los servicios y la distribución del espacio. Primero se van a ejecutar las actividades requeridas para ampliar la línea de impresión de rollos, teniendo en cuenta las conexiones y adaptando la ventilación, que es muy importante porque los olores que expiden las tintas.

En el ingenio se basaron en el listado de equipos que requerían para todos los nuevos diseños, y a partir de éstos se determinaron todas las actividades necesarias. Los proveedores de los equipos como el de la caldera, proporcionan instructivos para realizar el montaje y ensamblaje de los mismos. La entrega de la caldera era un hito en el cronograma, debido a su alta inversión, a que éste equipo era crítico para todo el proyecto y significaba la mayor proporción de inversión.

En el caso de la metalmecánica, uno de los proyectos de redistribución implementados buscaba reorganizar todas las áreas para eliminar la contaminación cruzada. El resultado de la definición y secuenciación de las actividades se muestra a continuación.

1. En primer lugar, establecer el nuevo diseño de planta que se quiere implementar. Para valorar si un diseño es mejor que otro, se debe mirar el impacto en el tiempo de proceso. Se debe totalizar el tiempo de proceso para cada alternativa de diseño, escoger la que permita la mayor reducción de tiempo. Luego se pasa a establecer la diferencia de tiempo entre el diseño actual y el nuevo. Se escoge una medida de valoración para ese ahorro en tiempo, por ejemplo, costo por hora-hombre, y se totaliza el ahorro en términos monetarios.
2. Si el proyecto requiere expansión sobre el área urbana, o en niveles superiores, se debe consultar a las autoridades competentes dentro del municipio (Control Físico - Secretaría de la municipalidad).

3. También se necesita hacer un análisis de los requerimientos en cuanto a energía y demás servicios, y añadir estas consideraciones al plano del diseño que se tiene.
4. Posteriormente se debe presupuestar cuánto vale la redistribución de planta, contrastar ese costo con el beneficio debido al ahorro en tiempo del proceso valorar económicamente el proyecto.
5. Desarrollar las actividades de construcción, como por ejemplo, la creación del mezzanine (realizado durante el primer proyecto. Si no hay construcción, se realizan las adaptaciones necesarias en las instalaciones como
6. Luego se debe dar inicio a la adaptación de los servicios de energía, al establecimiento de conexiones necesarias, etc.
7. Llevar a cabo la reorganización de los equipos, que debe ser supervisada para que éstos no sufran ningún daño.

En otro proyecto de reorganización lo que se buscó fue reemplazar un transformador viejo y algunas de las máquinas que estaban obsoletas. Lo primero que se hizo fue la revisión del transformador y el resto del sistema eléctrico. Luego se efectuó el cambio del transformador. Posteriormente se contactó el proveedor de los equipos de soldadura, y se dieron de baja algunos de los viejos. Finalmente se adecuaron las conexiones para los equipos y se movieron algunas áreas de trabajo para crear un espacio de almacenaje para estos equipos portátiles.

La mayoría de las empresas grandes utiliza Microsoft Project y Excel como herramientas para desarrollar el cronograma. Mediante estas mismas controlan el cronograma en la ejecución del proyecto.

La mayoría de las estimaciones de los recursos y del tiempo de las actividades se realizaron por medio de referencias de proyectos anteriores o con el apoyo de los contratistas. Es muy importante resaltar que en el momento de plantear el cronograma, la mayoría de las empresas tuvo en cuenta que los paros afectaban su producción. Por ello, por ejemplo en la compañía de bebidas, no se paró la producción durante la implementación del proyecto, sino que las plantas antiguas continuaron trabajando, hasta que la nueva planta estaba lista. En el ingenio, las actividades de redistribución se adaptaron a las paradas de la fábrica que se realizaban cada 15 días. En el laboratorio colombiano se han realizado proyectos de redistribución con paros y sin paros en la planta. En el primer caso se requiere levantar inventario, y en el segundo caso, se programa la implementación del proyecto en un periodo de paro habitual de la planta.

Planear las Adquisiciones

En el caso del ingenio y la papelera, este paso fue muy importante debido a las especificaciones de los equipos y la complejidad de encontrar un proveedor que hiciera las calderas a su medida, con las especificaciones que requerían. Debido a

esto, la adquisición de la maquinaria puede empezar inclusive antes de formular el proyecto formalmente.

Determinar Nuevo Layout

En la determinación del nuevo layout cabe resaltar que no se utiliza ningún método o algoritmo de distribución de planta para hacer las propuestas. La herramienta que se utiliza son las reuniones multifuncionales que incluyen a todos los interesados. En el laboratorio americano, una persona iba haciendo las modificaciones al layout en autocar durante las reuniones. Puede que la propuesta que surja sea analizada por algún asesor externo e incluso extranjero.

Planear la Calidad

En las empresas grandes, para que el diseño implementado en planta fuera exitoso se buscó tener en cuenta la mayor cantidad de factores y recomendaciones de las diferentes áreas interesadas, antes de aprobar la alternativa de diseño final. Además, en todos los proyectos se hacía énfasis en que el contratista cumpliera con las condiciones y los requerimientos de la obra o de las conexiones. Para ello en el proyecto de la compañía de bebidas el contratista constituyó unas pólizas a través de Corredores de Seguros Aress S.A. Entre ellas se encontraban:

- La póliza de cumplimiento de las cláusulas del contrato.
- La póliza de anticipo, para garantizar una correcta inversión y manejo.
- La póliza de estabilidad de la obra, para garantizar su calidad y durabilidad.
- La póliza de salarios y prestaciones sociales, para garantizar el cumplimiento de dichas obligaciones con el personal dentro de la obra.
- La póliza de responsabilidad civil extra contractual.

Este proceso fue un desafío para la empresa de baterías debido a que su proceso productivo tiene desechos tóxicos y la planta está cerca de la población. En el momento en el que ésta adquirió un lote contiguo para ubicar su planta de reciclaje de baterías, se debieron tener en cuenta muchas regulaciones. Por otra parte en los proyectos como el del ingenio, donde los equipos representaban una alta inversión, se realizaban controles de éstos, de sus montajes y se aseguraba al escoger los proveedores, que éstos contaran con las certificaciones adecuadas. Lo anterior debido a que tener una auditoria sobre los proveedores aumentaba en un 20% la inversión y era preferible basarse en la confianza y reputación de los mismos. En el montaje sí era necesario estar controlando la calidad debido a la eficiencia térmica que se requiere como por ejemplo sobre las soldaduras o pegas. Además, los especialistas dentro del ingenio en cada área se encargaron de certificar la calidad respectiva gracias a que en ésta empresa cuentan con un área robusta de ingeniería

Manejo de los riesgos

Se identificó que en el laboratorio farmacéutico colombiano y en general en la mayoría de las empresas, el análisis de riesgos es apoyado por el área de salud, ambiente y seguridad. Ésta se encarga de la seguridad en el trabajo, la salud, y del tema de emisiones de aire y agua. Son expertos en regulaciones de seguridad y ambientales. Sus representantes en la junta interdisciplinar señalan los riesgos durante las reuniones que se hacen para crear el nuevo diseño de planta y los nuevos procesos.

En el laboratorio americano se establece un análisis AMEF para cada cambio en la distribución. Esto se hace durante un comité en el que se miran los diferentes riesgos ya sea en cuanto a seguridad, calidad, etc. Se determina si se debe realizar algún plan de contingencia.

En el ingenio se hizo un estudio de riesgos con el departamento de seguridad industrial, y una firma subcontratada de Cali (Roberto Caicedo) realizó los diseños para mitigar dichos riesgos para las bases y estructuras (cimentaciones), entre otros. Se establecieron pólizas con las compañías de seguros, con un pull que lo administra Royals, para cubrirse para esos riesgos.

Por otra parte la compañía de bebidas no realizó un análisis de riesgos detallado, pero se tomaron medidas para el cumplimiento por parte de los contratistas y la seguridad del personal involucrado. Por otro lado se tuvo precaución y visión hacia el futuro al dejar una holgura en el área de la planta, con miras a introducir otras líneas de productos.

Desarrollar el Plan de Recursos Humanos

Generalmente los proyectos de redistribución implican una subcontratación pero primero se determina qué personal se tiene en la compañía que pueda colaborar y trabajar en el proyecto.

Puede requerirse contratar personal para nuevas zonas, líneas o áreas de operación en la planta. Esto es común cuando se introducen nuevos pasos en los procesos, nuevos productos o líneas de negocio.

Comunicaciones

En general el canal de comunicación en un proyecto de redistribución de planta corresponde a las reuniones periódicas a través de las que se logra planear el mismo. El rol de la comunicación es apoyar el proceso de planeación y ejecución del proyecto. Ésta se presenta entre los departamentos involucrados como: salud ocupacional, calidad, proyectos, planta, finanzas, etc.

Los aspectos más importantes dentro de la información que se debe transmitir son:

- La aprobación del proyecto,
- Las decisiones que salen de cada reunión,
- El momento del inicio de la implementación del nuevo diseño
- Los resultados de la ejecución,
- Los cambios o modificaciones durante todo el proceso.
- El conjunto de requerimientos por parte de las áreas operativas, con el fin de poder establecer una distribución de planta que los satisfaga.

Como ejemplo se explicará a continuación específicamente el proceso de comunicación del laboratorio americano durante el proyecto de redistribución de planta. Este se basa en reuniones. El área de excelencia de operaciones tiene una revisión trimestral de todo lo que tiene que ver con los mapas y los proyectos asociados a los mapas, dentro de la estrategia de Lean Manufacturing.

Semanalmente cada gerente con su equipo se reúne y mira cómo van sus proyectos, sus compromisos, y cuestiones más específicas. Como todas estas iniciativas de proyectos son una parte de la planeación estratégica y vienen desde la corporación, se tiene una lista que indica cuáles son los proyectos claves, a cuáles quieren llegar y eso se traduce a cada plano de organización. Se trabaja mediante una estructura de desglose de trabajo pero a nivel de organigrama y funciones con respecto los objetivos estratégicos de la empresa.

Adicional a las reuniones semanales, todos los días hay una reunión del piso donde están los gerentes y algunos supervisores revisando los indicadores diarios de eficiencia, los tiempos perdidos, los eventos de seguridad, calidad que vayan distorsionando esa meta a la cual se está apuntando. También hay reuniones mensuales de resultados donde cada área presenta como va, como cerró y que ahorros se lograron. Por ejemplo, las áreas productivas muestran cómo fueron sus gastos, su eficiencia, y sus variaciones. El área de excelencia muestra qué proyectos se están implementando, cuáles se cerraron, cuáles ahorros se han dado, etc.

Además antes de arrancar la planta con la nueva distribución se hace todo el despliegue de la comunicación del cambio. Esto consiste en capacitar a los supervisores y operarios sobre sus nuevos puestos de trabajo o funciones, incorporar las ideas que estos puedan aportar e informar al personal administrativo sobre la culminación del proyecto.

Estimar los Costos y establecer el presupuesto

Los costos más representativos son los de los equipos y la subcontratación de las obras civiles. En la empresa de baterías los gastos que más se vieron afectados

fueron en ingeniería, porque no contaban con el personal para diseñar la nueva planta y establecer los detalles técnicos. Se tenían 3 personas encargadas de estructurar el proyecto, y se subcontrató lo que es ingeniería, la parte de aguas lluvias, de cableado, eléctrica, electrónica, mecánica, estructural, etc.

Para establecer el presupuesto se hacen las cotizaciones respectivas, lo que servirá posteriormente para realizar una evaluación económica del proyecto, con un valor presente neto, la TIR, el período de recuperación de la inversión, y el aporte del mismo al margen de la compañía. Por ejemplo, la persona entrevistada en el laboratorio colombiano, hizo mucho énfasis en que, debido a que el proyecto se generó por la introducción de un equipo nuevo, causado esto a su vez por la introducción de un nuevo producto dentro de una línea existente, el iniciador del proyecto debe identificar el volumen de producción del nuevo producto, puesto que de acuerdo con éste, se amortiza el proyecto. A continuación se presenta un ejemplo sobre cómo determinar en cuánto tiempo se recupera la inversión inicial de un proyecto. Si la inversión es de \$1000.000.000, las ventas al año en unidades son de 200.000 y cada unidad le genera a la empresa \$1 de ingresos, las ventas en pesos son de \$200.000 y por tanto la inversión se recupera en $\$1000.000.000/\200.000 años, es decir en 5000 años. El tiempo de retorno anterior claramente no tiene sentido y no justifica el proyecto. Si en cambio las ventas son de 200.000.000 unidades, entonces el período de recuperación sería de 5 años, lo que es razonable para un proyecto de este tipo. El cálculo de la inversión inicial aproximada para presentar el proyecto para aprobación, se puede hacer a través de cotizaciones y referencias de otros proyectos similares, identificando:

- Costos de Construcción, que incluye materiales y el servicio entregado por el contratista.
- Costo de contratar a un arquitecto, empresa de ingeniería, especialistas en adaptación de servicios eléctricos, de agua, tuberías.
- Compra de equipos.
- Costo de mover las máquinas de su antiguo a su nuevo lugar.
- Mano de obra
- Validaciones: corresponde al costo del trabajo del personal interno que verifica y controla el proceso de construcción y conexión de equipos. Cuando no hay personal interno disponible se contrata externamente.

En el laboratorio americano, los costos que se consideran son muy similares. El área de Ingeniería define cuánto vale el proyecto, y el gerente de área y el gerente de toda la planta deciden si se realiza el proyecto o no, dependiendo del presupuesto que se tiene, o si el mismo proyecto se puede pagar con los ahorros operativos que genera o con los beneficios que produce en el ambiente de trabajo, las cargas laborales, entre otros, que no se miden en un resultado tangible, pero ponen la balanza a favor del proyecto.

GRUPO DE PROCESOS DE ADAPTACIÓN DE LA PLANEACIÓN

A estos procesos se pasa cuando el proyecto ha sido aprobado. En la empresa papelera, inicialmente se hace una aprobación desde el área financiera. En la empresa se tienen tres tipos de proyectos: los de continuidad de negocio, los internos de excelencia y aquellos que van acorde a la estrategia de la compañía. Todos estos proyectos que surgen, se revisan y seleccionan de acuerdo a su urgencia, pero sobre todo por su periodo de retorno de la inversión.

Durante los procesos de adaptación de la planeación se refina el diseño de planta que se ha escogido, se tienen en cuenta otras recomendaciones de las áreas involucradas, de expertos, y luego se pasa a un proceso de modificación de la ingeniería de detalle. Se recogen los planos que contienen la alimentación de los servicios y los detalles de infraestructura. En la empresa de productos de confitería normalmente se contrata a una empresa que se encargue de tomar los planos que surgieron de la última modificación y establecer los movimientos de los puntos de alimentación, los cambios dentro de las instalaciones. Cuando esta empresa especializada en ingeniería tiene lista la propuesta de los planos con los cambios se presenta en una reunión con las diferentes áreas de la empresa para que sean validados. Si han surgido cambios en el presupuesto y en el cronograma éstos se actualizan.

GRUPO DE PROCESOS DE EJECUCIÓN

Los procesos de ejecución quedan descritos principalmente por las etapas de planeación y se busca que se ejerza un control sobre los mismos, para estar monitoreando cualquier cambio, problema o anomalía.

GRUPO DE PROCESOS DE CONTROL

Los procesos de control se llevan a cabo durante la planeación y la ejecución, lo que permite un buen cierre de proyecto, sin tantas complicaciones. La siderúrgica tiene un sistema para manejar todos los proyectos, en el que se debe tener un presupuesto aprobado, una curva de cumplimiento, manejar indicadores sobre el desarrollo de las tareas, establecer si se detuvo el proyecto, si hay que hacer un RAI, es decir, una reformulación del proyecto, y pedir más capital. En general, las empresas que cuentan con sistemas como SAP, tienen una ventaja puesto que éste les permite llevar un muy buen control en tiempo real, y asignar los costos a unas cuentas asignadas específicamente para el proyecto.

Los elementos que más se controlan en los proyectos de redistribución de planta son los costos y el cronograma.

Controlar los costos

El laboratorio farmacéutico colombiano cumplió el presupuesto en el proyecto de introducción del producto nuevo en la línea de líquidos. Sin embargo, si se requiere más presupuesto, el ingeniero de proyectos pide aprobación ya sea al vicepresidente de producción, o al de logística. Dependiendo de la magnitud de dicho presupuesto adicional, la decisión puede escalar a niveles más altos como a la dirección de las unidades de negocio, al vicepresidente financiero o a la presidencia general. Ahora, el presupuesto general del proyecto del ingenio no se cumplió. Esto se debió a las modificaciones de tuberías y las mejoras que fueron surgiendo con algunos mini-proyectos que se aprobaron a lo largo de la ejecución del proyecto inicial. La estimación de costos más exacta ocurrió para la motorización de los molinos.

Una forma con la que la empresa del mercado de bebidas se cubre para las modificaciones de presupuesto de los proyectos durante su desarrollo consiste en establecer en el presupuesto inicial una holgura de por ejemplo el 30%, para la que empresa no se vaya a quedar corta si surge un gasto adicional. Normalmente no se ha excedido ese porcentaje de holgura.

Controlar el cronograma

El control del cronograma las empresas lo realizan con Microsoft Project o Excel. En el caso de la compañía papelera, día a día durante la ejecución del proyecto, ésta va ingresando los avances y realizando una curva de cumplimiento o adecuando los cambios necesarios que vayan surgiendo.

8.3.2 Beneficios

A continuación se señalan los beneficios que las personas entrevistadas dentro de las empresas identifican para la guía de proyectos de redistribución de planta.

- Un beneficio de contar con una guía para realizar los proyectos de redistribución de planta consiste en que la experiencia y el conocimiento necesarios para implementar estos proyectos se puede tener disponible en cualquier momento, sin tener que depender de lo que recuerde cierto experto en el tema y sin tener que ponerse a pensar desde cero, cómo hacer su planeación. Adicionalmente sirve para evitar que se dejen detalles por fuera y para ganar tiempo en la planeación.
- Es un conjunto de elementos que se deben tener en cuenta, lo cual da un lineamiento para llevar a cabo este tipo de proyectos. Permite que personas que no sean ingenieras o no hayan realizado este tipo de proyectos anteriormente, tengan más bases en el momento de direccionar un proyecto de

este tipo.

- El beneficio es tener control y poder asegurar a los inversionistas el retorno esperado, ejecutar el proyecto dentro del mapa del tiempo, costo y alcance planeado. Contribuye con una reducción de la variabilidad, ya que las personas introducen variabilidad a los procesos si estos no están explícitos en un manual o guía.
- Los beneficios de utilizar una guía para un proyecto de redistribución es que ofrece una base completa a seguir en un lenguaje entendible para las personas que están a cargo del proyecto como es el caso de algún gerente.
- Todo proyecto es similar a la construcción de un Airbus. El Airbus 380 sale, pero después de que hacen los 2 ó 3 primeros, se les empiezan a hacer modificaciones y mejoras. Eso es la experiencia, lo que se aprende en la práctica. Sin embargo, todas las experiencias, conocimientos y acciones no quedan documentadas. Al tener una guía, que pueda estarse modificando, no se perdería ese conocimiento. Algunas empresas colombianas por lo general no tienen la cultura de documentar los procesos y utilizarlos para futuros proyectos. Esto es diferente al caso de las multinacionales, que tal vez si cuentan con dichas prácticas, porque reciben instrucciones de sus países de origen. Sería interesante que ese servicio de asesoría, guía en los proyectos y documentación de los mismos, pudiera plantarse como un negocio, cuyos clientes sean las empresas colombianas de mediano y pequeño tamaño.

8.4 OBJETIVO 4: ORGANIZAR LA INFORMACIÓN DE LA GUÍA METODOLÓGICA MEDIANTE EL ESTABLECIMIENTO DE CATEGORÍAS CORRESPONDIENTES A ASPECTOS COMUNES IDENTIFICADOS EN LAS EMPRESAS DE LAS INDUSTRIAS MÁS IMPORTANTES DE CALI Y SUS ZONAS DE INFLUENCIA.

Para el estudio realizado acerca de los proyectos de redistribución de planta en empresas grandes de la región se quiso identificar aspectos comunes entre ellos, con el fin de determinar unas categorías o clases de proyectos. En primera instancia se pensó que podría establecerse una categorización por tipos de empresas o sectores como el azucarero, el papelerero, el farmacéutico, entre otros, sin embargo a través de las visitas a las empresas se pudo evidenciar que si se establecen las categorías de dicha forma, las diferencias relacionadas con la planeación y ejecución de los proyectos de redistribución de planta tienen un nivel de detalle muy elevado ya que son bastante técnicas. Finalmente se consideró que una diferencia sustancial entre los proyectos de redistribución de planta puede estar dada por el objetivo o necesidad principal que los impulsa.

Se identificaron cuatro categorías de proyectos de acuerdo con el criterio anterior. Éstas corresponden a proyectos que busquen un aumento de la capacidad, un cambio del sistema productivo, un aumento de eficiencia y la reducción de costos,

o la implementación de algún tipo de filosofía o estrategia empresarial. A continuación se da una descripción de cada tipo de proyecto.

- **Proyecto de redistribución de planta para el aumento de la capacidad**
Conserva el mismo sistema productivo, los mismos productos y el tipo de maquinaria, pero implica un aumento de la cantidad de máquinas, equipos existentes o una ampliación de estaciones de trabajo actuales. Se va a generar una redistribución de planta siempre y cuando el hecho de traer nuevas máquinas, o de ampliar las estaciones de trabajo, requiera una reorganización de varias entidades (departamentos, máquinas, etc.), y no se pueda lograr con solo poner las máquinas en un espacio libre o vacío existente, dado que en este último caso no habría una relocalización.
- **Proyecto de redistribución de planta para incorporar un cambio al sistema productivo**
Abarca la introducción de nuevas líneas de productos, de nuevos productos específicamente o de pasos adicionales dentro del proceso, como por ejemplo una nueva etapa de empaque o de esterilización. Las modificaciones anteriores corresponden a cambios del sistema productivo, puesto que modifican procesos y flujos ya establecidos o incorporan unos nuevos.
- **Proyecto de redistribución de planta para el aumento de eficiencia y reducción de costos**
Implica unos cambios en la localización de los departamentos, pero la estructura general se mantiene. Busca reducir los costos de manejo de materiales y de transporte y mejorar algunas características operativas como el tiempo del proceso, la congestión, los altos inventarios de producto en proceso y eliminar los flujos cruzados o en reversa. En la búsqueda de una mejora puede ser necesario involucrar a la gran mayoría de departamentos.
- **Proyecto de redistribución para implementar una filosofía o estrategia empresarial**
Este tipo de proyectos tienen unos enfoques mucho más específicos. Un ejemplo consiste en la aplicación de Lean Manufacturing, filosofía que ya tiene unos principios, métodos y prácticas establecidos, y que deben ser aprendidos y aplicados por los precursores del proyecto para lograr determinados resultados deseados. También puede darse el caso en el que se requiera seguir alguna estrategia o parámetro establecido por empresas clientes, o por la empresa en conjunto con los proveedores

En general se podría dar una descripción como se observa en la tabla a continuación.

Tabla 7. Tipos de proyectos de redistribución

		Aumento Capacidad	Cambio Sistema Productivo	Aumentar eficiencia y reducir costos	Implementación de algún tipo de filosofía/estrategia empresarial
Cambio en Infraestructura	Si	Requiere cambios en la infraestructura debido a la introducción de nueva maquinaria.	Puede requerirse debido a: cambios tecnológicos, la adición de una línea de producto, cambios en el proceso de manufactura, introducciones de nuevas etapas, implicando un cambio en la infraestructura.	Busca mejorar el proceso productivo, los desperdicios en tiempo, reducir las distancias recorridas y finalmente los costos indirectos, como el de manejo de materiales. Cuando los departamentos y máquinas están separados por estructuras como muros, columnas, se requiere modificar esta infraestructura. Adicionalmente adaptar los sistemas de alimentación de servicios requeridos y las conexiones.	Se tiene un enfoque más específico y el objetivo depende de la filosofía o estrategia como por ejemplo Lean Manufacturing donde se realiza un nuevo layout buscando minimizar los desperdicios.

	No	Hay suficiente espacio para ubicar la nueva maquinaria, pero se requiere la reorganización de las máquinas existentes para lograr introducir las nuevas (es necesario un nuevo layout).	Un cambio en el sistema productivo que no implique un cambio de la infraestructura, pero si una reorganización de las maquinaria o áreas existentes.	El nuevo layout no requiere cambios en la infraestructura, ni modificar las conexiones existentes, o los sistemas de alimentación, etc.	El nuevo layout que se quiere implementar de acuerdo a una filosofía o al cambio de la estrategia de la empresa implica una expansión que requiere obra civil, los cuales no tienden a presentarse.
--	-----------	---	--	---	---

Fuente: Los Autores

De acuerdo con estas categorías identificadas se buscaron las diferencias más representativas en cuanto al desarrollo de los proyectos de redistribución de planta. En primera instancia se señalan las condiciones o necesidades que causan la redistribución de planta de acuerdo con cada tipo de proyecto. Posteriormente, se indican las diferencias que se encontraron para la determinación del alcance, las actividades asociadas a la selección del diseño de planta y los factores críticos para escoger la nueva distribución de planta. Se buscó incorporar estas diferencias a la guía para la realización de proyectos de redistribución de planta. Esta guía incluye la guía teórica inicial (resultado del objetivo 1 y 2), el aprendizaje de la investigación que se desarrolló en las empresas de los principales sectores industriales de Cali y sus alrededores (resultado del objetivo 3), y de la categorización que se llevo a cabo (resultado del objetivo 4). La versión resumida de la guía completa se presenta en el anexo Q.

1. Necesidades tipos de proyectos de redistribución

Tabla 8. Necesidades por tipos de proyectos

Aumento Capacidad	Cambio Sistema Productivo	Aumentar eficiencia y reducir costos	Implementación de algún tipo de filosofía/estrategia empresarial
Crecimiento en la demanda	Modificaciones en las mezclas de producto	Altos tiempos de ciclo.	Adaptación de las instalaciones a filosofías de gestión, estrategias, o técnicas de la ingeniería industrial como Lean Manufacturing
Modificaciones en la mezcla de producto	Incorporación de nuevos productos o líneas	Accidentes laborales, falta de ergonomía para el trabajador y malestar del mismo	Fusiones con otras empresas, proveedores, y conexión con sus respectivas instalaciones
Capacidad de respuesta baja ante el cliente	Capacidad de respuesta baja ante el cliente	Altos costos de manejo de materiales	Accidentes laborales, falta de ergonomía para el trabajador y malestar del mismo
	Nuevas Tecnologías	Flujos cruzado	Incorporación de nuevas normativas de seguridad industrial, medio ambiente, buenas prácticas de manufactura, etc.

Cambio de los objetivos estratégicos de la compañía	Obstáculos en las zonas de desplazamiento	
Incorporación de otro tipo de sistema productivo (lineal, celdas, posición fija o funcional) o cambio del actual	Congestión	
	Baja flexibilidad del diseño	
	Tránsito de personal ajeno a las áreas	
	Cuellos de botella	
	Acumulación de producto en proceso	
	Deficiente utilización del espacio	
	Contaminación de los materiales, productos en proceso y productos terminados	
	Automatización de la planta	
	Capacidad de respuesta baja ante el cliente	

Fuente: Los Autores

1. Alcance por tipos de proyectos de redistribución

Aumento Capacidad	Cambio Sistema Productivo	Aumentar eficiencia y reducir costos	Implementación de algún tipo de filosofía/estrategia empresarial
<p>El alcance puede variar en magnitud si el aumento de capacidad se va a realizar sobre todo el sistema o sobre un área específica, un cuello de botella del sistema productivo, etc. También depende de si hay espacio para ubicar la maquinaria que se requiere porque de lo contrario implicaría una expansión, lo que aumentaría el alcance del proyecto notoriamente.</p>	<p>El alcance puede ser corto como también puede abarcar todo el sistema productivo dependiendo de la necesidad por la que se inicia este tipo de proyecto. Puede implicar la adición de una etapa más en una línea como puede significar la modificación en varias estaciones de diferentes líneas o de todo el sistema productivo. Puede requerir una expansión, si no se cuenta con espacio disponible.</p>	<p>Se considera muy importante definir el alcance en este tipo de proyecto ya que puede involucrar todas las áreas de la planta por lo que suele ser un alcance muy amplio. Se busca reubicar de nuevo todas las áreas, maquinas, departamentos y demás entidades, para lograr un objetivo de eficiencia (costo de manejo de materiales, reducción de distancias, tiempo, etc.). Sin embargo, puede estar enfocado a un solo aspecto de la planta como por ejemplo el manejo de materiales o el flujo en el sistema, por lo cual debe especificarse hasta que punto de profundidad y generalización se va a tener en cuenta en el proyecto.</p>	<p>En este tipo de proyecto, el alcance tiende a ser elevado porque al aplicar una filosofía, legislación o estrategia empresarial, se pueden llegar a tocar todas las áreas de la planta. Sin embargo también depende del tipo de estrategia, filosofía que se quiera aplicar, y de sus principios, características y métodos. Si se trata de una norma sobre medio ambiente, puede que sólo sea necesario tocar las áreas donde se manejan los desperdicios, o los puntos de salida de los mismos. Si las instalaciones de un proveedor se incorporan a las de la empresa (como es común en las ensambladoras de carros), es probable que se requiera mover todas las entidades para lograr una distribución en línea, que sea alimentada por las estaciones de los proveedores. Si se quiere implementar Lean Manufacturing, probablemente se revisen todas las líneas o estaciones.</p>

Tabla 9. Alcance por tipos de proyectos de redistribución

Fuente: Los Autores

2. Factores Críticos por tipos de proyectos

Tabla 10. Factores Críticos por tipos de proyectos

Aumento Capacidad	Cambio Sistema Productivo	Aumentar eficiencia y reducir costos	Implementación de algún tipo de filosofía/estrategia empresarial	Comunes
Costo de Adquisición Maquinaria de Producción	Costo de Adquisición Maquinaria de Producción	Costo de Adquisición de Equipo de Manejo de Materiales	Grado de cumplimiento de los principios, características u objetivos de la filosofía/estrategia/legislación.	Costo de levantamiento de inventario para paro en la producción
Costo de Adquisición de Equipo de Manejo de Materiales	Costo de Nuevos Requerimientos de Software	Costo anual de operación y mantenimiento: MO, Utilidad, Mantenimiento, MHE (Comparación)	Costo de Nuevos Requerimientos de Software	Costo del tiempo que se requiere para iniciar la operación correctamente: la instalación y la depuración
Flexibilidad en Volumen	Costo por la sincronización con los programas, el control de inventario y el papeleo	Forma de la distribución	Costo por la sincronización con los programas, el control de inventario y el papeleo	Costo de Adquisición de Terreno para Expansión

Flexibilidad de Expansión del Edificio	Flexibilidad de Expansión del Edificio	Adyacencia de departamentos	Grado en el que se tienen en cuenta la seguridad industrial, la ergonomía, el impacto ambiental, y las actividades de apoyo como el mantenimiento y la seguridad del edificio	Costo de Construcción
Condiciones del lugar natural y construcción (Si implica una expansión)	Referencias de proyectos similares en el entorno que estén haciendo o hayan hecho el cambio	Número y ubicación de pasillos		Costo de Adaptación de Servicios
Espacios Vacíos	Espacios Vacíos	Flexibilidad en las Rutas		Costo de Reorganizar - Movimiento de la maquinaria/ departamentos actuales *Revisión técnica de la conexión y arranque *Transporte de la maquinaria a la nueva ubicación
	Cumplimiento de normativas y legislaciones	Tiempo del proceso y de respuesta al cliente		Valor de Salvamento Futuro
	Tiempo del proceso y de respuesta al cliente	Densidad y Volumen (Tiempo y Distancia)		TIR

	Equipos y métodos de MHE externo	Periodo de Recuperación de la Inversión
	Analizar el acceso de los camiones y patrón de circulación (MHE del Entorno)	Costo de mantener inventario : MP, PP, PT
	Complejidad del equipo de manejo de materiales	Claridad-Despeje
	Compatibilidad de la construcción del edificio y el equipo de manejo de materiales	Suficiencia y Utilización del Espacio
		Patrones de Flujo
		Robustez de la Capacidad del Equipo
		Seguridad Industrial
		Conformidad de los trabajadores-Servicios relativos al personal
		Seguridad de la Propiedad
		Acceso para mantenimiento

Fuente: Los Autores

Para los proyectos de aumento de capacidad uno de los factores más críticos es el costo de adquisición de maquinaria y de equipos de manejo de materiales puesto que representa el mayor porcentaje dentro de los costos del proyecto de redistribución. Además, si en el proyecto no se logran identificar espacios vacíos para ubicar la maquinaria, se requiere analizar las condiciones del lugar y su construcción para determinar hacia donde se podría implementar una expansión, que requeriría una obra civil e implicaría a su vez un porcentaje considerable dentro de los costos de dicho proyecto. Es importante evaluar qué tanta flexibilidad tiene el diseño que se está proponiendo y el edificio respecto a futuros cambios que surjan, porque esto podría conllevar a más obras civiles y altos costos a corto plazo, que podrían evitarse estableciendo una disposición que tenga facilidad para incorporar modificaciones.

Otro factor a considerar es el costo de levantamiento de inventarios requerido, si se debe parar la producción para implementar el layout, ya que del tiempo de paro de la planta, depende el costo del inventario y el impacto en los costos del proyecto. El tiempo que se requiere para iniciar la operación correctamente, incluye un tiempo en el que puede estar parada la producción y genera un costo similar al anterior. Otros costos para iniciar la operación de forma correcta son los de producto defectuoso inicial. Sin embargo cuando la maquinaria adquirida es del mismo tipo el impacto no es tan grande, porque se cuenta con experiencia en su manejo. Finalmente, es importante evaluar si el nuevo layout permite la flexibilidad de volumen que se requiere para los cambios que se están presentando en la compañía porque esto justifica en gran parte la implementación del proyecto.

En el anexo N se encuentra el caso de estudio del ingenio azucarero el cual el tipo de proyecto era para aumentar capacidad y a su vez cambiar el sistema productivo.

En los proyectos que se presenta un cambio productivo hay factores que se mencionaron anteriormente que deben tenerse en cuenta. Si el proyecto se da por la adquisición de nuevos tipos de máquinas, es necesario identificar los espacios vacíos en las instalaciones para facilitar su ubicación, sin embargo, puede que por el flujo de los productos, dichos espacios no sirvan y se necesite mover toda la distribución actual. Esto requiere un paro en la producción, por lo que se debe tener en cuenta el costo de levantamiento de inventario; si el cambio del sistema productivo implica un cambio en las especificaciones del producto, la cantidad de inventario es un punto crítico para analizar, ya que tiene la posibilidad de quedar obsoleta cuando entre en funcionamiento el sistema ya modificado. Sin embargo, el paro en la producción tiende a ser mayor que en el primer tipo de proyecto y el costo del tiempo que se requiere para iniciar de nuevo las operaciones correctamente también es mayor, debido a que involucra una instalación, capacitación sobre nuevos conocimientos, prácticas, la identificación y corrección de errores al iniciar el funcionamiento del sistema productivo. Por ello puede ser beneficioso analizar qué tan parecido es el layout que se desea implementar a

otros diseños de planta de proyectos exitosos similares en el entorno, para tomarlos como pauta a seguir.

Además, el cambio en los sistemas productivos, se debe incorporar no sólo en los procesos y operaciones, sino también en las tecnologías, el manejo de la información y la documentación, por lo que es importante identificar el impacto que los layouts pueden tener en los costos de nuevos requerimientos de software y de sincronización con los programas, el control de inventario y el papeleo existente. Se debe evaluar si se requiere un tratamiento especial en el proyecto, si éste implica un cambio en el layout que afecte a áreas peligrosas, si para ellas lo requiere la legislación. Por otra parte si el proyecto surge por una legislación, debe medirse qué tanto cada layout cumple con lo que ésta plantea y requiere, o si el cambio en el sistema se genera por la búsqueda de integración con otras plantas, analizar cuál diseño es el que más se ajusta a sus políticas.

En el anexo O se encuentra el caso de estudio del análisis de factores críticos en un laboratorio farmacéutico el cual implemento un proyecto para cambiar el sistema productivo.

Los proyectos que se basan en aumentar la eficiencia y reducir los costos de manejo de materiales tienden a basarse en otros aspectos operativos más específicos para mejorar el layout actual. Sin embargo, también se debe analizar el impacto del nuevo layout en el costo de levantamiento de inventario, ya que estos proyectos pueden implicar un paro de la producción total, es decir de todos los departamentos o entidades. En este tipo de proyecto, el costo del tiempo que se requiere para iniciar la operación correctamente es menor que en los otros tipos de proyectos ya que se cuenta con las mismas máquinas pero se cambia la distribución actual. Para estos proyectos es importante medir el costo anual de operación de la planta para las diferentes alternativas propuestas, porque lo que se busca es mejorar las características operativas y lograr una reducción de costos.

El costo de la adquisición de equipo de manejo de materiales también juega un papel importante, ya que al variar la disposición de todos los departamentos puede que se requiera cambiar los equipos actuales. Además, para aumentar la eficiencia debe analizarse cuál alternativa tiene una mejor forma en la distribución, adyacencia de departamentos, densidad y volumen de flujo de productos, flexibilidad en las rutas, número y ubicación de pasillos, y compatibilidad entre la infraestructura del edificio y el equipo de manejo de materiales. Por último, se debe pensar no sólo en el interior de la planta sino también en su exterior, y cuál de los layouts impacta favorablemente el manejo de materiales externo y la conexión con el sistema interno, ya que éstos también implican costos de manejo de materiales que se pueden reducir.

Para las redistribuciones que surgen por la implementación de alguna estrategia o filosofía empresarial, dependiendo de ésta, se deben considerar los factores que se consideran pertinentes. Por ejemplo, si la filosofía se basa en mejorar las condiciones de los trabajadores es importante determinar cómo las alternativas que se plantean cumplen con las conformidades de los trabajadores en cuanto a servicios relativos al personal, los lugares de trabajo u oficinas, y su ergonomía. Además, se puede considerar el espacio libre requerido u holguras para el mantenimiento de la maquinaria y su ubicación, pues éstos pueden afectar la salud del operario o ponerlo en riesgo. Por otra parte si la estrategia tiende hacia la corriente ambiental debe analizarse cómo los layouts impactan la congestión del tráfico y el ruido en los alrededores, el manejo de los desperdicios y el control de la contaminación, y hasta posiblemente identificar como la fachada e infraestructura de la empresa impacta su entorno. Además si se requiere parar la producción se incurrirá en el costo de levantamiento de inventario y arranque como en los proyectos anteriores.

En el anexo P se encuentra el caso de estudio del análisis de factores críticos en un laboratorio farmacéutico el cual implemento un proyecto para aplicar Lean Manufacturing en su planta.

Por último, existen ciertos factores que se deben considerar en todo tipo de proyecto de redistribución por lo que se presentan en la tabla 1 como “comunes”. Se trata de una sugerencia en cuanto a importancia en general, pero ya depende de cada caso particular, escoger aquellos de mayor interés para la empresa. En todos los tipos de redistribución se puede dar o no una expansión. Entre los factores críticos comunes se tiene el terreno, la construcción y sus costos asociados, en el caso que se requiera expandir el área de las instalaciones. Ahora, por lo general los proyectos impulsan una adaptación en los servicios de energía, alimentación de agua, gas, residuos, etc., puesto que es posible que en las nuevas ubicaciones de las máquinas no se cuente con las conexiones. Se debe buscar aprovechar al máximo las conexiones existentes, para reducir costos de adaptación.

El costo de reorganizar se refiere principalmente al costo de mover la maquinaria de producción y los equipos de manejo de materiales, y de la reinstalación de los mismos. Posterior a ello se requiere una verificación técnica de las conexiones y a supervisión del arranque, que también generan unos costos. Por lo general los proyectos de esta magnitud son evaluados económicamente mediante indicadores como la TIR (tasa interna de retorno) y con el período de recuperación de la inversión, que permiten establecer su viabilidad. En cuanto a costos relacionados con el inventario se tienen el de materia prima, producto en proceso y producto terminado. El costo de producto en proceso tiene una alta importancia porque si es elevado puede deberse a cuellos de botella o congestión en las líneas y se busca que la alternativa sea lo más balanceada y menos congestionada posible.

Con respecto a la relación del espacio se tiene la claridad o despeje, la suficiencia y utilización del espacio. La claridad o despeje corresponde a la extensión del layout libre de construcciones y equipos fijos o permanentes que afectan la efectividad a la hora de realizar la redistribución en el layout existente. La suficiencia del espacio tiene que ver con determinar si existe suficiente espacio disponible para que en el nuevo layout se puedan desarrollar todas las actividades necesarias, generar la capacidad requerida y atender todas las operaciones del proceso. La utilización del espacio corresponde a un índice cuantitativo del área donde se realizan actividades que agregan valor sobre el área total (sin considerar los espacios libres sino únicamente los ocupados). Este índice está mucho más enfocado a una utilización productiva más que a una ocupación netamente del espacio. En cuanto al ámbito del flujo del proceso, se deben tener en cuenta los patrones de flujo que genera cada alternativa, y verificar que en lo posible no haya flujos cruzados ni contraflujos. Por último, se debe evaluar la flexibilidad para cambios en el volumen, en expansión y en las rutas, que es habilidad para producir una parte o producto por rutas diferentes o alternativas a través del siste

3. Actividades asociadas al establecimiento del diseño por tipos de proyectos

Tabla 11. Actividades asociadas al establecimiento del diseño por tipos de proyectos de redistribución

Aumento de Capacidad	Cambio en el Sistema Productivo	Aumentar eficiencia y reducir costos	Implementación filosofía/estrategia empresarial
<p>1. Recoger del área de producción la información sobre nuevas cantidades de producción y flujos.</p>	<p>1. En el caso en el que la motivación principal del proyecto de redistribución de planta sea la introducción de un nuevo producto, una nueva máquina, un nuevo paso o estación dentro del proceso productivo, el área de producción debe encargarse de establecer los nuevos procesos, rutas y flujos, y documentarlos dentro de la empresa. Adicionalmente el área de ventas o mercadeo debe establecer los montos o cantidades que se van a producir. La información anterior alimenta el proceso del diseño del layout.</p>	<p>1. Definir qué objetivo o factor crítico se busca alcanzar. Para ello puede ser de gran ayuda la tabla de factores críticos propuesta en. Normalmente se busca minimizar el costo de manejo de materiales, las distancias recorridas entre máquinas o departamentos. También es común que se busque establecer unas características deseadas en cuanto a la distribución: por ejemplo que zonas ruidosas no estén cercanas a las áreas administrativas, separar zonas contaminadas de aquellas que requieren un cuidado o limpieza especial, etc. Por todo lo anterior, es probable que la redistribución involucre la mayoría de las áreas.</p>	<p>1. Instruir al personal de equipo en la filosofía que se quiere implementar, como por ejemplo Lean Manufacturing, y consultar con expertos sobre el tema. En el caso de que se trate de algún tipo de estrategia empresarial, definir los objetivos que se quieren lograr y cómo se pueden alcanzar a través del diseño. Si lo que se quiere es realizar una fusión con alguna empresa, es probable que se requiera remitirse al tipo de cambio en el sistema productivo. Puede ser común una fusión de punto de llegada con el proveedor o de punto de salida de las instalaciones con el cliente; en este caso, el cambio en el sistema puede que no sea tan grande.</p>

<p>2. Pedir al proveedor especificaciones de la maquinaria. Las especificaciones técnicas de la maquinaria no juegan un papel tan crítico en este tipo de proyecto, puesto que se trata de la misma clase de maquinaria y es probable que ya se tenga experiencia en el manejo de la misma y se cuente con ellas dentro de la empresa.</p>	<p>2. Al introducir nueva maquinaria es importante obtener la ficha técnica de las máquinas y sus requerimientos adicionales. Por ello en este punto se debe dar continuidad al proceso de planear las adquisiciones y pedir al proveedor que envíe toda la información que se requiera para la distribución. Dicha información puede pedirse en este momento, y tendrá una mayor utilidad cuando se le realice la ingeniería detallada a los planos.</p>	<p>2. Establecer si se requiere una expansión de las áreas actuales. Si es así documentar cada departamento o entidad de la empresa con su respectiva área requerida. De lo contrario, establecer las áreas actuales.</p>	<p>2. Cuando se disponga de la información anterior, los procesos de diseño de layout pueden ser muy similares a los anteriores. Se busca establecer las necesidades de área y verificar que se cuente con la misma, y si no es así es probable que se deba hacer una expansión.</p>
<p>3. Obtener las dimensiones del diseño anterior, y establecer los espacios vacíos o disponibles. Determinar si hay monumentos (equipos muy pesados que no pueden moverse y que están fijos).</p>	<p>3. Obtener las dimensiones del diseño anterior, y establecer los espacios vacíos o disponibles. Determinar si hay monumentos (equipos muy pesados que no pueden moverse y que están fijos).</p>	<p>3. Determinar los puntos que se van a tener como referencia para la entrada y salida de materiales, y movimientos en general para cada departamento. De acuerdo con esto, si se requiere hacer un análisis de distancias y costo de manejo de materiales, se contará con la información.</p>	

<p>4. Establecer el espacio requerido para las nuevas máquinas.</p>	<p>4. Armar la nueva línea (secuencia lógica)/ añadir la nueva máquina, nuevo paso o proceso a la línea, familia, celda o conjunto de máquinas. Determinar requerimientos de espacio de estos nuevos conjuntos</p>	<p>4. Establecer el diseño actual con las expansiones y tomarlo como punto de partida. Evaluar el criterio seleccionado, ya sea de costos, distancia o adyacencia.</p>
<p>5. Si el espacio disponible es menor que el requerido para la nueva maquinaria, buscar posibles puntos donde se pueda dar una expansión, ya sea sobre el mismo nivel o utilizando los niveles o pisos superiores. Si se incurre en una expansión puede ser muy útil dejar un espacio adicional para expansiones futuras. Agregar el área de posible expansión al plano.</p>	<p>5. Si no se cuenta con el espacio suficiente, se requiere una expansión e identificar las áreas candidatas para realizarlo. Probablemente se requerirá aprovechar la expansión para hacer modificaciones estructurales, de alimentación de servicios y de conexiones, puesto que un cambio en el sistema productivo genera una mayor proporción de cambios que en el primer tipo de redistribución (con objetivo de aumento de capacidad).</p>	<p>5. Presentar varias posibilidades de nuevas distribuciones de acuerdo con lo que se ha experimentado y observado de la operación histórica, y evaluar el costo, distancia, adyacencia u otro criterio que se desee, y escoger la más conveniente.</p>
<p>6. Ubicar la maquinaria en el plano, tratando de aprovechar al máximo la alimentación de servicios, conexiones y paredes existentes.</p>		

Fuente: Los Autores

9. CONCLUSIONES

La investigación realizada sirve como base para desarrollar una guía metodológica para la realización de proyectos de redistribución de planta que aportará a mejorar la planeación y ejecución de estos en Cali. Lo cual se logró desde una perspectiva práctica sobre cómo dichas empresas abordan los proyectos de redistribución de planta mediante las visitas empresariales. Sumando éste aporte investigativo a la poca información sobre el tema.

A partir de esta investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

(1) Se encontró una falta de información sobre redistribución de planta a nivel mundial y local muy acentuada en comparación con la información existente sobre distribución de planta. Esta investigación se realizó en revistas, bases de datos y catálogos de universidades. Lo que permitió determinar que no se había desarrollado una guía metodológica estructurada para la gestión de proyectos de redistribución de planta, que incluyera diversos factores y procesos críticos que deban tenerse en cuenta para el éxito de los mismos. Evidenciando una posible falta de estandarización y conocimientos en la gestión de proyectos de redistribución de planta que se comprobó con las visitas empresariales.

(2) Existe una confusión entre proyectos de redistribución de planta y los proyectos de mejoramiento y mantenimiento continuo en la industria. Comprendiendo por proyecto de redistribución de planta todo proceso que involucra reorganizar los equipos existentes y si es el caso los adquiridos y los recursos existentes en la planta, con el fin de mejorar el desempeño de la misma al suplir una necesidad que evidencie la empresa.

(3) En la actualidad, el entorno cambia rápidamente por lo que incrementa los riesgos y el surgimiento de necesidades en las empresas para permanecer competitivas en el mercado. Esto implica la necesidad de implementación de proyectos de redistribución de planta y su importancia en la industria debido a que la mayoría de empresas de un país en desarrollo no son multinacionales con la capacidad económica para abrir una planta nueva en una ubicación y terreno de fácil acceso, para cubrir sus necesidades. Por el contrario, para disminuir los elevados costos de una inversión de éste tipo las empresas desde pequeñas hasta grandes, deben implementar redistribuciones de planta teniendo en cuenta nuevos diseños flexibles y adaptables para futuras expansiones o necesidades que se puedan presentar a corto plazo.

(4) Los factores teóricos que deben tener en cuenta las empresas para realizar un proyecto de redistribución de planta identificados en la investigación son muy valiosos porque son indispensables en el momento de desarrollar los nuevos rediseños de la planta, en su evaluación y selección, pero también permiten

diferenciar y determinar cuáles son los críticos de acuerdo a las necesidades impulsoras de los proyectos. Además, se encontró que varios factores que se consideran en los proyectos de distribución son aplicables a los de redistribución ya sean iguales o con ciertas modificaciones y consideraciones.

(5) La Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK) es un documento formal que contiene normas, métodos, procesos y prácticas establecidas y reconocidas en la dirección de proyectos, que al ser considerada como una buena práctica porque en general, se está de acuerdo en que su aplicación aumenta la probabilidad de éxito en diversos proyectos, se consideró una buena base teórica para la guía metodológica. Sin embargo, al no tener una secuencia de procesos identificable y aplicable, se tuvo en cuenta el aprendizaje de las empresas para determinar los pasos a seguir. Además al tener 42 procesos no todos se encontraron fundamentales para los proyectos de redistribución de planta por lo cual se prescindieron de ellos y se unieron otros buscando la simplicidad para el usuario final de la guía metodológica.

(6) La guía metodológica para la realización de proyectos de redistribución de planta se desarrolló a partir del PMBOK y el aprendizaje empresarial para que fuera práctica. Por lo que consta de cuatro grupos de procesos considerados las fases del proyecto. El primer grupo son los procesos de iniciación y planeación los cuales son muy importantes ya que tienen como objeto recoger toda la información con un nivel de ingeniería conceptual, que sirve para identificar la viabilidad técnica y económica del proyecto. Si es aprobado el proyecto, se realiza el grupo de procesos de adaptación que como su nombre lo indica es la adaptación de lo que se tenía, mediante una ingeniería básica y detallada requerida para la implementación del nuevo diseño en la planta. Así se pasa a la tercera fase de procesos de ejecución y control del proyecto donde dependiendo de las primeras fases dependerá el éxito de ésta. Por último, se encuentra el cierre del proyecto que implica la revisión de todo el proyecto y la comparación de los resultados esperados con los obtenidos. Además, que se considera muy importante porque implica un seguimiento posterior a la implementación del diseño para determinar el éxito del proyecto y evidenciar posibles mejoras futuras.

(7) Se clasificaron los proyectos de redistribución de planta en cuatro categorías basadas en las necesidades impulsoras de los proyectos. Éstas corresponden a proyectos que busquen un aumento de la capacidad, un cambio del sistema productivo, un aumento de eficiencia y la reducción de costos, o la implementación de algún tipo de filosofía o estrategia empresarial. Las principales diferencias se encontraron en el alcance, los factores críticos y las actividades del proyecto.

(8) Se determinó que en la planeación de un proyecto de redistribución un proceso crítico es determinar el nuevo layout, para lo cual las empresas en la práctica no emplean ningún algoritmo o metodología específica de distribución de planta. Por el contrario, se llevan a cabo reuniones multidisciplinarias con los principales

interesados del proyecto en las cuales se debe generar una disposición inicial o un bosquejo conceptual de la distribución de las instalaciones de acuerdo a los objetivos del proyecto, basada en una ingeniería conceptual, comprensible tanto para los interesados como para los encargados de aprobar el proyecto. Teniendo en cuenta los factores críticos que se determinaron dependiendo del tipo de proyecto de redistribución de planta y los factores comunes a estos para el desarrollo, evaluación y selección de la mejor alternativa de rediseño de la planta.

(9) Se concluye que en la actualidad las empresas utilizan la subcontratación de especialistas para desarrollar varios procesos del proyecto. Generalmente cuando los proyectos implican obras civiles se subcontrata y acopla el cronograma de la obra al del proyecto. En la determinación del layout se puede subcontratar una empresa que se encargue de evaluar el diseño final y realizarle modificaciones de mejora. Es decir, que en la planeación la ingeniería conceptual puede llegar presentarse la subcontratación, pero donde más se presenta son en los grupos de adaptación y ejecución ya que se requiere una ingeniería básica y detallada que implica un nivel de especialización de las áreas de ingeniería con el que hoy en día las empresas no cuentan.

(10) Se considera que la dirección de los proyectos de redistribución debe estar a cargo por personal capacitado en la realización de proyectos aunque de no ser así la guía metodológica desarrollada en esta investigación será una valiosa contribución para dicho personal y empresa. Además, debe tener conocimientos en distribución de planta, herramientas de ingeniería industrial y un pensamiento sistémico. Debe contar con un equipo que incorpore personal de todas las áreas competentes para el proyecto de redistribución como por ejemplo del área financiera, de planta, de calidad, de recursos humanos, entre otros. Pero sobretodo tener la habilidad de liderar el equipo y obtener beneficios de sus conocimientos específicos.

(11) Se concluyó que el principal beneficio de contar con la guía metodológica es mejorar el desempeño de los proyectos de redistribución de planta al tener una secuencia de procesos establecida que permita comparar proyectos y sus resultados. Además, es un lineamiento que permite tener en cuenta diferentes aspectos que de no contar con ésta estandarización se podrían pasar por alto y no se genera una dependencia a el experto en cada tema para la dirección del proyecto. Lo cual reduce la variabilidad que pueden introducir las personas si los procesos no están explícitos como se encuentran en la guía. Por último, al ser una guía basada en el aprendizaje de lo que realizan las grandes empresas de Cali puede ser de gran utilidad para las PYMES que requieren implementar proyectos de redistribución de planta y no cuentan con un departamento de ingeniería sólido o no han tenido experiencias previas con éste tipo de proyectos. Gracias a que es una base general y completa para seguir escrita en un lenguaje sencillo y entendible para las personas que estén a cargo del proyecto como es el caso de algún gerente.

BIBLIOGRAFÍA

ALVARADAO GRACIA, Angélica María y VALBUENA HOYOS, Katherine. Diseño de la distribución de planta para la optimización de la producción en la empresa colombiana de fibras plásticas ColFibras. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería. 2007.

ARELLANO PALACIOS, Carlos Andrés y CASTRO MONTANO, Andrés Virgilio. Propuesta de un modelo de redistribución de planta y mejoramiento de la calidad para una línea de producción de tableros laminados de madera. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Cali: Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. 1999.

BENJAAFAR, Saifallah, HERAGU, Sunderesh S. e IRANI, Shahrukh A. Next Generation Factory Layouts: Research Challenges and Recent Progress. En: Interfaces, 2002, Vol.32, no.6, p.58-76.

BERNALES, Andrea Stefanie y VIZCARRA, Adolfo Emilio. Gestión de una consultora de SI/TI especializada en microfinancieras y pequeñas mineras. [En línea]. 2011. [Citado Junio 14 de 2012]. Disponible en Internet: http://cybertesis.upc.edu.pe/upc/2011/bernales_za/html/sdx/bernales_za-TH.5.html

BISQUERRA ALZINA, Rafael. Metodología de la investigación educativa. 2 ed. Madrid: Editorial La Muralla S.A, 2009. P. 338-342.

BOZER, Yavuz A., TANCHOCO, J.M.A., TOMPKINS, James A. y WHITE, John A. Planeación de Instalaciones. 3 ed. México D.F: Cengage Learning Editores S.A, 2009.

CÁCERES ARROYAVE, Omar y ROZENBOIM TRAUB, Morris. Propuesta de redistribución en planta para una empresa en la industria de la confección. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Cali: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. 1997.

CARDONA, Daniel y FORERO, Juan Diego. Evaluación Económica de Proyectos de Redistribución de Planta. Proyecto de Grado para optar el título de Ingeniero Industrial. Cali, Colombia: Universidad Icesi. Facultad de Ingeniería. 2012

CASTAÑEDA VELASCO, Héctor Luis. Proyecto de redistribución de planta y medición del trabajo en la empresa de resortes Hércules S.A. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Cali: Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. 1987.

CHEN, Gary Yu-Hsin. Multi-objective evaluation of dynamic facility layout using ant colony optimization. Tesis de grado para optar al título de Doctor de Filosofía.

Arlington, Texas: The University of Texas at Arlington. Facultad de la Escuela de Graduados. 2007.

COHEN, Louis y MANION, Lawrence. Métodos de investigación educativa. Madrid: Editorial La Muralla S.A., 1990. p. 394.

El País. Los 500 empresas más exitosas del Valle. [En línea]. [Citado en Septiembre de 2012]. Disponible en internet: <http://www.elpais.com.co/elpais/500-empresas>

GARCÍA CAICEDO, Juan Fernando y MOLINA ARELLANO, Iván Mauricio. Propuesta para la redistribución de planta en una empresa de producción y montaje de carrocerías de estacas y furgones. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Cali: Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. 1998.

GUERRERO HERNÁNDEZ, Maria Alejandra y RUANO ESTRADA, Carolina. Rediseño y optimización de los flujos de materiales en una empresa del sector plástico. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería. 2005.

GUTIERREZ OSSA, Olga y MONROY ESTUPIÑAN, Maria Elizabeth. Estudio de mejoramiento en la fábrica Dulces Colombina S.A., sección de envoltura y empaque de dulcería: redistribución de la planta, manual de funciones y control del almacenamiento. Tesis de grado Ingeniería Industrial. Cali: Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. 1993.

KULTUREL-KONAK, Sadan. Approaches to uncertainties in facility layout problems: Perspectives at the beginning of the 21st Century. En: Journal of Intelligent Manufacturing, Springer, Julio 2007, Vol.18, p. 273-284.

KULTUREL-KONAK, Sadan; SMITH, Alice E. y NORMAN, Bryan A. Bi-objective facility expansion and relayout considering monuments. En: IIE Transactions, Taylor & Francis Group, 2007, Vol.39, p. 747-761.

LACKSONEN, Thomas A. y HUNG, Chao-Yen. Project scheduling algorithms for re-layout projects. En: IIE Transactions, Taylor & Francis Group, Noviembre 1996, Vol.30, p.91-99.

La Nota Digital. Grandes Sectores. [En línea]. [Citado en Septiembre de 2012]. Disponible en internet: <http://www.lanotadigital.com/vademecum/big/quimicos/laboratorios-farmaceuticos>

LEANDRO, Gabriel. Teoría de la Decisión: Curso de Métodos Cuantitativos. [En línea]. [Citado Junio 14 de 2012]. Disponible en internet: www.auladeeconomia.com

LIN, Lie Chien y SHARP, Gunter P. Quantitative and qualitative indices for the plant layout evaluation problem. En: European Journal of Operational Research, 1999, Vol. 116, 100-117.

Managed Funds Association [en línea]. Disponible en internet: www.managedfunds.org.

MELLER, Russell D. y GAU, Kai-Yin. The facility layout problem: recent and emerging trends and perspectives. En: Journal of Manufacturing Systems, 1996, Vol. 15, no. 5, p. 351-356.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía para los fundamentos de la dirección de proyectos. 4 ed. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, 2008.

RAMAN, Dhamodharan; NAGALINGAM, SevV. y LIN, GrierC.I. Towards measuring the effectiveness of a facilities layout. En: Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2009, Vol. 25, p 191-203.

RIVERA, Leonardo. Facility Layout 2: Basic Data and Layout Evaluation [diapositivas]. Cali, Colombia: Universidad Icesi, 2011. 19 diapositivas.

SING, S.P y SHARMA, R.R.K. A review of different approaches to facility layout problems. En: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Septiembre, 2006, Vol. 30, no. 5-6, p 425-433.

VIJAYVARGIYA, Mool C. Developing a mathematical model for scheduling re-layout projects. Tesis de grado para optar por el título de Maestro en Ciencias. Columbus, Ohio: The Ohio University. Facultad de Ingeniería y Tecnología. 1994.

ANEXOS

ANEXO A. MATRIZ DE MARCO LÓGICO

Matriz de Marco Lógico					
OBJETIVO	ACTIVIDAD	INDICADOR		Medios de Verificación	Supuestos
		Enunciado	Fórmula de Calculo		
Identificar los factores críticos que deben tener en cuenta las empresas para realizar un proyecto de redistribución de planta.	Leer artículos científicos e identificar posibles factores críticos.	Número de Artículos por semana.	2	Resúmenes de los artículos y Checklist de Referencias.	En las fuentes se mencionan factores críticos.
	Leer proyectos de grado y tesis e identificar posibles factores críticos.	Número de Tesis y Proyectos de Grado por mes.	6	Resúmenes de las investigaciones y Checklist de Referencias.	En las fuentes se mencionan factores críticos.
	Leer libros e identificar posibles factores críticos.	Número de Libros del tema de estudio por mes.	0,5	Resúmenes de los capítulos y Checklist de Referencias.	En las fuentes se mencionan factores críticos.
	Repasar temas estudiados en Distribución de Planta.	Horas dedicadas a la semana.	1	Desarrollo de Marco Teórico.	
	Entrevistas a expertos en distribución de planta y a desarrolladores de proyectos sobre el tema.	Porcentaje de cumplimiento de entrevistas.	$\% \text{ Cumplimiento} = \frac{\text{Entrevistas realizadas}}{20} * 100$	Grabaciones de las entrevistas y análisis.	Los expertos tienen poco tiempo para dedicarle a las entrevistas.

	Investigación sobre los factores críticos identificados.	Porcentaje de avance en la investigación de los factores críticos identificados.	$\% \text{ Avance} = (\text{FC investigados} / \text{FC Identificados}) * 100$	Resúmenes de la información investigada y lista de factores.	
	Análisis de factores pertinentes para un proyecto de redistribución de planta.	Número de factores críticos analizados de los factores identificados.	$\% \text{ Avance} = (\text{FC seleccionados} / \text{FC investigados}) * 100$	Razones por las cuales se consideran pertinentes e inclusión en el Marco Teórico.	
Diseñar una guía metodológica estructurada teórica que recoja las etapas que debe seguir un proyecto de redistribución de planta y que identifique elementos esenciales que se deben tener en cuenta.	Buscar guías para desarrollar proyectos de redistribución, distribución, entre otros.	Número de horas dedicadas semanalmente hasta encontrar indicada.	1	Nombres de las guías y descripción.	Existen este tipo de guías.
	Determinar la guía que se pueda implementar como una base para la guía teórica sobre proyectos de redistribución de planta.	Número de guías analizadas para seleccionar la adecuada.	3	Razones por las cuales se selecciono PMBOK y no las otras.	
	Leer Guía de los fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK).	Lectura del libro en Semana Santa.	3 capítulos por día	Resúmenes del libro y desarrollo del Marco Teórico.	

	Determinar las fases y grupos de procesos aplicables a los proyectos de redistribución de planta correspondientes al PMBOK.	Horas semanales después de leer PMBOK.	2	Análisis en el desarrollo de la investigación sobre las fases seleccionadas.	Hay procesos del PMBOK que se pueden emplear.
	Adaptar la guía seleccionada específicamente a un proyecto de redistribución de planta	Horas semanales dedicadas al desarrollo de la guía.	3	Desarrollo del proyecto de grado.	
	Determinar si la guía es válida a partir de la colaboración de expertos e incorporar sugerencias.	Número de expertos a los que se les pide asesoría.	5	Grabaciones de entrevistas con los expertos e incorporación de sugerencias a la guía.	Los expertos evalúan la guía y nos hacen sugerencias.
Adaptar la guía metodológica teórica a las condiciones específicas de las industrias de la región.	Realizar investigación sobre empresas de Cali o aledañas que estén o hayan desarrollado procesos de redistribución de planta.	Número de empresas investigadas.	30	Nombres de las empresas, descripciones, base de datos o contacto.	

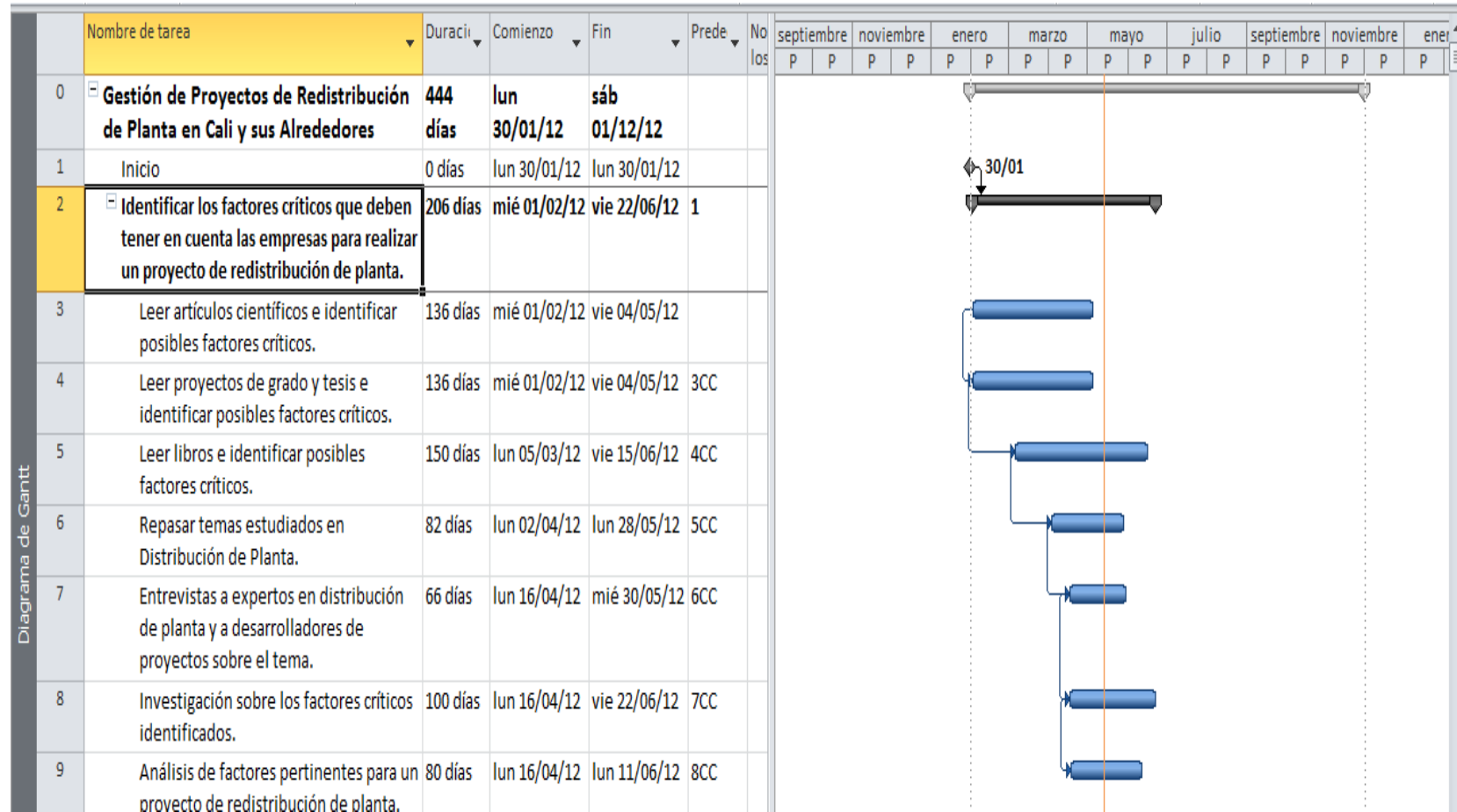
Investigar sobre el diseño y protocolo de entrevistas formales.	Horas semanales dedicadas hasta el desarrollo de la entrevista.	1	Información sobre Protocolo de Entrevista y Lista de Referencias.	
Desarrollar modelo general de entrevista en visitas empresariales según el tema de estudio del proyecto.	Horas semanales para desarrollar la entrevista.	1	Protocolo de Entrevista.	
Hacer contacto y acordar visita con experto de la empresa en proyectos y/o distribución de planta.	Número de Contactos realizados.	15	Visitas empresariales realizadas y grabaciones de entrevistas.	El experto tiene el tiempo para acordar una visita.
Adaptar modelo de entrevista a empresas a visitar.	Número de entrevistas.	12	Entrevistas adaptadas con preguntas más específicas.	La entrevista a la empresa requiere la adaptación.
Realizar visita empresarial con el fin de realizar entrevista.	Número de visitas empresariales.	12	Grabaciones de entrevistas y cartas para visitas empresariales.	
Identificar factores que no se han tenido en cuenta en la guía metodológica teórica.	Identificación de factores en cada una de las visitas empresariales.	SI o NO	Grabaciones, lista de factores críticos y razones por las cuales son pertinentes.	Hay factores que no se tuvieron en cuenta antes.

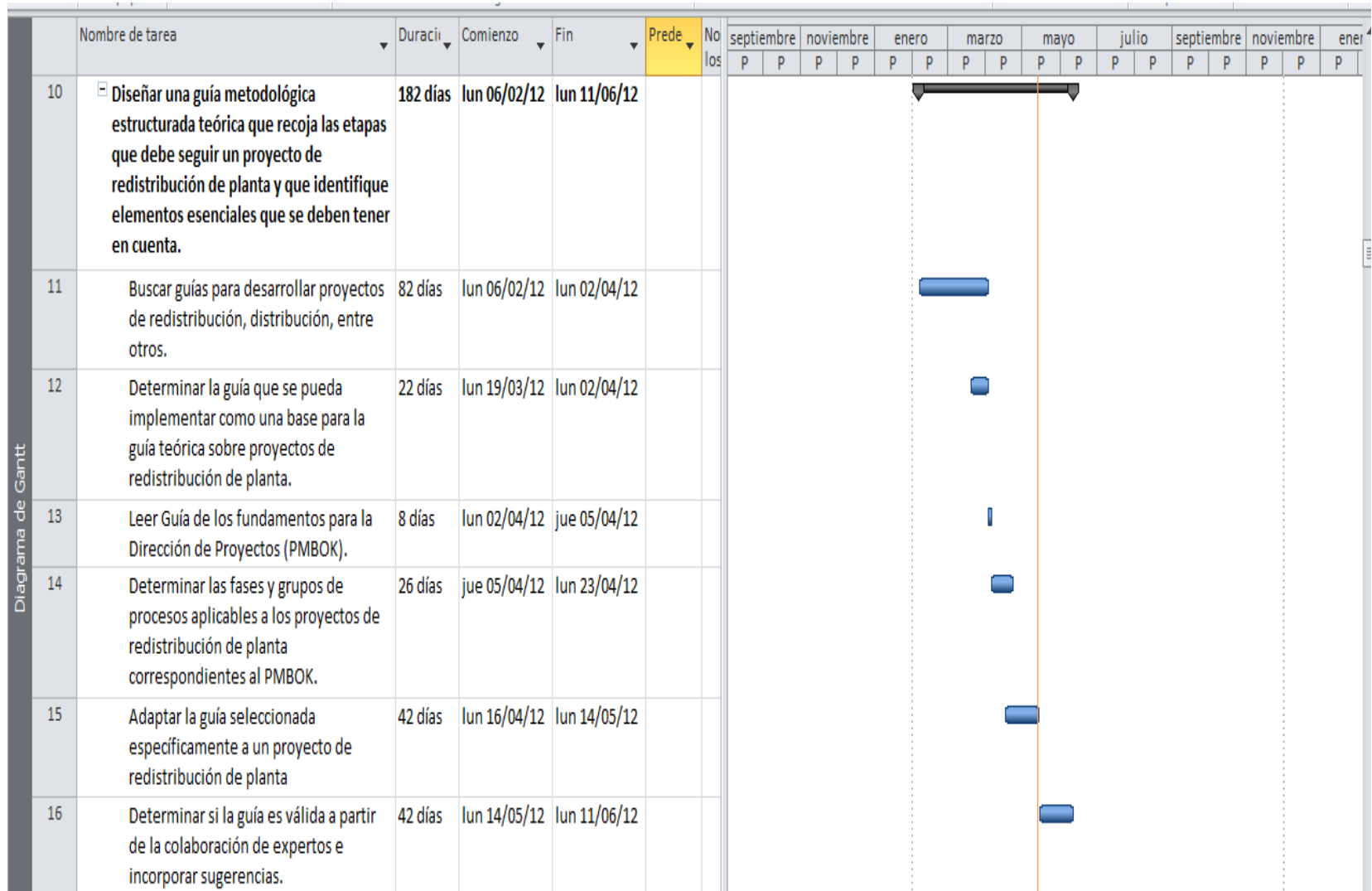
	Analizar la información de las entrevistas.	% de Análisis de entrevistas.	% Análisis= (entrevistas analizadas/12)*100	Resúmenes y comparaciones de las entrevistas.	
	Adaptar la guía a las condiciones específicas de cada una de las industrias visitadas.	% de Guías adaptadas.	% Guías Específicas= (Guías Adaptadas/12)*100	Desarrollo de las Guías.	
Organizar la información de la guía metodológica mediante el establecimiento de categorías correspondientes a aspectos comunes identificados en las industrias de la región.	Identificar procesos y elementos similares de los proyectos entre las industrias.	Horas semanales dedicadas a la comparación.	1	Análisis de las guías y entrevistas.	Existen similitudes.
	Identificar diferencias primordiales entre las guías.	Horas semanales dedicadas a la comparación.	1	Análisis de las guías y entrevistas.	Existen diferencias.
	Analizar la comparación de las guías.	Horas semanales dedicadas a analizar los resultados.	2	Análisis de las guías y entrevistas y desarrollo del proyecto.	
	Determinar las categorías que incluyan diferentes industrias a las cuales se les pueda aplicar una metodología específica.	Horas semanales dedicadas a determinar las categorías.	3	Categorías determinadas en el desarrollo del proyecto.	Es posible determinar unas categorías.

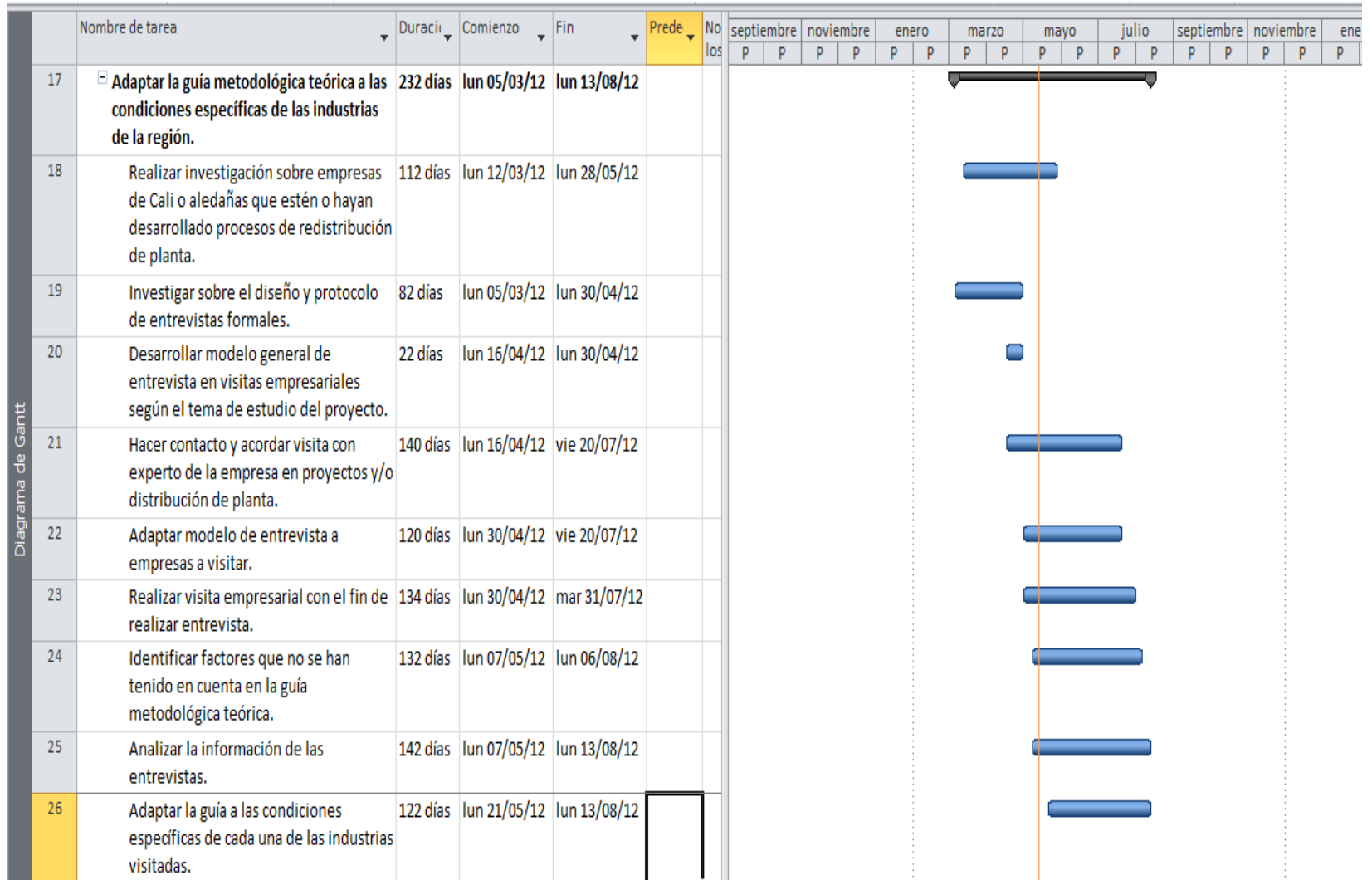
	Adaptar las guías a cada una de las categorías.	Porcentaje de guías adaptadas a su categoría correspondiente.	% Guías Categorías= (Guías Adaptadas/12)*100	Desarrollo de las guías por categorías en la investigación.	Es posible determinar unas categorías.
	Desarrollar una guía general que incluya para cada categoría los diferentes conocimientos, elementos, herramientas, entre otros, que deben tenerse en cuenta al desarrollar un proyecto de redistribución de planta.	Horas semanales dedicadas al desarrollo de la guía general.	5	Desarrollo de la investigación y guía general preliminar.	
	Evaluar las bondades cualitativas del uso de la guía para los proyectos de redistribución de planta.	Bondades mensuales identificadas.	3	Desarrollo de la investigación y guía general preliminar.	No hay bondades que puedan ser cuantificables por lo cual deben ser descriptivas.

	Solicitar revisión por expertos y adaptar sugerencias pertinentes.	Número de expertos a los que se les pide asesoría.	5	Grabaciones de entrevistas con los expertos e incorporación de sugerencias a la guía general.	Los expertos tienen poco tiempo para dedicarle a la revisión debe ser clara y concisa.
--	--	--	---	---	--

ANEXO B. CRONOGRAMA







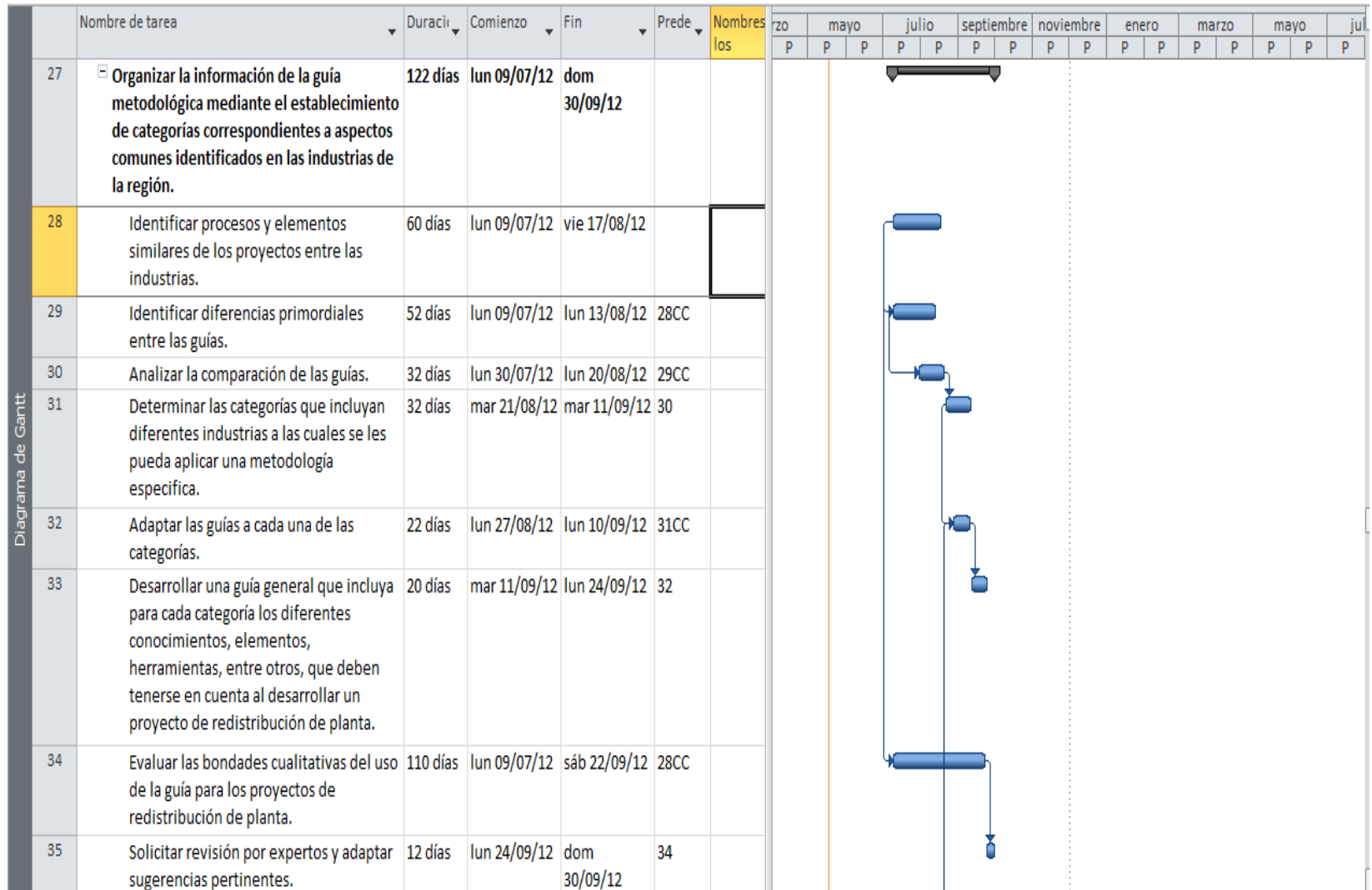
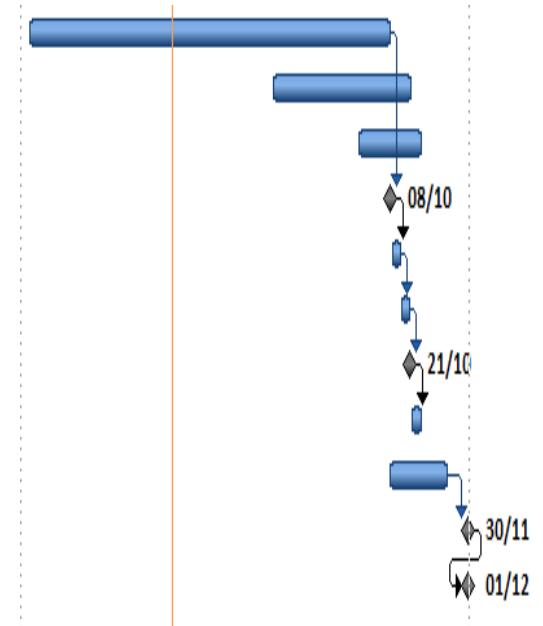


Diagrama de Gantt						
36	Elaboración documento PdeG	354 días	lun 06/02/12	lun 08/10/12		
37	Redacción y Corrección Paper	137 días	vie 20/07/12	lun 22/10/12		
38	Call of Papers	66 días	lun 17/09/12	lun 29/10/12		
39	Entrega al Tutor Temático	0 días	lun 08/10/12	lun 08/10/12	36	
40	Revisión por el Tutor temático	8 días	mié 10/10/12	lun 15/10/12	39	
41	Correcciones Tutor Temático	10 días	mar 16/10/12	dom 21/10/12	40	
42	Entrega al lector	0 días	dom 21/10/12	dom 21/10/12	41	
43	Revisión por el lector	10 días	mar 23/10/12	lun 29/10/12	42	
44	Preparación para sustentación	62 días	lun 08/10/12	vie 16/11/12		
45	Sustentación	20 días	lun 19/11/12	vie 30/11/12	44	
46	Fin	0 días	sáb 01/12/12	sáb 01/12/12	45	



ANEXO C. PROTOCOLO Y FORMATO DE ENTREVISTA

GUÍA PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA EN CALI Y SUS ZONAS DE INFLUENCIA

PERFIL DEL ENTREVISTADO

Encuesta para aplicar al llamar a las empresas.

ENCUESTA

1. ¿Se han llevado a cabo proyectos de redistribución de planta dentro de la empresa en los últimos **cinco** años?

2. ¿Cuáles fueron los departamentos encargados del proyecto?

3. ¿El proyecto de redistribución tuvo un director o fue un trabajo en equipo conformado por integrantes de los departamentos involucrados?

4. ¿Quién fue el responsable del proyecto?

5. ¿Qué persona que haya estado involucrada en la planeación y realización del proyecto de redistribución de planta podría ser entrevistada?

6. ¿Cuál es su formación académica? ¿Cuál es su experiencia profesional?

PROTOCOLO DE INICIO

- Contacto previo
- Cita previa con la persona que será entrevistada
- Permiso para ingresar grabadora y grabar
- Formato de la entrevista
- Lapicero

- Hojas en blanco

PROTOCOLO DE DESARROLLO

- Objetivo de la entrevista: Obtener información sobre cómo se llevan a cabo los proyectos relacionados con redistribución de planta en la empresa.
- Tipo de pregunta: La entrevista tendrá preguntas abiertas pues la intención es obtener información acerca de cómo se llevan a cabo los proyectos de redistribución de planta en las empresas y qué prácticas son las más utilizadas.
- Tiempo de la entrevista: 110 minutos; tiempo por proceso: 5 minutos, tiempo de holgura: 5 minutos.
- Solicitud del permiso para grabar la entrevista.
- En caso de que el entrevistado divague en alguna pregunta sin responderla, se hará una contra pregunta con un ejemplo para aclarar la pregunta inicial.
- Se podrá llegar a un acuerdo para visitar la planta o realizar una entrevista con otra persona de la empresa para mayor detalle en alguno de los procesos.

PROTOCOLO FINAL

- La información obtenida en las preguntas no será tabulada ya que las entrevistas serán un mecanismo para validar la información al ser las empresas usuarios y tener la experiencia en proyectos de redistribución de planta, por lo que no se tomará una muestra estadística representativa de empresas de todos los sectores.
- Las preguntas estarán orientadas a identificar cuáles son los procesos, métodos y herramientas que más utilizan las empresas en Cali y sus zonas de Influencia para comparar con lo sugerido por la guía teórica y reevaluarla.

ENTREVISTA
(*Guía: Asegurarse de que estos aspectos se traten*)

INTRODUCCIÓN

- ¿Cuál fue el proyecto de redistribución que se llevo a cabo y cuál fue su participación?
- Por favor enfatizar en los factores importantes que se tuvieron en cuenta para la redistribución de planta.
- ¿Utilizaron algún modelo matemático para saber cuál era la nueva mejor disposición o arreglo de la planta?
 - En caso de que la respuesta sea afirmativa, ¿qué función objetivo se utilizó y con qué restricciones?
 - En caso de que la respuesta sea negativa, ¿qué criterios se tuvieron en cuenta para establecer la nueva disposición de la planta?
- ¿Qué restricciones tenían para llevar a cabo el proceso de redistribución de planta?
- ¿La redistribución se realizó con o sin expansión del área inicial?

GRUPO DE PROCESOS DE INICIACIÓN

1. Desarrollar acta de constitución

- ¿Cómo fue el proceso de constitución del proyecto?
- ¿Cómo fue el proceso de aprobación del proyecto?
- ¿Qué áreas de la empresa estuvieron involucradas en el proceso de redistribución de planta?
- ¿Hay un documento formal que debe presentarse para la aprobación de este tipo de proyectos? ¿Qué elementos o aspectos contiene?
- ¿Cuáles son los criterios de decisión para implementar o no un proyecto de este tipo?

GRUPO DE PROCESOS DE PLANEACIÓN

2. Recopilar Requisitos

- ¿Cuáles eran las necesidades que impulsaron el proyecto?
- ¿Cuáles eran los objetivos que quería alcanzar la empresa con el proyecto?
¿Eran medibles?

- ¿Cuáles eran los requisitos para el proyecto y cómo los controlaron a lo largo del proyecto?

3. Definir el Alcance

- ¿Qué resultados esperaban lograr?
- ¿Cómo determinaron el alcance del proyecto?

4. Crear la EDT

- ¿Emplearon una estructura de desglose de trabajo a partir de los entregables del proyecto que definieron?
- ¿Cómo la realizaron y hasta que nivel de detalle se realizó?

5. Definir las Actividades

- ¿Cómo definieron las actividades que se debían desarrollar para el proyecto?
- ¿Qué actividades son necesarias en un proyecto de redistribución de planta?

6. Secuenciar las Actividades

- ¿Cómo secuenciaron las actividades?
- ¿Qué métodos y herramienta utilizaron?

7. Estimar los Recursos de las Actividades

- ¿Cómo estimaron el tipo y las cantidades de recursos (materiales, personas, equipos o suministros) requeridos para ejecutar cada actividad?
¿Emplearon un método en particular?

8. Estimar la Duración de las Actividades

- ¿Cómo estimaron la duración de las actividades? ¿Emplearon algún método de estimación o alguna herramienta? (Estimación paramétrica).

9. Desarrollar el Cronograma

- ¿Cómo desarrollaron el cronograma del proyecto? ¿Qué métodos y herramientas emplearon?
- ¿La implementación de los proyectos de redistribución de planta se lleva a cabo en su totalidad parando la producción o se programan actividades mientras la planta continúa funcionando?

10. Estimar los costos y determinar presupuesto

- ¿Cómo se estimaron los costos y se estableció el presupuesto para el proyecto?
- ¿Cuáles son los costos de implementación de un proyecto de redistribución de planta?
- ¿Se deben considerar otros costos propios del proyecto durante el horizonte de planeación? (por ejemplo de verificación de resultados, de financiación)
- ¿Quién es el encargado de la evaluación económica de un proyecto de este tipo en la empresa?

Ingresos, costos y gastos que dependan de la distribución de una planta

- ¿Más específicamente, qué ingresos, costos y gastos se verán afectados por un cambio en la distribución de planta?

11. Planear la calidad

- ¿Se utilizaron herramientas para planificar la calidad del proyecto? (Análisis costo-beneficio, costo de la calidad, diagramas de control, estudios comparativos, diseño de experimentos, muestreo estadístico, diagramas de flujo).
- ¿Qué métricas de calidad se tuvieron en cuenta?
- ¿Cómo se aseguraba la calidad durante la ejecución?

12. Desarrollar el Plan de Recursos Humanos

- ¿Desarrollaron un plan de recursos humanos?
- ¿Cómo identificaron el personal requerido? ¿Identificaron roles y responsabilidades por cargos o asignaron los que tenían en la empresa?

13. Comunicaciones

- ¿Cómo planearon la comunicación y los canales de distribución de los resultados?
- ¿En un proyecto de redistribución cual es el rol de la comunicación y entre cuales departamentos se presenta?
- ¿Cuál es la información más importante que debe transmitirse?

14. Manejo de los riesgos

- ¿Se realizó algún tipo de análisis de riesgos para el proyecto?

Si es así:

- ¿Cómo se identificaron? (Tormenta ideas, DOFA, análisis causal, Delphi)
- ¿Qué riesgos se identificaron?

- ¿Se realizó un análisis cuantitativo del impacto de éstos riesgos?
- ¿Se realizó una priorización de los mismos?
- ¿Se tomaron medidas o planes de contingencia para hacer frente a los mismos? ¿Cuáles?

GRUPO DE PROCESOS DE EJECUCIÓN

15. Adquirir el Equipo del Proyecto

- ¿Se requirió personal externo para el proyecto? ¿Para qué actividades?
- ¿Cómo se localizaron, seleccionaron y contrataron?

16. Desarrollar el Equipo del Proyecto

- ¿Se mejoraron las competencias e interacción del equipo de trabajo mediante capacitaciones o actividades antes y durante el proyecto de redistribución?

17. Dirigir el Equipo del Proyecto

- ¿Cómo se lidero el equipo y que tan bueno fue el resultado?
- ¿El director tenía alguna capacitación especial en liderazgo?
- ¿Cómo se realizó la evaluación por áreas, por equipo o la realizó el director? ¿Qué medidas empleó?

GRUPO DE PROCESOS DE CONTROL

18. Verificar el Alcance

- ¿Verificaron el alcance en los cierres de las fases, es decir, se verificó que se hayan completado satisfactoriamente los entregables del proyecto?

19. Controlar el Alcance

- ¿Se hicieron cambios al plan durante el proyecto? ¿Cuáles?
- ¿Durante el desarrollo del proyecto se controlaron los requisitos y se ajustaron según los cambios necesarios o las acciones preventivas?
- ¿Cómo se llevo a cabo el análisis de variación entre lo planeado y los resultados en los entregables?
- ¿Tuvieron en cuenta mediciones del desempeño del trabajo? ¿Cuáles?

20. Controlar el Cronograma

- ¿Cómo se controló el cronograma?
- ¿Se realizó algún análisis de variación y como se manejaron los cambios?
- ¿Cuáles son los elementos más importantes que se deben controlar en un proyecto de redistribución de planta?

21. Control de Costos

- ¿Controlaban los costos a lo largo de la ejecución del proyecto? Si es así, ¿cómo lo hacían?
- ¿Se cumplió con el presupuesto inicial o tuvo que adaptarse un nuevo presupuesto?

22. Control de la Calidad

- ¿Se realizaba un control de la calidad del proyecto durante la ejecución?
- ¿Se requerían controles de calidad especiales de acuerdo a las actividades del proyecto?

CIERRE

- ¿Cuáles considera los beneficios de emplear una guía para la realización de proyecto de redistribución de planta?
- ¿Qué esperaría y que le gustaría encontrar en esta guía?

ANEXO D. FORMATO DE ENTREVISTA REALIZADA A EMPRESA A

FORMULARIO PARA LA ADAPTACIÓN DE LA GUÍA TEÓRICA A LA EMPRESA

Empresa: EMPRESA A (Manufacturera de Baterías)

Fecha Visita: 23 de Agosto de 2012

Entrevistado: Hugo Galvis Ardila

Estudios: Ingeniero

Descripción del Proyecto de Redistribución:

El proyecto no fue un proyecto de redistribución sino que se ha hecho una mejora pero lo que se hizo fue la planta de reciclaje desde cero. Las modificaciones en esta planta no son posibles, es algo muy costoso. Es muy complicado quitar un horno de un sitio y ponerlo en otro ya que esto implicaría un cambio muy grande y económicamente no sería viable. Pero sí se tenía una ampliación prevista que no se llevó a cabo porque el proyecto se concibió con la premisa de que el Ministerio de Medio Ambiente iba autorizar traer batería chatarra de otros países del mundo entonces la capacidad de la planta sería muy grande eso no se dio y ya estaba construida la fábrica por lo cual se dejó el espacio sin utilización. Lo que sí se ha realizado son proyectos de mejoramiento del proceso por lo que en las etapas del proceso se han disminuido tiempos, se ha mejorado productividad, pero con los equipos en los mismos sitios. La capacidad instalada cuando arrancamos por dar un número era de 2000 y ahora es 4000 con los mismos equipos, por mejoramiento en el proceso más no por cambio de equipos de distribución ya que como explique anteriormente no es fácil, porque aquí no hay línea de ensamble a diferencia de cuando se ensambla una batería. En esta planta lo que se hace es reciclar, se destruye el producto viejo y hace uno nuevo entonces se hacen baches muy grandes no son baches de una batería son baches de un tonelaje grande.

Director del Proyecto: Hugo Galvis

Departamentos Involucrados: Planta, Finanzas y proyectos

GRUPO DE PROCESOS DE INICIACIÓN

1. Desarrollar acta de constitución

- ¿Cómo fue el proceso de constitución del proyecto?

La planeación del proyecto inicio con un sueño de los Mejía de vender un número mayor de baterías mensuales, lo que siempre inicia con el objetivo es la venta de las baterías porque esta empresa no vende plomo vende baterías. El plomo es un producto intermedio para hacer la batería. Entonces inicio con una proyección hacia el exterior de ventas de la compañía y esa proyección nos devolvió a calcular el tamaño del área de reciclaje que se necesitaba y se enfoco mucho en la parte ambiental, todo el diseño está enfocado en mejorar la parte ambiental de lo que se tenía antes a lo que se tiene hoy. Se cambiaron los filtros, la captación es mucho más alta, los controles son mucho más precisos, la planta es completamente monitoreada por computador, todo a diferencia de la anterior que era completamente manual. El proceso de ampliación inicio ahí de la necesidad de crecer el sueño de crecer más, entonces se vio la necesidad de más plomo y se vio la necesidad de reciclaje. Es como un parte histórica, aquí se importaba mucho plomo puro del Perú y se empezó a desarrollar a hacer el plomo puro acá y cuando ya se empezó hacer el plomo puro se proyecto esta planta. Fue para hacer todo el plomo puro que necesitaba la fábrica de baterías para eso tenía que tener un tamaño X esta planta, por eso la planta es más grande, nosotros importábamos el 50% de lo que se necesitaba hoy en día no, hoy en día todo se produce acá. Esa es una diferencia grande que también se miro en el momento de hacer el proyecto. No existía como hacerlo en la planta antigua tenía que ser una área nueva no podía hacerse en esa porque el área era muy pequeña alrededor de una quinta parte de lo que tenemos hoy. Esa es una de las razones también por las que se hizo el proyecto.

GRUPO DE PROCESOS DE PLANEACIÓN

2. Recopilar Requisitos

- ¿Cuáles eran las necesidades que impulsaron el proyecto?

La planta de reciclaje nueva se construyo básicamente para mejorar el tema ambiental, el tema de salud ocupacional y aumentar la capacidad de la fabrica en reciclaje, para que tengan una referencia nosotros teníamos la capacidad de reciclar en la planta antigua 1200 toneladas al mes, hoy en día en los hornos tenemos la capacidad de 4200 entonces se incremento la capacidad y se mejoro la tecnología ya que nosotros tenemos la ultimo tecnología en reciclaje. En la planta vieja no. La planta vieja no tenía la nueva tecnología entonces lo que se hizo fue disminuir mucho los costos y mejorar la parte ambiental y la salud

ocupacional, básicamente por eso se hizo este proyecto donde se compro este lote que no era propiedad de los Mejía la planta era estaba ubicada lejos antiguamente se entraba por la bomba de gasolina que hay sobre la vía principal.

- ¿Cuáles eran los objetivos que quería alcanzar la empresa con el proyecto?
¿Eran medibles?

Los objetivos eran reciclar sus propias baterías y aprender a hacer la línea de producción o más bien de reciclaje que era algo innovador porque es muy distinta como era la planta vieja nos asesoro una persona del exterior, nosotros hicimos algunas modificaciones pero realmente fue una asesoría de un brasilero, una compañía que estaba en ese momento en México pero era propiedad de un brasilero hoy en día no existe. Él fue quien nos dio el layout general y es en U el producto entra y sale por el mismo punto. Hoy en día yo no lo haría así por lo que hemos aprendido porque cuando uno ya está operando comienza a encontrar distancias muy largas porque esta esto aquí y no está aquí. Nosotros montamos una planta en Costa Rica de reciclaje y la hicimos diferente a esta ya no está igual ya la distribución es diferente se le añadió nuestra experiencia.

- ¿Cuáles eran los requisitos para el proyecto y cómo los controlaron a lo largo del proyecto?

El proceso reciclaje es el siguiente las baterías chatarras entran a un patio se trituran son separadas en sus componentes que son el plomo el plástico y ácido. El ácido cae a un sedimentador, luego va a una laguna y luego se hace una neutralización en la planta. En la neutralización se hace la neutralización del ácido sulfúrico, se produce sulfato de calcio y se produce agua, ya cuando el agua cumple el PH, los niveles de plomo de todos los metales están regulados, pero esa agua la reciclamos nosotros internamente en el mismo proceso de triturados, en lavado de máquinas, lavado de plásticos, etc. El plomo que sale, vuelve y se carga al horno se le echan unos aditivos y se produce el plomo metálico porque el plomo que tiene la batería esta en forma no metálica sino de oxido de sulfatos. Oxido de plomo y sulfato de plomo porque el proceso de la batería eléctrico necesita tener óxidos y sulfatos, entonces eso va al horno se produce el plomo va a otra área que se llama refinación donde se hace la extracción de los materiales que no se necesitan y se adecua a plomo puro y se le entrega los lingotes a las áreas que producen nuevamente las partes de la batería. El reciclaje de plomo es de los procesos que retorna más cantidad de material a su origen cuando molemos una batería el plomo recicla el 99.8% de la batería regresa, solo se pierde el 0.2% es muy bajito lo que se pierde que se pierde en el agua, algo en la atmósfera o algo en la escoria. Por consiguiente los requisitos principalmente son del medio ambiente, salud y calidad.

3. Definir el Alcance

- ¿Qué resultados esperaban lograr?

Vender mayor número de baterías mensuales.

- ¿Cómo determinaron el alcance del proyecto?

Dependiendo el número de baterías se determino la cantidad de plomo que se requería producir y la capacidad que debía tener la planta.

4. Crear la EDT

- ¿Emplearon una estructura de desglose de trabajo a partir de los entregables del proyecto que definieron?

No sabe.

5. Definir las Actividades

- ¿Cómo definieron las actividades que se debían desarrollar para el proyecto?

Dependiendo del layout y las actividades que plantearon los contratistas.

6. Secuenciar las Actividades

- ¿Cómo secuenciaron las actividades?

No sabe.

7. Estimar los Recursos de las Actividades

- ¿Cómo estimaron el tipo y las cantidades de recursos (materiales, personas, equipos o suministros) requeridos para ejecutar cada actividad? ¿Emplearon un método en particular?

No sabe.

8. Estimar la Duración de las Actividades

- ¿Cómo estimaron la duración de las actividades? ¿Emplearon algún método de estimación o alguna herramienta? (Estimación paramétrica).

No recuerda porque él estuvo más involucrado en la parte del layout.

9. Desarrollar el Cronograma

- ¿Cómo desarrollaron el cronograma del proyecto? ¿Qué métodos y herramientas emplearon?

No sabe.

- ¿La implementación de los proyectos de redistribución de planta se lleva a cabo en su totalidad parando la producción o se programan actividades mientras la planta continúa funcionando?

No la planta vieja no se detuvo, siguió trabajando normal, inclusive la trituradora allá continuo, teníamos una trituradora de baterías. Aquí hicimos una nueva el doble de grande y allá esa trabajo hasta que lleno los sitios de almacenamiento. Empezamos a trabajar acá y allá se siguió trabajando, ósea se estuvo trabajando las dos plantas más o menos como unos tres meses mientras se acabo el material que estaba allá cuando se acabo el material que estaba allá se paró la planta.

10. Estimar los costos y determinar presupuesto

- ¿Cómo se estimaron los costos y se estableció el presupuesto para el proyecto?

Se determino a partir de las cotizaciones de los equipos y de los contratistas, más la asesoría del brasilero. Luego lo que se determina es en cuanto se va a pagar la inversión del proyecto. Además a que costo le va a salir el producto si hoy en día le sale a 10 y le va a salir a 20 entonces no lo hacen o si le va a salir a 5, bien sea porque automatiza, bien sea porque optimiza el uso de insumos de equipos, consume menos energía, etc. Hoy en día usted tiene una planta de hace 20 años y la va hacer nueva, ahora los motores consumen menos energía, los procesos son más eficientes, se han diseñado cosas nuevas, pero los cambios de plantas o las ampliaciones o las modificaciones es porque es rentable económicamente, a no ser de que sea una exigencia ambiental, que usted tenga que cambiar la planta porque no cumple un requerimiento ambiental y ya tenga que hacer usted un plan a la autoridad ambiental que implique hacer una planta nueva. Nosotros en la planta antigua cumplíamos todas las normas ambientales, pero aquí se cumplen mucho mejor el ambiente de trabajo es mejor para las personas que están dentro, la exposición al calor es más bajo, al ruido, a los residuos metálicos, el sistema de extracción es muchísimo mejor de lo que teníamos en la planta antigua, entre otras cosas, que son beneficios que también se deben cuantificar a favor de la inversión.

Ingresos, costos y gastos que dependan de la distribución de una planta

- ¿Más específicamente, qué ingresos, costos y gastos se verán afectados por un cambio en la distribución de planta?

Los gastos que más se vieron afectados son en ingeniería, porque acá no hay estructura, la estructura del proyecto eran 3 personas, entonces se subcontrata todo lo que es ingeniería la parte de agua lluvias, de cableado, eléctrica, electrónica, estructural, a este lote se le sacaron 5 metros de tierra y se le metieron 5 metros de roca muerta. Todo eso se subcontrata, la parte civil, mecánica, la parte eléctrica y la parte electrónica todo esto se subcontrató porque esta área fue electrónica todo está comunicado por cables toda la planta. Yo desde mi oficina puedo ver cómo está operando todo, si está parado si está funcionando si paro de tal hora a tal hora, todo lo que está acá en esta área de reciclaje, las otras aéreas no las otras áreas se manejan diferente. En el proceso de contratación cuando usted hace una obra grande acá tiene que contratar el área civil, mecánica, hidráulica, neumática, electrónica, escoger el proveedor de los compresores, el que le va a vender el aire de los comprimidos, si es ingeneumaticas ó ingersoll rand ó la que le ofrece cada uno según la capacidad que usted tiene o que le hagan el estudio y le sugieran el compresor que usted necesita. Porque esta planta no tiene un departamento de proyectos o ingeniería que realice esos cálculos y acciones.

Todo se subcontrata y la tendencia en Colombia que yo veo es que todo se subcontrata. Las empresas no tienen como tenían antiguamente que tenían dibujantes, ingenieros, etc. Usted necesita un plano contrata para que se lo hagan así, le hacen el plano hecho el plano y lo guardo, necesita modificar el plano llegan lo modifican y se van hoy en día no tienen una estructura grande de ingeniería, aquí siempre han habido dos ó tres ingenieros. Ahora estamos haciendo la ampliación y se está haciendo el montaje de unos equipos nuevos ahora de Octubre a Marzo, pero yo no le puedo contar como se hace el proceso de contratación yo no tengo ni idea porque yo no hago eso.

11. Planear la calidad

- ¿Se utilizaron herramientas para planificar la calidad del proyecto? (Análisis costo-beneficio, costo de la calidad, diagramas de control, estudios comparativos, diseño de experimentos, muestreo estadístico, diagramas de flujo).

No sabe.

12. Desarrollar el Plan de Recursos Humanos

- ¿Desarrollaron un plan de recursos humanos?

No sabe.

13. Comunicaciones

- ¿Cómo planearon la comunicación y los canales de distribución de los resultados?

No sabe.

14. Manejo de los riesgos

- ¿Se realizó algún tipo de análisis de riesgos para el proyecto?

No.

GRUPO DE PROCESOS DE EJECUCIÓN

15. Adquirir el Equipo del Proyecto

- ¿Se requirió personal externo para el proyecto? ¿Para qué actividades?

Si. Todo se subcontrata y la tendencia en Colombia que yo veo es que todo se subcontrata. Las empresas no tienen como tenían antiguamente que tenían dibujantes, ingenieros, etc. Usted necesita un plano contrata para que se lo hagan así, le hacen el plano hecho el plano y lo guardo, necesita modificar el plano llegan lo modifican y se van hoy en día no tienen una estructura grande de ingeniería, aquí siempre han habido dos ó tres ingenieros. Ahora estamos haciendo la ampliación y se está haciendo el montaje de unos equipos nuevos ahora de Octubre a Marzo, pero yo no le puedo contar como se hace el proceso de contratación yo no tengo ni idea porque yo no hago eso.

- ¿Cómo se localizaron, seleccionaron y contrataron?

No sabe, no recuerda.

16. Desarrollar el Equipo del Proyecto

- ¿Se mejoraron las competencias e interacción del equipo de trabajo mediante capacitaciones o actividades antes y durante el proyecto de redistribución?

No sabe.

17. Dirigir el Equipo del Proyecto

- ¿Cómo se lidero el equipo y que tan bueno fue el resultado?

No recuerda.

GRUPO DE PROCESOS DE CONTROL

18. Verificar el Alcance

- ¿Verificaron el alcance en los cierres de las fases, es decir, se verificó que se hayan completado satisfactoriamente los entregables del proyecto?

No sabe.

19. Controlar el Alcance

- ¿Se hicieron cambios al plan durante el proyecto? ¿Cuáles?

No se instalo toda la capacidad que se tenía planeada ya que el gobierno no aprobó la importación de las baterías chatarras.

20. Controlar el Cronograma

- ¿Cómo se controlo el cronograma?

No sabe.

21. Control de Costos

- ¿Controlaban los costos a lo largo de la ejecución del proyecto? Si es así, ¿cómo lo hacían?

No sabe.

22. Control de la Calidad

- ¿Se realizaba un control de la calidad del proyecto durante la ejecución?

No recuerda.

CIERRE

- ¿Cuáles considera los beneficios de emplear una guía para la realización de proyecto de redistribución de planta?

Considero que todo proyecto es como el Airbus. El Airbus 380 sale, pero después de que hacen los 2 ó 3 primeros empiezan a hacerle modificaciones y mejoras porque de pronto el computador no es, ó mejor los cables no son por aquí sino por aquí, para que consuma menos combustible, es como todo. Eso es la experiencia lo que se aprende en la práctica, lo que pasa es que todo eso no queda documentado, el conocimiento. Por lo que al tener una guía y unos documentos no se perdería ese conocimiento. Yo creo que las empresa colombianas no tienen eso, la industria Colombiana no lo tiene como cultura. Generalmente los proyectos no los tienen formalizados, las multinacionales de pronto si porque todo lo mandan desde E.U. documentado pero no sé si lo modifican aquí en Colombia si eso queda documentado en una multinacional no tengo ni idea. Pero acá no existe documentación de los proyectos de porque esto cambio por ejemplo la planta de agua la cambiamos muchísimo no de posición los equipos, sino la tubería, los flujos como se manejaban como lo diseño el Brasilero y como opera hoy en día es completamente diferente. Pero eso no está documentado que hubo que hacerlo por tal y tal cosa. Es algo interesante ese es trabajo para ustedes cuando salgan graduados ofrecerle el servicio a las empresas.

Pero es algo interesante de la tesis que lo deben escribir porque yo le apuesto que todos los que entrevisten ninguno documenta eso, porque eso no es cultura de nosotros los Colombianos siempre la historia se queda en la práctica el más antiguo es el que más sabe usted, el que más recuerda. Aquí no hay una memoria de eso, si usted va al área de proyectos encuentra un folder de los equipos pero no encuentra una memoria de que el tanto de enero de 1900 no se que se inicio el proyecto de no sé qué y empieza el folder a revisar toda la secuencias y permisos, yo creo que eso no está, habría que construirlas y para ello se requiere una formalización que podría ser a partir de su guía.

ANEXO E. FORMATO DE ENTREVISTA REALIZADA A EMPRESA B

FORMULARIO PARA LA ADAPTACIÓN DE LA GUÍA TEÓRICA A LA EMPRESA

Empresa:EMPRESA B (Laboratorio Farmacéutico Americano)

Fecha Visita: 4 de Junio de 2012

Entrevistado: Margarita María López

Estudios: Ingeniería Industrial y Lean Manufacturing

Descripción del Proyecto de Redistribución:

El proyecto consistió en las modificaciones que se realizaron debido a la necesidad de implementar Lean Manufacturing en la planta porque que se pensó un nuevo layout con los criterios de esta filosofía buscando reducir desperdicios.

Director del Proyecto: Margarita María López

Departamentos Involucrados: Excelencia operacional, ingeniería, calidad, finanzas.

GRUPO DE PROCESOS DE INICIACIÓN

1. Desarrollar acta de constitución

- ¿Cómo fue el proceso de constitución del proyecto?

El proceso de constitución del proyecto no es muy formal sino que surgió por los objetivos estratégicos de la compañía en cuanto a Lean Manufacturing y la implementación de esta filosofía en todas las plantas de EMPRESA B.

- ¿Cómo fue el proceso de aprobación del proyecto?

El área de excelencia operacional fue la encargada de realizar el layout para implementar Lean que siempre estuvo aprobado.

- ¿Qué áreas de la empresa estuvieron involucradas en el proceso de redistribución de planta?

Las áreas de la empresa involucradas fueron excelencia operacional, ingeniería, finanzas, calidad, gerencia y planta.

- ¿Hay un documento formal que debe presentarse para la aprobación de este tipo de proyectos? ¿Qué elementos o aspectos contiene?

No.

- ¿Cuáles son los criterios de decisión para implementar o no un proyecto de este tipo?

Ya el proyecto estaba aprobado. Los criterios que se implementaron son los de la filosofía Lean Manufacturing.

GRUPO DE PROCESOS DE PLANEACIÓN

2. Recopilar Requisitos

- ¿Cuáles eran las necesidades que impulsaron el proyecto? ¿Cuáles eran los objetivos que quería alcanzar la empresa con el proyecto? ¿Eran medibles?

Nosotros empezamos a adoptar la filosofía de lean manufacturing como en el 2007 y 2008, entonces a partir de esos aprendizajes porque lo que busca lean es la reducción de desperdicios sistemáticamente en todos los procesos, y entendiendo que desperdicios son muchos conceptos, porque antes el desperdicio se enfocaba era solo al scrap del proceso de lo que no se utilizaba en la maquina. Pero lean dice que desperdicios son movimientos innecesarios, son los accidentes, es comunicación pobre, en general es mucho más amplio el concepto de desperdicios, entonces entendiendo esos desperdicios empezamos a mirar los procesos los flujos desde ese punto de vista. Entonces nuestras principales cadenas de valor que también lo tiene lean (VSM), es identifique cuáles son sus cadenas principales de valor y sobre esas empiece a trabajar, entonces a raíz de una definición de matrices y cuales cadenas de valor íbamos a empezar. Escogimos las cadenas de valor para nosotros principales y empezamos a definir cuál era el principio y el fin de la cadena de valor y entonces empezamos a analizar cual era todo el flujo de información, de material y de personal en ese proceso, entonces a partir de ahí fue que empezamos a hacer los cambios del layout porque lo que busca lean es un solo flujo continuo.

Nosotros tenemos tres plantas de producción. La planta de sets, de plásticos y de soluciones. La planta de plásticos es proveedora de producto en proceso de la planta de soluciones y de la planta de sets, entonces en cada una empezamos a identificar pues ese tipo de movimientos y flujos. Empezamos a identificar, como se movía el material de qué lado entraba y por donde se usaba y por donde se devolvía el material, y lo mismo las personas que utilizaban en cuanto a materiales de empaque y desplazamientos. Luego por sentido común se determinó el mejor layout según los criterios de lean y mediante las reuniones con otras áreas se buscó cumplir todos sus requisitos y luego se pasó a ingeniería para que lo implementara.

Los objetivos eran disminuir los desperdicios y beneficios para los operarios que mantenían sudando, tenían muchos desplazamientos innecesarios, entre otras cosas.

Han existido otros proyectos que han surgido principalmente por almacenamiento de capacidad o porque tengamos una máquina que este obsoleta o que ya no la necesitamos entonces la sacamos es importante cosas de mejoramiento y si ya es un nuevo producto o algo que es nuevo para la compañía pues se entra a evaluar donde se va a hacer o si se crea un área nueva y qué condiciones tiene que tener. Básicamente son esos frentes capacidad, proyectos de lean y productos nuevos que se tengan que implementar con los que tenemos. Normalmente si es un producto nuevo se puede hacer en el área que tenemos disponible pero se tiene que crear un área específica y ahí se llega a evaluar en donde se tiene que hacer el área.

- ¿Cuáles eran los requisitos para el proyecto y cómo los controlaron a lo largo del proyecto?

Los requisitos principales son los de ingeniería ya que es el área que dice no así no se puede generalmente por la estructura porque hay paredes ó columnas que uno de pronto en el plano no las ve, por ejemplo para nosotros esto era un salón, pero unas paredes no se pudieron tumbar porque son parte de la estructura del edificio, donde las tumben se cae todo. Entonces dijeron a bueno yo le quito lo que hay pero le quedan estas dos columnas mire usted que va hacer en ese espacio, ó definitivamente no nos cabe, a simple vista a mi me cabe la máquina pero no corrala hacia allá porque aquí hay otra cosa, etc. es ese detalle que uno pues no es experto en las tuberías, en las instalaciones, donde es que viene la conexión del aire, donde es que viene el aire acondicionado, todas esas cosas no nosotros no lo manejamos pues no es nuestro rol pero si el de ellos y de calidad que impone las regulaciones.

3. Definir el Alcance

- ¿Qué resultados esperaban lograr?

Uno de los principales resultados que se esperaba lograr era reducir los desperdicios entonces cuando miras las cadenas de valor empiezas a ver cuáles son los desperdicios mas grandes entonces por ejemplo los inventarios que nosotros teníamos eran gigantes entonces bueno como bajamos inventarios no entonces creemos supermercados, en donde los ponemos, si no hay espacio a entonces no alineemos estas maquinas así y entonces ya utilizamos el correo entonces que vamos hacer una serie aquí, etc. En estos supermercados actuales antes eran oficinas de los supervisores y nosotros no necesitamos oficinas de los supervisores necesitamos un área para que esto funcione se fueron para otra ubicación, en una esquinita se les habilito unas oficinas más pequeñas obviamente pero pues lo que se necesita es área si entonces ustedes lo ven ahí y dicen no pues si pero nos toco fue la implementación a lo largo de todo éste tiempo.

Además el objetivo era reducir los desperdicios entonces ingeniería evaluó si eso solo era físicamente viable o no, no nos cuestionan si vamos a reducir desperdicios. El rol de ellos es si eso se puede hacer estructuralmente y cuanto vale de ahí el que nos cuestiona el beneficio de los ahorros y resultados es la gerencia de planta. El gerente del área dice entonces si ustedes me van a mover esto en mi área miremos yo que me voy a ganar. Entonces por ejemplo con los metros recorridos podemos mostrar los resultados y mejoras obtenidas con el nuevo layout aplicando lean. Con los estudiantes en práctica que nosotros tenemos y los asistentes de los procesos lo que hacemos es medir obviamente tienes que medir tu hoy y cuál es la propuesta. Entonces hoy me voy detrás del volante de él de materiales a ver que hace entonces hago todo el diagrama de espaguetis con cuantos metros recorre. Si es lo que esta gente dice, si los muchachos dicen mantenían sudando horrible, sino los veía entonces ahorita tu los ves aprovechando el tiempo en otras cosas que si las a valore que la línea no se pare que este el material. Entonces esa es la comunicación diferente entonces como se mide entonces te vas con el que recorridos haces y mira que distancias cuantas veces lo hacen el turno y bueno aquí lo sacamos por mes y el material de empaque que yo tengo que empacar eso tantas veces en el turno una caja me vale tanto una bolsa para empacar tanto y eso es un solo movimiento y así se determinaron los resultados y se compararon.

- ¿Cómo determinaron el alcance del proyecto?

Para el alcance se hicieron unas reuniones y con autocar. Con las personas que manejan autocar por lo menos en mi departamento, a la niña que maneja ingeniería industrial ella maneja autocar entonces parte de nuestras reuniones de

generar ideas de mejoramiento bueno como vamos agrupar esto, a no ubícalo aquí o allá y bueno ya con eso definimos cuales eran los cambios gigantes que hubieron acá.

4. Crear la EDT

- ¿Emplearon una estructura de desglose de trabajo a partir de los entregables del proyecto que definieron?

No.

5. Definir las Actividades

- ¿Cómo definieron las actividades que se debían desarrollar para el proyecto?

No sabe.

- ¿Qué actividades son necesarias en un proyecto de redistribución de planta?

Definir el nuevo layout y subcontratar.

6. Secuenciar las Actividades

- ¿Cómo secuenciaron las actividades?

Lo hizo ingeniería.

7. Estimar los Recursos de las Actividades

- ¿Cómo estimaron el tipo y las cantidades de recursos (materiales, personas, equipos o suministros) requeridos para ejecutar cada actividad?
¿Emplearon un método en particular?

Lo realizó ingeniería.

8. Estimar la Duración de las Actividades

- ¿Cómo estimaron la duración de las actividades? ¿Emplearon algún método de estimación o alguna herramienta? (Estimación paramétrica).

Ingeniería.

9. Desarrollar el Cronograma

- ¿Cómo desarrollaron el cronograma del proyecto? ¿Qué métodos y herramientas emplearon?

Nuestra área solo llega a decir que es lo que tenemos que hacer y en ingeniería ya hacen todo la parte de realización del proyecto. Ellos hablan con calidad si se va a influir en la integridad del área y si sí entonces cuantos días más para validación porque son fármacos. Pero ya ese detalle lo maneja ingeniería como tal con calidad y con la misma área que es el recurso que pues normalmente eso se hace con contratistas cuando toca mover una máquina o un cambio que es algo externo pero está en el control de ingeniería en saber a quién le va a asignar el trabajo. Cuándo están aquí (contratistas) obviamente esta el supervisor o el dueño del área mirando que trabajo si se esté dando de que no vayan a ver daños si todo eso toda la parte ya interna que les corresponde a ellos.

- ¿La implementación de los proyectos de redistribución de planta se lleva a cabo en su totalidad parando la producción o se programan actividades mientras la planta continúa funcionando?

No, eso también dependiendo del impacto, ingeniería te dice no como son áreas controladas, entonces uno no puede martillar porque están en procesos, entonces ellos te dicen si se hace en un fin de semana que se pare la planta se puede hacer, ó no necesitamos una parada mucho mayor que es la parada de diciembre ó de las vacaciones y eso se entra a evaluar con ingeniería y con calidad, dependiendo del trabajo que se haga calidad te dice si necesitan validación de área nuevamente o simplemente con un encierro de X ó Y forma pues se garantiza la hermeticidad del área, si entonces ya se empieza a reevaluar eso cuanto tiempo requiere implementarlo.

10. Estimar los costos y determinar presupuesto

- ¿Cómo se estimaron los costos y se estableció el presupuesto para el proyecto?

Cotizaciones.

- ¿Cuáles son los costos de implementación de un proyecto de redistribución de planta?

El costo más representativo en éste proyecto fue el de mover las instalaciones, las máquinas. Entramos a mirar más que viable porque puede ser viable es en qué momento se puede hacer, si de pronto no hacerlas todas de una, sino pues hagamos esta primero.

- ¿Quien es el encargado de la evaluación económica de un proyecto de este tipo en la empresa?

Finanzas.

Ingresos, costos y gastos que dependan de la distribución de una planta

- ¿Más específicamente, qué ingresos, costos y gastos se verán afectados por un cambio en la distribución de planta?

Ingeniería define cuánto vale el proyecto y ya digamos que el gerente de área y el gerente de toda la planta deciden si lo hacemos ó no lo hacemos tenemos presupuesto ó el mismo proyecto se puede pagar porque ya voy a reducir material de empaque, voy a reducir tiempo ó de pronto no voy a necesitar tantas personas en cada proceso. Se analiza si esos ahorros pueden pagar las modificaciones que tengan, en algunos casos no, no se pagan pero mas es el beneficio, digamos, ambiente de trabajo cargas laborales para la gente, hay otros beneficios que son mas de armonía, mas de ambiente laboral, pues que no se miden en un resultado tan tangible pero pues si es para mejorar el área de trabajo. Si esos también se evalúa todo cambio se evalúa con el presupuesto que se tenga y a veces si no hay presupuesto y es muy bueno pues se mira de adonde se saca la plata, eso siempre se evalúa siempre se pone el beneficio contra lo que se va a gastar entonces por lo menos en esta área fueron los cambios durante todos estos años que se han ido haciendo las modificaciones.

11. Planear la calidad

- ¿Se utilizaron herramientas para planificar la calidad del proyecto? (Análisis costo-beneficio, costo de la calidad, diagramas de control, estudios comparativos, diseño de experimentos, muestreo estadístico, diagramas de flujo).

No sabe.

12. Desarrollar el Plan de Recursos Humanos

- ¿Cómo identificaron el personal requerido? ¿Identificaron roles y responsabilidades por cargos o asignaron los que tenían en la empresa?

Lo hace recursos humanos e ingeniería,

13. Comunicaciones

- ¿Cómo planearon la comunicación y los canales de distribución de los resultados?

Pues nosotros tenemos diferentes mecanismos de operación, tenemos muchísimas reuniones que normalmente en la parte de lean nosotros tenemos revisión trimestral de todo lo que tiene que ver con los mapas y los proyectos asociados a los mapas. Entonces cada 3 meses se evalúa eso que yo dije como iniciativa pues ya por el plan que se ejecuto. Semanalmente cada gerente con su

equipo se reúne y mira cómo van sus proyectos, sus compromisos. Nosotros como una planeación estratégica y obviamente eso viene desde la corporación bajando desde la corporación la región y ya Colombia como tal. Entonces nosotros tenemos una planeación estratégica donde tenemos cuales son los proyectos claves, a cuales queremos llegar y eso se traduce a cada plano de organización tiene un proyecto o una actividad y una tarea que cumplir entonces obviamente todo eso está amarrado. Se trabaja mediante una estructura de desglose de trabajo pero a nivel de organigrama y funciones con respecto los objetivos estratégicos de la empresa. Entonces por lo menos la gente que está conmigo que proyecto va a hacer o qué tipo de corte de el resultado que yo estoy esperando yo soporto el resultado de mi gerente el de la región y así para arriba entonces esa es la alineación. Pero tenemos que en la semana cada gerente se reúne con su grupo de trabajo a ver cómo va adicional todos los días tenemos una reunión que son reuniones en el piso donde estamos los gerentes y algunos supervisores revisando los indicadores diarios de eficiencia los tiempos perdidos los eventos de seguridad calidad que vayan distorsionando esa meta donde estamos apuntando. Tenemos reuniones mensuales de resultado donde cada área presenta como va, como cerro, que resultados, que ahorros dependiendo pues de el área son indicadores que tu muestras las áreas productivas muestran como fueron sus variaciones, sus gastos, su eficiencia, las variaciones con respeto a eso por lo menos áreas como la nuestra es que proyectos se están implementando, cuales se cerraron, cuales ahorros se han dado, etc.

- ¿Cuál es la información más importante que debe transmitirse?

Es definir qué quieres, el beneficio que tienes, ver si es viable técnicamente, ya después de eso comienzas a divulgar a todo mundo. A los dueños del área ósea a los supervisores que no han participado ó de pronto aquellos porque no todos, porque nosotros tenemos asignados unos supervisores que cubren unas zonas, unos supervisores para X ó Y proyectos entonces con ellos es que nos entendemos. Entonces se hace todo el despliegue de la comunicación del cambio a partir de la parada vamos a arrancar a trabajar de esta forma, no solo al supervisor sino a los mismos volantes de materiales, a la misma gente que opera las maquinas, usted no se va hacer aquí sino que le toca acá. Toda esa información se divulga con anticipación a que empiece a funcionar, porque si no sería muy caótico que yo llegue y me pregunte ¿yo ahora donde me hago? Y la misma gente normalmente participa, ósea nosotros acá sacamos la idea loca ó ellos mismos nos la traen y entonces con ellos mismos se empieza a pulir esa idea.

14. Manejo de los riesgos

- ¿Se realizó algún tipo de análisis de riesgos para el proyecto?

Si eso es puro trabajo en equipo obviamente a nosotros nos piden que si vamos a mover una maquina por la parte de calidad es validarla para que eso parámetros que están funcionando al moverla, así sea 2cm, pues siga funcionando de la misma manera. Que si la conexión que tenia aquí la cambie la parte que nos exige calidad o la parte regulatoria es que se valide el área y se valide la maquina entonces pero que haya un procedimiento y obviamente si al interior tenemos nosotros hacemos un AMEF y ese cambio se lleva a un comité donde le miran el análisis de riesgo de el cambio ósea a bueno cada uno desde su perspectiva entonces está el de seguridad, calidad, están los dueños de el áreas, estamos nosotros. Como ingeniería industrial todo el mundo dice mira este es el proyecto que riesgos tienen a bueno entonces este riesgo es más o menos entonces tiene que colocarle un plan de contingencia pues para monitorearlos a entonces hay que evaluar si el ahorro que yo estoy diciendo se va a ver, si hay un procedimiento interno pero más que sea por nosotros porque esa es la norma de la compañía cada que se haga un proyecto esa es la vía por la cual se ejecuta.

A cada cambio se le hace un AMEF diferente no fue uno macro para el proyecto si no uno diferente a bueno si yo pongo esta máquina aquí cual riesgo hay, puedo hacer el mantenimiento que antes le hacia el área libre donde el mecánico se tiene que entrar hacer el mantenimiento de lubricación donde quedo cumple las normas que dice que tiene que tener tantos metro, etc. Si todas esas normas se evalúan por la parte de calidad donde va aquedar por ejemplo esto de esta área no está controlada y tiene unas condiciones de control donde se ven las partículas diferentes a estas a entonces ojo que aquí se puede contaminar el material de partículas entonces hacen la validación. Mejor dicho nosotros que hacemos el proyecto lo que hacemos es mostrar el beneficio y digamos nos retan desde otros ámbitos que no muestran desperdicios para hacerlo mejor teniendo en cuenta los posibles riesgos existentes.

GRUPO DE PROCESOS DE EJECUCIÓN

15. Adquirir el Equipo del Proyecto

- ¿Se requirió personal externo para el proyecto? ¿Para qué actividades?

Los encargados son ingeniería.

16. Desarrollar el Equipo del Proyecto

- ¿Se mejoraron las competencias e interacción del equipo de trabajo mediante capacitaciones o actividades antes y durante el proyecto de redistribución?

No sabe.

17. Dirigir el Equipo del Proyecto

- ¿Cómo se lidero el equipo y que tan bueno fue el resultado?

Cada área tiene su función dependiendo del proyecto, es decir que yo como dueña digamos que yo soy la dueña de el proyecto, si es algo a venir pero el rol es verificar si ingeniería está haciendo las cosas mejor dicho cada uno es autónomo de su proyecto y cada uno tiene proyectos diferentes por ejemplo ingeniería aparte de si se puede tumbar la pared o no, pues tiene la implementación de proyectos de automatización. Pues el gerente de automatización está pendiente que con su grupo de trabajo cumplan el cronograma e igual que se le haga el análisis de riesgo que le comentaba cuando está implementando la forma que se planeo entonces cada uno si tiene un proyecto se la pasa porque ese proyecto se cumplen el tiempo y los recursos solamente se solicitan dependiendo del proyecto esa es la dinámica de cómo funciona acá esto.

GRUPO DE PROCESOS DE CONTROL

18. Verificar el Alcance

- ¿Verificaron el alcance en los cierres de las fases, es decir, se verificó que se hayan completado satisfactoriamente los entregables del proyecto?

Ingeniería.

19. Controlar el Alcance

- ¿Se hicieron cambios al plan durante el proyecto? ¿Cuáles?

No recuerda.

20. Controlar el Cronograma

- ¿Cómo se controlo el cronograma?

Ingeniería.

21. Control de Costos

- ¿Controlaban los costos a lo largo de la ejecución del proyecto? Si es así, ¿cómo lo hacían?

Pues lo que tú ves en el seguimiento es que se estén dando los ahorros, pero sí queda bien que es lo que uno espera hacer las cosas desde la primera vez bien, es que no te vas a encontrar con ese tipo de cosas que salió este gasto que nunca

contemple especialmente siempre esta tan brindado de que pase por una revisión para que ese tipo de cosas no se vayan a presenta.

22. Control de la Calidad

- ¿Se realizaba un control de la calidad del proyecto durante la ejecución?

Si, por lo que son fármacos de consumo humano.

CIERRE

- ¿Cuáles considera los beneficios de emplear una guía para la realización de proyecto de redistribución de planta?

Considero que eso lo podría responder mejor el área de ingeniería.

ANEXO F. FORMATO DE ENTREVISTA REALIZADA A EMPRESA C

FORMULARIO PARA LA ADAPTACIÓN DE LA GUÍA TEÓRICA A LA EMPRESA

Empresa: EMPRESA C (Ingenio Azucarero)

Fecha Visita: 26 de Junio de 2012

Entrevistado: Ing. Guillermo Caicedo

Estudios: Ingeniería Mecánica

Descripción del Proyecto de Redistribución:

El proyecto de redistribución inició a partir de la necesidad de cambiar sus objetivos estratégicos y por ende la mezcla de productos en el 2006. Al ver la necesidad de implementar la destilería y sustituir las calderas existentes por una con mayor capacidad, surge también la posibilidad de cogenerar energía. Esto implicó un cambio en el layout inicial de la planta principal. Estos servicios se empezaron a prestar en el 2009 teniendo en cuenta que se vio afectado por el paro de corteros en el 2008.

Director del Proyecto: Ing. Guillermo Caicedo

Departamentos Involucrados:

Ingeniería, Operación y Movimiento, Planta, Eléctrico y Control, Diseño y Montaje, Finanzas, Salud Ocupacional.

GRUPO DE PROCESOS DE INICIACIÓN

1. Desarrollar acta de constitución

- ¿Cómo fue el proceso de constitución del proyecto?

La formalidad en la constitución del proyecto se da en el momento que ingeniería lo presenta a la junta directiva del ingenio para su aprobación. El documento formal considerado como el acta sería el acta de la reunión.

- ¿Cómo fue el proceso de aprobación del proyecto?

Ingeniería es la que desarrolla con ayuda de otros departamentos como finanzas la planeación inicial del proyecto para poder financieramente validar y argumentar

la necesidad del proyecto. Luego se presenta a la junta directiva la cual toma la decisión si se va a implementar o no el proyecto.

GRUPO DE PROCESOS DE PLANEACIÓN

2. Recopilar Requisitos

- ¿Cuáles eran las necesidades que impulsaron el proyecto?

La necesidad que impulso el proyecto fue montar una planta de alcohol carburante debido a la baja del precio del azúcar en el mercado global que estaba ocasionando pérdidas. Esto se debía a que solo cierto porcentaje de su producción podía venderse en el país de acuerdo a la demanda, una cuota fija, lo demás debía exportarse. El ingenio para poder aumentar sus utilidades debía producir más debido a sus costos fijos, pero esto implicaba que debía exportar más, lo cual al bajar el precio del azúcar generaba mayores pérdidas. Por consiguiente, esta solución se implemento a partir de unas recomendaciones que realizaron unos asesores traídos del extranjero para analizar la situación de los ingenios que concluyeron que como estaban planteados los negocios no eran viables. Sugirieron cambiar la fórmula de ingresos ante la situación global que se estaba evidenciando para aumentar las utilidades.

Además, esta nueva planta requería aumentar la capacidad de generar energía para lo cual se busco implementar una nueva caldera y se vio la posibilidad de cogenerar energía para vender, gracias a la constitución de 1991 que se reglamento a partir del 94. También el departamento de ingeniería quiso buscar mejoras en la planta principal como la automatización de ciertas partes del sistema productivo. Entre ellas:

- Mejorar el consumo de vapor (lbs. de vapor/ton de caña) - Mejorar la evaporación
- Mejorar la automatización - Cambiar las turbinas en los molinos por motores eléctricos AC con variadores de frecuencia.
- Implementación de la caldera, generadores y tubería necesaria.
- ¿Cuáles eran los objetivos que quería alcanzar la empresa con el proyecto?
¿Eran medibles?

Aumentar las utilidades con los nuevos negocios los cuales eran medibles teniendo en cuenta la producción total de energía y alcohol, y su precio de venta. Además, la disminución de consumo de vapor lo cual significaba un ahorro para la compañía.

- ¿Cuáles eran los requisitos para el proyecto y cómo los controlaron a lo largo del proyecto?

Los requisitos generalmente fueron las especificaciones de las máquinas que debían comprarse. Un estudio que realizaron en conjunto con la Universidad del Valle, las referencias anteriores, junto con el jefe de planta permitió determinar las especificaciones de la caldera que debían comprar.

3. Definir el Alcance

- ¿Qué resultados esperaban lograr?

Tener una venta de energía, un ahorro en consumo de vapor, y venta de alcohol.

- ¿Cómo determinaron el alcance del proyecto?

Aparte de los objetivos realizaron el diseño de la fábrica automática para aprovechar la oportunidad del proyecto y realizar las mejoras para el futuro de la planta principal. Hoy en día están terminando algunas fases de ese diseño.

Importante tener en cuenta la eficiencia del vapor para desarrollar el nuevo layout debido a que las pérdidas al transportar vapor son muy significativas, y para evitarlas si hay largas distancias se debe aumentar el calibre de la tubería y esto aumenta la inversión requerida.

4. Crear la EDT

- ¿Emplearon una estructura de desglose de trabajo a partir de los entregables del proyecto que definieron?

Dependía de los equipos a instalar y así se determinaron las actividades.

5. Definir las Actividades

- ¿Cómo definieron las actividades que se debían desarrollar para el proyecto?

Se basaron en el listado de equipos que requerían para todos los nuevos diseños y a partir de estos se determinaron todas las actividades necesarias. Además, el contratista tiene su propio cronograma de actividades que de acuerdo a las especificaciones y el diseño que se le entrega las determina y se controlan por el ingenio. Además, los proveedores de los equipos como los de la caldera dan instructivos para poder realizar el montaje y ensamblaje de esta.

6. Secuenciar las Actividades

- ¿Cómo secuenciaron las actividades?

Se implementó Microsoft Project para secuenciar las actividades de acuerdo a una reunión que realizaron varios departamentos y los contratistas para definir fechas y la secuencia necesaria de acuerdo a sus juicios y acuerdos a los que se llegaron.

7. Estimar los Recursos de las Actividades

- ¿Cómo estimaron el tipo y las cantidades de recursos (materiales, personas, equipos o suministros) requeridos para ejecutar cada actividad? ¿Emplearon un método en particular?

Se tomaron referencias de otros proyectos y de acuerdo a los requerimientos de los equipos y lo que el proveedor y el subcontratista les dijeron.

8. Estimar la Duración de las Actividades

- ¿Cómo estimaron la duración de las actividades? ¿Emplearon algún método de estimación o alguna herramienta? (Estimación paramétrica).

Se tomaron referencias de otros proyectos y de acuerdo a los requerimientos de los equipos y lo que el proveedor y el subcontratista les dijeron.

9. Desarrollar el Cronograma

- ¿Cómo desarrollaron el cronograma del proyecto? ¿Qué métodos y herramientas emplearon?

El cronograma se hizo en Microsoft Project por el departamento de ingeniería y una persona estaba a cargo de este. Además, los proveedores y contratistas tenían sus propios cronogramas que debían coincidir con el cronograma del megaproyecto. Al existir varios proyectos se tenían minicronogramas para cada uno de estos.

- ¿La implementación de los proyectos de redistribución de planta se lleva a cabo en su totalidad parando la producción o se programan actividades mientras la planta continúa funcionando?

Se tuvo en cuenta la producción por lo cual se adaptaron a las paradas de la fábrica que se realizaban cada 15 días. Para los motores se sacaba un molino al tiempo lo cual generaba pérdidas al tener menor extracción pero no se paraba la producción. El de mayor impacto es el primer molino el cual se programó la motorizada para semana santa.

10. Estimar los costos y determinar presupuesto

- ¿Cómo se estimaron los costos y se estableció el presupuesto para el proyecto?

Los costos se estimaron de acuerdo a los requerimientos de los equipos necesarios. Al tener las especificaciones de los equipos el departamento de ingeniería puede realizar un presupuesto inicial con los proveedores que ha cotizado y lo que les costaría la contratación de terceros. Principalmente los costos más representativos fueron los equipos, la estructuración (montaje - obras civiles) y consumibles.

- ¿Quién es el encargado de la evaluación económica de un proyecto de este tipo en la empresa?

El departamento de ingeniería y finanzas. La TIR debe ser mayor al 14,5% establecido por la organización para que el proyecto sea viable.

11. Planear la calidad

- ¿Cómo se aseguraba la calidad durante la ejecución?

La calidad en cuanto a producto no es tan estricta ya que el mismo proceso va eliminando impurezas de la materia prima en todas las etapas, sin embargo, se busco minimizar la entrada de polvo al tener cerrada el área de las obras civiles.

12. Desarrollar el Plan de Recursos Humanos

- ¿Cómo identificaron el personal requerido? ¿Identificaron roles y responsabilidades por cargos o asignaron los que tenían en la empresa?

Las personas del ingenio, los contratistas mediante licitación, generalmente las ganan los que ya han trabajado con el ingenio debido a que reducen los costos.

13. Comunicaciones

- ¿Cómo planearon la comunicación y los canales de distribución de los resultados? ¿Cuál es la información más importante que debe transmitirse?

La comunicación era mediante reuniones con los contratistas, los ingenieros encargados y las reuniones semanales. Los avances se reportaban a través del área de finanzas a la junta directiva donde se mencionaban costos, las fechas de entrega, resultados, entre otros.

14. Manejo de los riesgos

- ¿Se realizó algún tipo de análisis de riesgos para el proyecto?

Se hizo un estudio de riesgos con el departamento de seguridad industrial y una firma de Cali Roberto Caicedo realiza los diseños para mitigarlos generalmente para las bases y estructuras (cimentaciones), entre otros. Se establecieron pólizas con las compañías de seguros, con un pull que lo administra royals.

GRUPO DE PROCESOS DE EJECUCIÓN

15. Adquirir el Equipo del Proyecto

- ¿Se requirió personal externo para el proyecto? ¿Para qué actividades? ¿Cómo se localizaron, seleccionaron y contrataron?

Como se menciona anteriormente se trabajo con personal que ya había estado vinculado en otros proyectos.

16. Desarrollar el Equipo del Proyecto

- ¿Se mejoraron las competencias e interacción del equipo de trabajo mediante capacitaciones o actividades antes y durante el proyecto de redistribución?

Al ser equipos diferentes y tener un componente de automatización se capacitaron los operarios.

17. Dirigir el Equipo del Proyecto

- ¿Cómo se lidero el equipo y que tan bueno fue el resultado?

El líder fue el jefe de ingeniería y el ingeniero Guillermo Caicedo.

GRUPO DE PROCESOS DE CONTROL

18. Verificar el Alcance

- ¿Verificaron el alcance en los cierres de las fases, es decir, se verificó que se hayan completado satisfactoriamente los entregables del proyecto?

Su verificación fue presupuestal y al finalizar revisar que funcionaran todos los equipos y se acoplaran.

19. Controlar el Alcance

- ¿Se hicieron cambios al plan durante el proyecto? ¿Cuáles?

El alcance tuvo varios cambios en cuanto a mejoras de la planta y de los equipos que la junta directiva fue aprobando en el transcurso del tiempo.

20. Controlar el Cronograma

- ¿Cómo se controló el cronograma?

El cronograma se controló mediante Project y la actualización de los factores a medida que transcurrían las semanas.

21. Control de Costos

- ¿Controlaban los costos a lo largo de la ejecución del proyecto? Si es así, ¿cómo lo hacían?

Cuentas mediante SAP.

- ¿Se cumplió con el presupuesto inicial o tuvo que adaptarse un nuevo presupuesto?

El presupuesto no se cumplió el más exacto fue la motorización de los molinos, debido a las modificaciones de tuberías y las mejoras que fueron surgiendo ya que se aumentaron miniproyectos.

22. Control de la Calidad

- ¿Se realizaba un control de la calidad del proyecto durante la ejecución?

En cuanto a la calidad del proyecto se realizaban controles de los equipos y montajes y se aseguraba al escoger los proveedores que estos contaran con las certificaciones adecuadas. Ya que tener una auditoría sobre los proveedores aumentaba en un 20% la inversión por lo que se basó en la confianza y reputación de los proveedores. En el montaje si era necesario estar controlando la calidad debido a la eficiencia térmica que se requiere como por ejemplo sobre las soldaduras o pegos. Los especialistas dentro del ingenio en cada área se encargan de certificar la calidad respectiva.

CIERRE

- ¿Cuáles considera los beneficios de emplear una guía para la realización de proyecto de redistribución de planta?

La consideran beneficiosa ya que la ruta que ellos siguieron es muy parecida y abarca todo lo que ellos realizaron.

ANEXO G. FORMATO DE ENTREVISTA REALIZADA A EMPRESA D

FORMULARIO PARA LA ADAPTACIÓN DE LA GUÍA TEÓRICA A LA EMPRESA

Empresa: EMPRESA C S.A.

Fecha Visita: 26 de Junio de 2012

Entrevistado: Ing. Guillermo Caicedo

Estudios: Ingeniería Mecánica

Descripción del Proyecto de Redistribución:

El proyecto de redistribución inició a partir de la necesidad de cambiar sus objetivos estratégicos y por ende la mezcla de productos en el 2006. Al ver la necesidad de implementar la destilería y sustituir las calderas existentes por una con mayor capacidad, surge también la posibilidad de cogenerar energía. Esto implicó un cambio en el layout inicial de la planta principal. Estos servicios se empezaron a prestar en el 2009 teniendo en cuenta que se vio afectado por el paro de corteros en el 2008.

Director del Proyecto: Ing. Guillermo Caicedo

Departamentos Involucrados:

Ingeniería, Operación y Movimiento, Planta, Eléctrico y Control, Diseño y Montaje, Finanzas, Salud Ocupacional.

GRUPO DE PROCESOS DE INICIACIÓN

1. Desarrollar acta de constitución

- ¿Cómo fue el proceso de constitución del proyecto?

La formalidad en la constitución del proyecto se da en el momento que ingeniería lo presenta a la junta directiva del ingenio para su aprobación. El documento formal considerado como el acta sería el acta de la reunión.

- ¿Cómo fue el proceso de aprobación del proyecto?

Ingeniería es la que desarrolla con ayuda de otros departamentos como finanzas la planeación inicial del proyecto para poder financieramente validar y argumentar

la necesidad del proyecto. Luego se presenta a la junta directiva la cual toma la decisión si se va a implementar o no el proyecto.

GRUPO DE PROCESOS DE PLANEACIÓN

2. Recopilar Requisitos

- ¿Cuáles eran las necesidades que impulsaron el proyecto?

La necesidad que impulso el proyecto fue montar una planta de alcohol carburante debido a la baja del precio del azúcar en el mercado global que estaba ocasionando pérdidas. Esto se debía a que solo cierto porcentaje de su producción podía venderse en el país de acuerdo a la demanda, una cuota fija, lo demás debía exportarse. El ingenio para poder aumentar sus utilidades debía producir más debido a sus costos fijos, pero esto implicaba que debía exportar más, lo cual al bajar el precio del azúcar generaba mayores pérdidas. Por consiguiente, esta solución se implemento a partir de unas recomendaciones que realizaron unos asesores traídos del extranjero para analizar la situación de los ingenios que concluyeron que como estaban planteados los negocios no eran viables. Sugirieron cambiar la fórmula de ingresos ante la situación global que se estaba evidenciando para aumentar las utilidades.

Además, esta nueva planta requería aumentar la capacidad de generar energía para lo cual se busco implementar una nueva caldera y se vio la posibilidad de cogenerar energía para vender, gracias a la constitución de 1991 que se reglamento a partir del 94. También el departamento de ingeniería quiso buscar mejoras en la planta principal como la automatización de ciertas partes del sistema productivo. Entre ellas:

- Mejorar el consumo de vapor (lbs. de vapor/ton de caña) - Mejorar la evaporación
- Mejorar la automatización - Cambiar las turbinas en los molinos por motores eléctricos AC con variadores de frecuencia.
- Implementación de la caldera, generadores y tubería necesaria.
- ¿Cuáles eran los objetivos que quería alcanzar la empresa con el proyecto?
¿Eran medibles?

Aumentar las utilidades con los nuevos negocios los cuales eran medibles teniendo en cuenta la producción total de energía y alcohol, y su precio de venta. Además, la disminución de consumo de vapor lo cual significaba un ahorro para la compañía.

- ¿Cuáles eran los requisitos para el proyecto y cómo los controlaron a lo largo del proyecto?

Los requisitos generalmente fueron las especificaciones de las máquinas que debían comprarse. Un estudio que realizaron en conjunto con la Universidad del Valle, las referencias anteriores, junto con el jefe de planta permitió determinar las especificaciones de la caldera que debían comprar.

3. Definir el Alcance

- ¿Qué resultados esperaban lograr?

Tener una venta de energía, un ahorro en consumo de vapor, y venta de alcohol.

- ¿Cómo determinaron el alcance del proyecto?

Aparte de los objetivos realizaron el diseño de la fábrica automática para aprovechar la oportunidad del proyecto y realizar las mejoras para el futuro de la planta principal. Hoy en día están terminando algunas fases de ese diseño.

Importante tener en cuenta la eficiencia del vapor para desarrollar el nuevo layout debido a que las pérdidas al transportar vapor son muy significativas, y para evitarlas si hay largas distancias se debe aumentar el calibre de la tubería y esto aumenta la inversión requerida.

4. Crear la EDT

- ¿Emplearon una estructura de desglose de trabajo a partir de los entregables del proyecto que definieron?

Dependía de los equipos a instalar y así se determinaron las actividades.

5. Definir las Actividades

- ¿Cómo definieron las actividades que se debían desarrollar para el proyecto?

Se basaron en el listado de equipos que requerían para todos los nuevos diseños y a partir de estos se determinaron todas las actividades necesarias. Además, el contratista tiene su propio cronograma de actividades que de acuerdo a las especificaciones y el diseño que se le entrega las determina y se controlan por el ingenio. Además, los proveedores de los equipos como los de la caldera dan instructivos para poder realizar el montaje y ensamblaje de esta.

6. Secuenciar las Actividades

- ¿Cómo secuenciaron las actividades?

Se implementó Microsoft Project para secuenciar las actividades de acuerdo a una reunión que realizaron varios departamentos y los contratistas para definir fechas y la secuencia necesaria de acuerdo a sus juicios y acuerdos a los que se llegaron.

7. Estimar los Recursos de las Actividades

- ¿Cómo estimaron el tipo y las cantidades de recursos (materiales, personas, equipos o suministros) requeridos para ejecutar cada actividad? ¿Emplearon un método en particular?

Se tomaron referencias de otros proyectos y de acuerdo a los requerimientos de los equipos y lo que el proveedor y el subcontratista les dijeron.

8. Estimar la Duración de las Actividades

- ¿Cómo estimaron la duración de las actividades? ¿Emplearon algún método de estimación o alguna herramienta? (Estimación paramétrica).

Se tomaron referencias de otros proyectos y de acuerdo a los requerimientos de los equipos y lo que el proveedor y el subcontratista les dijeron.

9. Desarrollar el Cronograma

- ¿Cómo desarrollaron el cronograma del proyecto? ¿Qué métodos y herramientas emplearon?

El cronograma se hizo en Microsoft Project por el departamento de ingeniería y una persona estaba a cargo de este. Además, los proveedores y contratistas tenían sus propios cronogramas que debían coincidir con el cronograma del megaproyecto. Al existir varios proyectos se tenían minicronogramas para cada uno de estos.

- ¿La implementación de los proyectos de redistribución de planta se lleva a cabo en su totalidad parando la producción o se programan actividades mientras la planta continúa funcionando?

Se tuvo en cuenta la producción por lo cual se adaptaron a las paradas de la fábrica que se realizaban cada 15 días. Para los motores se sacaba un molino al tiempo lo cual generaba pérdidas al tener menor extracción pero no se paraba la producción. El de mayor impacto es el primer molino el cual se programó la motorizada para semana santa.

10. Estimar los costos y determinar presupuesto

- ¿Cómo se estimaron los costos y se estableció el presupuesto para el proyecto?

Los costos se estimaron de acuerdo a los requerimientos de los equipos necesarios. Al tener las especificaciones de los equipos el departamento de ingeniería puede realizar un presupuesto inicial con los proveedores que ha cotizado y lo que les costaría la contratación de terceros. Principalmente los costos más representativos fueron los equipos, la estructuración (montaje - obras civiles) y consumibles.

- ¿Quién es el encargado de la evaluación económica de un proyecto de este tipo en la empresa?

El departamento de ingeniería y finanzas. La TIR debe ser mayor al 14,5% establecido por la organización para que el proyecto sea viable.

11. Planear la calidad

- ¿Cómo se aseguraba la calidad durante la ejecución?

La calidad en cuanto a producto no es tan estricta ya que el mismo proceso va eliminando impurezas de la materia prima en todas las etapas, sin embargo, se busco minimizar la entrada de polvo al tener cerrada el área de las obras civiles.

12. Desarrollar el Plan de Recursos Humanos

- ¿Cómo identificaron el personal requerido? ¿Identificaron roles y responsabilidades por cargos o asignaron los que tenían en la empresa?

Las personas del ingenio, los contratistas mediante licitación, generalmente las ganan los que ya han trabajado con el ingenio debido a que reducen los costos.

13. Comunicaciones

- ¿Cómo planearon la comunicación y los canales de distribución de los resultados? ¿Cuál es la información más importante que debe transmitirse?

La comunicación era mediante reuniones con los contratistas, los ingenieros encargados y las reuniones semanales. Los avances se reportaban a través del área de finanzas a la junta directiva donde se mencionaban costos, las fechas de entrega, resultados, entre otros.

14. Manejo de los riesgos

- ¿Se realizó algún tipo de análisis de riesgos para el proyecto?

Se hizo un estudio de riesgos con el departamento de seguridad industrial y una firma de Cali Roberto Caicedo realiza los diseños para mitigarlos generalmente para las bases y estructuras (cimentaciones), entre otros. Se establecieron pólizas con las compañías de seguros, con un pull que lo administra royals.

GRUPO DE PROCESOS DE EJECUCIÓN

15. Adquirir el Equipo del Proyecto

- ¿Se requirió personal externo para el proyecto? ¿Para qué actividades? ¿Cómo se localizaron, seleccionaron y contrataron?

Como se menciona anteriormente se trabajo con personal que ya había estado vinculado en otros proyectos.

16. Desarrollar el Equipo del Proyecto

- ¿Se mejoraron las competencias e interacción del equipo de trabajo mediante capacitaciones o actividades antes y durante el proyecto de redistribución?

Al ser equipos diferentes y tener un componente de automatización se capacitaron los operarios.

17. Dirigir el Equipo del Proyecto

- ¿Cómo se lidero el equipo y que tan bueno fue el resultado?

El líder fue el jefe de ingeniería y el ingeniero Guillermo Caicedo.

GRUPO DE PROCESOS DE CONTROL

18. Verificar el Alcance

- ¿Verificaron el alcance en los cierres de las fases, es decir, se verificó que se hayan completado satisfactoriamente los entregables del proyecto?

Su verificación fue presupuestal y al finalizar revisar que funcionaran todos los equipos y se acoplaran.

19. Controlar el Alcance

- ¿Se hicieron cambios al plan durante el proyecto? ¿Cuáles?

El alcance tuvo varios cambios en cuanto a mejoras de la planta y de los equipos que la junta directiva fue aprobando en el transcurso del tiempo.

20. Controlar el Cronograma

- ¿Cómo se controló el cronograma?

El cronograma se controló mediante Project y la actualización de los factores a medida que transcurrían las semanas.

21. Control de Costos

- ¿Controlaban los costos a lo largo de la ejecución del proyecto? Si es así, ¿cómo lo hacían?

Cuentas mediante SAP.

- ¿Se cumplió con el presupuesto inicial o tuvo que adaptarse un nuevo presupuesto?

El presupuesto no se cumplió el más exacto fue la motorización de los molinos, debido a las modificaciones de tuberías y las mejoras que fueron surgiendo ya que se aumentaron miniproyectos.

22. Control de la Calidad

- ¿Se realizaba un control de la calidad del proyecto durante la ejecución?

En cuanto a la calidad del proyecto se realizaban controles de los equipos y montajes y se aseguraba al escoger los proveedores que estos contaran con las certificaciones adecuadas. Ya que tener una auditoría sobre los proveedores aumentaba en un 20% la inversión por lo que se basó en la confianza y reputación de los proveedores. En el montaje si era necesario estar controlando la calidad debido a la eficiencia térmica que se requiere como por ejemplo sobre las soldaduras o pegas. Los especialistas dentro del ingenio en cada área se encargan de certificar la calidad respectiva.

CIERRE

- ¿Cuáles considera los beneficios de emplear una guía para la realización de proyecto de redistribución de planta?

La consideran beneficiosa ya que la ruta que ellos siguieron es muy parecida y abarca todo lo que ellos realizaron.

ANEXO H. FORMATO DE ENTREVISTA REALIZADA A EMPRESA E

FORMULARIO PARA LA ADAPTACIÓN DE LA GUÍA TEÓRICA A LA EMPRESA

Empresa: EMPRESA E (Litografía)

Fecha Visita: 20 de Junio de 2012

Entrevistado: Álvaro Echeverri

Estudios: Comercio Internacional

Descripción del Proyecto de Redistribución:

El proyecto de redistribución no se ha realizado están en la fase de planeación. EMPRESA E es una sociedad anónima que recientemente está ubicada en una bodega de 470 metros pero la cual no es un área suficiente especialmente para almacenamiento y porque han adquirido unas nuevas máquinas que viene en camino. Además no se han tenido en cuenta conceptos de salud industrial en los cuales se ha ido trabajando progresivamente.

Director del Proyecto: Álvaro Echeverri

Departamentos Involucrados: Planta y Gerencia.

GRUPO DE PROCESOS DE INICIACIÓN

1. Desarrollar acta de constitución

- ¿Cómo fue el proceso de constitución y aprobación del proyecto?

Surge por la necesidad de más espacio debido a la adquisición de una nueva máquina y a que tienen muy poco espacio de almacenaje por lo que los materiales se terminan almacenando entre las máquinas. Por consiguiente los dueños decidieron buscar la manera de alquilar la bodega continua y asignaron al gerente y el jefe de planta para llevar a cabo la reorganización.

- ¿Qué áreas de la empresa estuvieron involucradas en el proceso de redistribución de planta?

Las áreas involucradas son gerencia y producción.

- ¿Hay un documento formal que debe presentarse para la aprobación de este tipo de proyectos? ¿Qué elementos o aspectos contiene?

No, el proceso ha sido muy informal.

- ¿Cuáles son los criterios de decisión para implementar o no un proyecto de este tipo?

Los criterios son la urgencia de las necesidades y la posibilidad de que la inversión sea mínima y les alquilaran la bodega continua.

GRUPO DE PROCESOS DE PLANEACIÓN

2. Recopilar Requisitos

- ¿Cuáles eran las necesidades que impulsaron el proyecto?

EMPRESA E fue fundada por el Sr. Jerson Castro y en sus inicios lo que él hizo fue montar una empresa de litografía producto de su conocimiento. La empresa prestaba servicios y contrataba, era como un agente de impresión. Tenía dos diseñadores y no tenía máquinas por lo que todo lo mandaba a hacer. Posteriormente se asoció con otra persona y consiguió unas máquinas de impresión litográfica de un solo color, una guillotina y una pinza. Estas máquinas hacían trabajos pequeños en San Nicolás como la mayoría de empresas litográficas de la ciudad. Pasaron los años y los socios le propusieron aliarse al negocio a unos inversionistas de la ciudad y ellos les compraron parte de la sociedad e invirtieron en unas máquinas litográficas de cinco tintas, una guillotina, la cocedora y unas máquinas que hay dentro de un cubo (estructura) que son de rollo donde se imprimen rollos para registradoras, datafonos, chance, entre otros. Con esa alianza se constituyó una sociedad anónima en razón a la inversión y analizaron que donde estaban ubicados era demasiado pequeño y consiguieron la bodega actual que tiene alrededor de 470 m. Hoy en día, compraron nuevas máquinas y percibieron que en su línea de producción hay mucho material para almacenaje que no tienen donde ubicarlo por consiguiente alquilaron la bodega de enseguida que tiene otros 400 metros aproximadamente con lo que van a pasar todo el almacén para allá y dejaron en la bodega actual sólo la producción. Además el cubo lo ampliarían hasta donde está el almacén.

- ¿Cuáles eran los objetivos que quería alcanzar la empresa con el proyecto?
¿Eran medibles?

Los objetivos que querían alcanzar con este proyecto eran aumentar su capacidad de almacenamiento y producción de impresión de rollos.

- ¿Cuáles eran los requisitos para el proyecto y cómo los controlaron a lo largo del proyecto?

Los requisitos para el proyecto eran la seguridad y el control que se debe tener sobre el cubo ya que esa línea de producción está sellada por que es un área de acceso restringido porque ahí manejan papelería del chance. Como línea de producción tienen que estar juntas para no poner en riesgo el material que se está produciendo y por seguridad los elementos que se imprimen o se manejan no pueden estar saliendo. Sólo se sacan algunos talonarios para enumerar la pista pero se sacan contados y supervisados, se enumeran y vuelven y entran. Al ser formulario de chance si se pierde puede representar mucho dinero, no por lo que valga el formulario, porque el formulario vale 7 pesos sino porque puedo escribir mañana que ahí me gane 100 millones de pesos y ahí me los pagan por que efectivamente el formulario es legal.

3. Definir el Alcance

- ¿Qué resultados esperaban lograr?

La intención es obtener como resultado un espacio bien distribuido, que sean áreas seguras.

4. Crear la EDT

- ¿Emplearon una estructura de desglose de trabajo a partir de los entregables del proyecto que definieron?

No se ha realizado.

5. Definir las Actividades

- ¿Cómo definieron las actividades que se debían desarrollar para el proyecto?

Las actividades que se han definido son de acuerdo al layout que planteo el jefe de planta pensando en las conexiones de los servicios y la distribución del espacio él es ingeniero civil y trabajo durante largo tiempo en Carvajal. Por lo cual primero se van a hacer las actividades requeridas para ampliar el cubo teniendo en cuenta la conexión y la ventilación debido a que ésta última es muy importante porque al trabajar con tintas puede convertirse a largo plazo en algo tóxico.

6. Secuenciar las Actividades

- ¿Cómo secuenciaron las actividades?

No se ha realizado porque no se ha definido ni aprobado el layout que se va a hacer.

7. Estimar los Recursos de las Actividades

- ¿Cómo estimaron el tipo y las cantidades de recursos (materiales, personas, equipos o suministros) requeridos para ejecutar cada actividad? ¿Emplearon un método en particular?

Se cotizo con un arquitecto conocido el cual según la propuesta de la distribución estimo los materiales requeridos.

8. Estimar la Duración de las Actividades

- ¿Cómo estimaron la duración de las actividades? ¿Emplearon algún método de estimación o alguna herramienta? (Estimación paramétrica).

No lo han realizado.

9. Desarrollar el Cronograma

- ¿Cómo desarrollaron el cronograma del proyecto? ¿Qué métodos y herramientas emplearon?

No lo han realizado.

10. Estimar los costos y determinar presupuesto

- ¿Cómo se estimaron los costos y se estableció el presupuesto para el proyecto?

Los han estimado según los materiales y la cotización del arquitecto conocido por los socios y otra cotización que realizaron en Homecenter.

- ¿Cuáles son los costos de implementación de un proyecto de redistribución de planta?

Los costos más representativos son los de las máquinas y materiales para el proyecto.

- ¿Quién es el encargado de la evaluación económica de un proyecto de este tipo en la empresa?

El encargado es el gerente y el contador.

11. Planear la calidad

- ¿Se utilizaron herramientas para planificar la calidad del proyecto? (Análisis costo-beneficio, costo de la calidad, diagramas de control, estudios comparativos, diseño de experimentos, muestreo estadístico, diagramas de flujo).

No se han realizado.

12. Desarrollar el Plan de Recursos Humanos

- ¿Desarrollaron un plan de recursos humanos?

No se ha realizado.

- ¿Cómo identificaron el personal requerido? ¿Identificaron roles y responsabilidades por cargos o asignaron los que tenían en la empresa?

Al requerir una obra se cotizó con el arquitecto que ha trabajado para la empresa.

13. Comunicaciones

- ¿Cómo planearon la comunicación y los canales de distribución de los resultados?

No se han planeado sólo se han hecho reuniones con los socios y con el jefe de planta.

14. Manejo de los riesgos

- ¿Se realizó algún tipo de análisis de riesgos para el proyecto?

No

GRUPO DE PROCESOS DE EJECUCIÓN

No se han llevado a cabo.

GRUPO DE PROCESOS DE CONTROL

No se han llevado a cabo.

CIERRE

- ¿Cuáles considera los beneficios de emplear una guía para la realización de proyecto de redistribución de planta?

Los beneficios de utilizar una guía para un proyecto de redistribución en éste tipo de empresas es que ofrece una base a seguir en un lenguaje entendible para las personas que están a cargo del proyecto como es el caso del gerente.

Ellos no conocen las metodologías para desarrollar una distribución y muy poco sobre proyectos. El gerente que direcciona el proyecto no sabe cómo se maneja una planta de producción de decir cómo se distribuye todo su conocimiento es producto de la experiencia y de la experiencia de otros como el ingeniero civil que trabajo muchos años en Carvajal como coordinador de plantas en producción. Por lo cual tiene idea de cómo tenía que hacer una planta pero tampoco era ingeniero industrial por lo cual es muy empírico su conocimiento. Además el dueño de la compañía, gestor del proyecto, vive de las sugerencias que hacen los del negocio no ingenieros industriales si no de otras empresas pero no es ninguna metodología ya que ninguno de ellos ha utilizado una metodología de distribución de planta.

ANEXO I. FORMATO DE ENTREVISTA REALIZADA A EMPRESA F

FORMULARIO PARA LA ADAPTACIÓN DE LA GUÍA TEÓRICA A LA EMPRESA

Empresa: EMPRESA F (Metalmecánica)

Fecha Visita: Julio 2 de 2012

Entrevistado: Ing. Meir Tanura

Estudios: Ingeniería Industrial

Descripción del Proyecto de Redistribución:

La sede de la empresa se encuentra ubicada en el centro de la ciudad de Cali. En la empresa se han hecho varios proyectos de redistribución de planta, pero cada uno ha tenido objetivos diferentes. Uno de ellos fue impulsado por la necesidad de separar ciertas áreas de producción puesto que se estaba presentando contaminación entre materiales. El otro proyecto fue impulsado por algunas modificaciones eléctricas que debían efectuarse.

Director del Proyecto: Ing. Meir Tanura

Departamentos Involucrados:

Se trata de una empresa pequeña familiar, por lo que las decisiones relacionadas con el proyecto son evaluadas por el dueño.

GRUPO DE PROCESOS DE INICIACIÓN

1. Desarrollar acta de constitución

- ¿Cómo fue el proceso de constitución del proyecto?

En las empresas pequeñas no es común que se desarrolle un proceso de constitución formal ni se preparen documentos de planeación, que guarden registro de las decisiones tomadas.

- ¿Cómo fue el proceso de aprobación del proyecto?

La decisión de implementar o no un proyecto de redistribución de planta está a cargo del dueño, quien evaluando la necesidad que lo impulsa y realizando una valoración económica, determina si éste es beneficioso para la empresa.

- ¿Qué áreas de la empresa estuvieron involucradas en el proyecto?

En el primer proyecto de redistribución de planta que se realizó en la empresa se movieron todos los departamentos del área productiva.

En el segundo proceso de redistribución de planta que se realizó en la empresa sólo se movieron algunos equipos y áreas de trabajo, debido a la inclusión de unos equipos nuevos.

- ¿Hay un documento formal que debe presentarse para la aprobación de este tipo de proyectos? ¿Qué elementos o aspectos contiene?

No se tienen unos documentos formales establecidos que deban presentarse para la planeación y aceptación del proyecto. Este tipo de formalidades se tienen principalmente en las empresas grandes, que cuentan con muchas entidades y dependencias, y una forma de comunicar la justificación del proyecto y los procesos que se están planeando para la redistribución es a través de ciertos documentos.

- ¿Cuáles son los criterios de decisión para implementar o no un proyecto de este tipo?

El criterio de decisión para implementar el proyecto consiste en que la necesidad que impulsa la idea del proyecto de redistribución de planta tenga un suficiente peso e impacto para una mejora en las operaciones de la empresa. Adicionalmente se mira que sea viable económicamente, pero que no implique una inversión desmesurada que se salga del capital de los dueños.

GRUPO DE PROCESOS DE PLANEACIÓN

2. Recopilar Requisitos

- ¿Cuáles eran las necesidades que impulsaron el proyecto?

El primer proyecto surgió por la necesidad de separar adecuadamente ciertas áreas de operación. Principalmente se buscó eliminar la contaminación causada por otros materiales sobre el trabajo en acero inoxidable, y viceversa. Adicionalmente se estaba presentando la oportunidad de incluir otros productos. Se buscó un cambio de un sistema productivo funcional a uno con la mayor parte orientada hacia un sistema de posición fija.

Por otro lado, la empresa tenía un transformador de 100 KVA y en enero de este año se estableció que éste tenía un uso del 72%, que se encontraba muy cerca del límite permitido establecido en el Reglamento para el Diseño de Instalaciones Eléctricas, que corresponde a un 80%. Emcali por lo general no alerta sobre el

límite y el chequeo continuo de los transformadores, sino que la empresa debe encargarse de esto. En la empresa se sacaron algunas máquinas de 60-70 caballos de fuerza y las nuevas máquinas que se habían introducido tenían un menor nivel de tecnología, por lo que se pensó que consumirían menos energía. También se introdujeron más soldadores. Normalmente se tiene la costumbre de basarse en el número de equipos, pero muchas veces no se trata de los caballos de fuerza registrados que tienen los motores y de la cantidad de los mismos, sino de la eficiencia y las tasas de consumo de los equipos. Los equipos más viejos son menos eficientes. Si se tiene un equipo viejo de 2 caballos de fuerza y un equipo nuevo de 10 caballos de fuerza, es probable que el nuevo tenga un menor consumo de energía, puesto que es menos ineficiente.

Finalmente se encontró que se estaba consumiendo más energía, por lo que se tomó la decisión de cambiar el transformador y el poste correspondiente, con miras a tener la suficiente capacidad energética para el futuro. En ese momento se empezó a analizar hasta qué punto cambiar el transformador era una solución y si sería provechoso realizar cambios de la maquinaria antigua por equipos de mayor tecnología, esto con el objetivo de aumentar la eficiencia energética de los equipos y no tener consumos tan elevados. Debido a lo anterior se decidió realizar los dos cambios: el del transformador y el de la maquinaria. Los cambios de maquinaria generaron un proceso de redistribución de planta más sencillo que el proyecto descrito anteriormente.

- ¿Cuáles eran los objetivos que quería alcanzar la empresa con el proyecto?
¿Eran medibles?

En el primer proyecto se quería alcanzar el objetivo ampliar el portafolio de productos y eliminar la contaminación cruzada. Si se realizaba la redistribución ambos objetivos se cumplían al 100%.

En el segundo proyecto, se buscaba cumplir con la normas de diseño de instalaciones eléctricas, mediante la renovación de la tecnología de la maquinaria y el reemplazo de un transformador antiguo, y con ello también establecer una mejor capacidad eléctrica para el futuro.

- ¿Cuáles eran los requisitos para el proyecto y cómo los controlaron a lo largo del proyecto?

En el primer proyecto se requería despejar ciertos espacios y aprovecharlos mejor. Antes de su desarrollo, todos los equipos se encontraban distribuidos en el primer piso y no existían más niveles. Durante el proyecto se construyó un mezzanine, al que se trasladaron las estaciones de acero inoxidable, aluminio y pintura, para que estuvieran alejadas de las demás zonas de trabajo, con el fin de reducir la contaminación entre materiales. Se requería un mejor manejo de materiales para

piezas grandes, por lo que se organizó el área operativa como un sistema productivo de posición fija.

En el segundo proyecto se requería despejar espacios para introducir los nuevos equipos.

3. Definir el Alcance

Para definir hasta dónde va el proyecto, se debe establecer qué áreas físicas requieren un cambio. En el primer proyecto se movieron todas las áreas. Anteriormente la empresa estaba orientada a tener estaciones de trabajo con equipos fijos, recursos y materiales completos. Lo anterior dificultaba el transporte de piezas pesadas o grandes, por lo que se planteó un diseño de estaciones con equipos portátiles. En esta configuración se partió de un núcleo o centro en el que se realiza en trabajo, y cuando éste se termina, lo que ya no se necesita para el siguiente, se despliega hacia los lados. Como se requería separar las áreas de aluminio, acero inoxidable y pintura, se recurrió a una expansión hacia un nivel superior, a través de un mezzanine.

En el segundo proyecto, se presentó la adquisición de ciertos equipos. No hubo necesidad de expansión, sólo se requirió el movimiento de algunos puestos de trabajo y ubicar una zona para almacenar los nuevos equipos portátiles.

Para definir el nuevo diseño de planta se deben tener en cuenta diferentes aspectos como:

- El sentido de los flujos, y que en la medida de lo posible no se crucen para evitar la congestión. Si las puertas (de entrada y salida) tienen restricciones para su ubicación, ya sea por infraestructura o normas urbanas, esto puede llegar a afectar el sentido del flujo.
- El tiempo de ciclo
- La flexibilidad de las instalaciones productivas. Si en el largo plazo el negocio se acaba, es probable que se busque vender el local, y para que sea atractivo el cliente, éste debe encontrarse en una estructura genérica. Poner la menor cantidad de paredes y columnas posible. Así será más fácil obtener un valor de retorno o de salvamento.
- Qué áreas deben quedar cerca y cuáles deben quedar alejadas.
- Que el nuevo diseño mejore el aprovechamiento de las instalaciones.

4. Crear la EDT

- ¿Emplearon una estructura de desglose de trabajo a partir de los entregables del proyecto que definieron?

No se manejan los conceptos de gerencia de proyectos.

5. Definir las Actividades

- ¿Cómo definieron las actividades que se debían desarrollar para el proyecto?

Con base en las el alcance del proyecto y la experiencia de los dueños.

- ¿Qué actividades son necesarias en un proyecto de redistribución de planta?
 1. En primer lugar, establecer el nuevo diseño de planta que se quiere implementar. Para valorar si un diseño es mejor que otro, se debe mirar el impacto en el tiempo de proceso. Se debe totalizar el tiempo de proceso para cada alternativa de diseño, escoger la que permita la mayor reducción de tiempo. Luego se pasa a establecer la diferencia de tiempo entre el diseño actual y el nuevo. Se escoge una medida de valoración para ese ahorro en tiempo, por ejemplo, costo por hora-hombre, y se totaliza el ahorro en términos monetarios.
 2. Si el proyecto requiere expansión sobre el área urbana, o en niveles superiores, se debe consultar a las autoridades competentes dentro del municipio (Control Físico→Secretaría de la municipalidad).
 3. También se necesita hacer un análisis de los requerimientos en cuanto a energía y demás servicios, y añadir estas consideraciones al plano del diseño que se tiene.
 4. Posteriormente se debe presupuestar cuánto vale la redistribución de planta, y contrastar esto, con el beneficio debido al ahorro en tiempo del proceso. Valorar económicamente el proyecto
 5. Desarrollar las actividades de construcción, como por ejemplo, la creación del mezzanine (realizado durante el primer proyecto).
 6. Si no hay construcción, se debe dar inicio a la adaptación de los servicios de energía, al establecimiento de conexiones necesarias, etc.
 7. Llevar a cabo la reorganización de los equipos, que debe ser supervisada para que éstos no sufran ningún daño.

Los pasos anteriores aplican para el caso del primer proyecto. En el caso del segundo proyecto, lo primero que se hizo fue la revisión del transformador y el resto del sistema eléctrico. Luego se efectuó el cambio del transformador. Posteriormente se contactó el proveedor de los equipos de soldadura, y se dieron de baja algunos de los viejos. Finalmente se adecuaron las conexiones para los equipos y se movieron algunas áreas de trabajo para crear un espacio de almacenaje para estos equipos portátiles.

6. Secuenciar las Actividades

- ¿Cómo secuenciaron las actividades?

No se realizó una secuenciación o cronograma para las actividades.

7. Estimar los Recursos de las Actividades

- ¿Cómo estimaron el tipo y las cantidades de recursos (materiales, personas, equipos o suministros) requeridos para ejecutar cada actividad? ¿Emplearon un método en particular?

Para la parte de construcción y adaptación de los servicios se contrató personal especializado en ello, quienes a su vez definieron los materiales requeridos. Para la reorganización de los equipos suele utilizarse el personal de la planta, por lo que no se necesitó contratar más mano de obra para dicha actividad.

No se empleó ningún método particular para estimar los recursos.

8. Estimar la Duración de las Actividades

- ¿Cómo estimaron la duración de las actividades? ¿Emplearon algún método de estimación o alguna herramienta?

Lo que normalmente se hace es establecer una duración estimada de la duración, con base en el conocimiento del dueño. No se emplea ningún método o herramienta para ello.

La duración de la redistribución de planta no es tan crítica en el caso de esta empresa, puesto que la producción se hace por órdenes.

9. Desarrollar el Cronograma

- ¿Cómo desarrollaron el cronograma del proyecto? ¿Qué métodos y herramientas emplearon?

En Excel

- ¿La implementación de los proyectos de distribución de planta se lleva a cabo en su totalidad parando la producción o se programan actividades mientras la planta continúa funcionando?

Durante el primer proyecto de redistribución de planta realizado si se requirió parar la producción. Durante el segundo proyecto no fue necesario parar la producción.

10. Estimar los costos y determinar presupuesto

- ¿Cómo se estimaron los costos y se estableció el presupuesto para el proyecto?

A través de la cotización de la maquinaria y de las cotizaciones de los contratistas que van a realizar la construcción o la adaptación de los servicios.

- ¿Cuáles son los costos de implementación de un proyecto de distribución de planta?
 - El presupuesto inicial se basa en unos puntos de servicios básicos de energía, luz, aire, agua, teléfono. Cuando ya se tiene la disposición de las máquinas, se empiezan a contabilizar los puntos que requiere cada máquina. Luego se totalizan los puntos de cada tipo, y se multiplica la cantidad por el costo de instalación o de poner cada tipo de punto. Cuando los equipos están muy separados de los puntos de servicios se usa la variable metro lineal de cable.
 - Los materiales de construcción, si hay alguna modificación de infraestructura.
 - Por otro lado, se tiene los costos de la nueva maquinaria.
 - Si hay construcción, el costo del personal externo que se contrata para desarrollar estas actividades y para adaptar los servicios.
 - Un costo que normalmente no se sabe cómo cuantificar es el del tiempo invertido en realizar las actividades de la redistribución, que aplica para los operarios que dejan de hacer su labor por llevar a cabo alguna tarea de la ejecución del proyecto.
 - El costo de parar la producción. Tiene un costo fijo que corresponde a cuánto cuesta sólo el hecho de abrir las puertas de la planta al principio del día, sin todavía considerar la mano de obra directa e indirecta. Adicionalmente se tienen unos costos variables.
- ¿Quién es el encargado de la evaluación económica de un proyecto de este tipo en la empresa?

El personal administrativo de la empresa.

Ingresos, costos y gastos que dependan de la distribución de una planta

- ¿Más específicamente, qué ingresos, costos y gastos se verán afectados por un cambio en la distribución de planta?

El consumo energético puede variar, dándose ya sea un ahorro o un aumento en los costos.

11. Planear la calidad

- ¿Se utilizaron herramientas para planificar la calidad del proyecto? (Análisis costo-beneficio, costo de la calidad, diagramas de control, estudios comparativos, diseño de experimentos, muestreo estadístico, diagramas de flujo).

Puede ser útil realizar un análisis costo beneficio, comparando los costos de la redistribución de planta, con los ahorros en costos debidos a la reducción de los tiempos de proceso.

Además se deben tener en cuenta aspectos como:

- Si hay que hacer cambios en los puntos de luz.
 - Para realizar el movimiento de la maquinaria es importante contar con la asesoría de un técnico que conozca el funcionamiento de la misma, y que verifique la desconexión, dirija el movimiento y revise la reconexión.
 - El transporte adecuado para mover las máquinas a su nueva ubicación.
 - No limitarse al interior de las instalaciones, y valorar el impacto externo de la redistribución. Esto puede llevar a pedir algunos permisos a ciertas entidades de autoridad en la ciudad.
- ¿Cómo se aseguraba la calidad durante la ejecución?

Con la supervisión del personal administrativo de la empresa y de algún técnico externo.

12. Desarrollar el Plan de Recursos Humanos

- ¿Desarrollaron un plan de recursos humanos?

Si.

- ¿Cómo identificaron el personal requerido? ¿Identificaron roles y responsabilidades por cargos o asignaron los que tenían en la empresa?

El plan de recursos humanos se desarrolla de forma sencilla, estableciendo los requerimientos de personal interno y externo para las diferentes actividades.

13. Comunicaciones

- ¿Cómo planearon la comunicación y los canales de distribución de los resultados?

Al tratarse de una empresa pequeña no se requieren unos canales de comunicación muy complejos. Se organizan reuniones entre los dueños y el personal administrativo.

- ¿Cuál es la información más importante que debe transmitirse?

Las actividades que desarrollarán los operarios internos de la empresa y las indicaciones correspondientes a las mismas. Normalmente se trata de la desconexión, movimiento de la maquinaria, y reconexión, actividades que a la vez son supervisadas por un técnico.

14. Manejo de los riesgos

- ¿Se realizó algún tipo de análisis de riesgos para el proyecto?

Normalmente no se realiza un análisis de riesgos del proyecto.

GRUPO DE PROCESOS DE EJECUCIÓN

15. Adquirir el Equipo del Proyecto

- ¿Se requirió personal externo para el proyecto? ¿Para qué actividades?

Normalmente se requiere personal externo para las adaptaciones de las conexiones de los servicios, para actividades de construcción o de modificaciones de infraestructura, y para la supervisión del traslado de la maquinaria.

16. Desarrollar el Equipo del Proyecto

- ¿Se mejoraron las competencias e interacción del equipo de trabajo mediante capacitaciones o actividades antes y durante el proyecto de redistribución?

No.

17. Dirigir el Equipo del Proyecto

- ¿Cómo se lidero el equipo y que tan bueno fue el resultado?

No había un equipo como tal encargado de la planeación del proyecto.

GRUPO DE PROCESOS DE CONTROL

18. Verificar el Alcance

- ¿Verificaron el alcance en los cierres de las fases, es decir, se verificó que se hayan completado satisfactoriamente los entregables del proyecto?

Si hizo una revisión de las instalaciones antes de volver a arrancar la producción.

19. Controlar el Alcance

- ¿Se hicieron cambios al plan durante el proyecto? ¿Cuáles?

Los proyectos de redistribución dentro de la empresa no tienen una magnitud tan grande y normalmente durante ellos no ocurren cambios muy significativos.

- ¿Durante el desarrollo del proyecto se controlaron los requisitos y se ajustaron según los cambios necesarios o las acciones preventivas?

No.

- ¿Tuvieron en cuenta mediciones del desempeño del trabajo? ¿Cuáles?

No.

20. Controlar el Cronograma

- ¿Cómo se controló el cronograma?

No se hizo un control del cronograma

- ¿Se realizó algún análisis de variación y como se manejaron los cambios?

Normalmente estos proyectos exceden en una o dos semanas su duración, pero no se hace ningún control de estas variaciones.

- ¿Cuáles son los elementos más importantes que se deben controlar en un proyecto de redistribución de planta?

En cuanto a cronograma, exigirles a los contratistas que cumplan el tiempo establecido, pero esto a veces se sale de las manos.

21. Control de Costos

- ¿Controlaban los costos a lo largo de la ejecución del proyecto? Si es así, ¿cómo lo hacían?

Se lleva un registro de los gastos en los que se va incurriendo, para comparar el total de costos con lo presupuestado.

- ¿Se cumplió con el presupuesto inicial o tuvo que adaptarse un nuevo presupuesto?

Normalmente, en los últimos cambios en planta se ha cumplido con el presupuesto porque se ha dejado una holgura o margen para posibles incrementos en los costos, ya que en los proyectos es muy difícil que se cumpla al 100% lo presupuestado.

22. Control de la Calidad

- ¿Se realizaba un control de la calidad del proyecto durante la ejecución? ¿Se requerían controles de calidad especiales de acuerdo a las actividades del proyecto?

Los dueños y el personal administrativo se encargan de hacer rondas de revisión y de llamar la atención sobre cualquier problema que surja, y adicionalmente cuando se va a realizar el movimiento de la maquinaria se busca la supervisión de un técnico.

CIERRE

- ¿Cuáles considera los beneficios de emplear una guía para la realización de proyecto de redistribución de planta?

Permite que no se omitan detalles y procesos importantes y permite ahorrar tiempo de las personas que organizan el proyecto.

ANEXO J. FORMATO DE ENTREVISTA REALIZADA A EMPRESA G

FORMULARIO PARA LA ADAPTACIÓN DE LA GUÍA TEÓRICA A LA EMPRES

Empresa: EMPRESA G (Bebidas)

Fecha Visita: 18 de Julio de 2012

Entrevistado: Gerente Administrativo

Estudios: Ingeniería Industrial

Descripción del Proyecto de Redistribución:

En este caso se encontró que no se realizó un proyecto de redistribución de planta sino una relocalización de la planta anterior, que se encontraba ubicada en la zona urbana de Cali hacia la zona de Yumbo.

Director del Proyecto:

Departamentos Involucrados:

GRUPO DE PROCESOS DE INICIACIÓN

1. Desarrollar acta de constitución

- ¿Cómo fue el proceso de constitución del proyecto?

Para este tipo de proyectos relacionados directamente con el funcionamiento de la planta, cuando nace una inconformidad, por lo general el director técnico presenta una propuesta con sus costos asociados, al asistente de presidencia. Para comprender el proceso de constitución y aprobación se presenta a continuación el organigrama de la empresa. Éste se encuentra conformado básicamente por 5 dependencias, la vicepresidencia de ventas, la de mercadeo, la financiera, la de gestión humana, y finalmente la asistencia a la presidencia directamente relacionada con el área operativa. A nivel nacional se cuenta con un director de cada área, y en el área operativa hay un director general por cada función ya sea técnico, de infraestructura, de logística, etc.

- ¿Cómo fue el proceso de aprobación del proyecto?

El asistente de presidencia recibe la propuesta ya sea del director técnico o de alguno de los otros directores del área operativa, luego le da el visto bueno, y posteriormente la propuesta pasa a manos del presidente, quien se reúne con la junta directiva y con el dueño de la empresa, para dar aprobación al proyecto.

- ¿Qué áreas de la empresa estuvieron involucradas en el proyecto?

Las áreas que estuvieron involucradas en el proyecto son principalmente: las diferentes dependencias del área operativa y el área financiera.

- ¿Hay un documento formal que debe presentarse para la aprobación de este tipo de proyectos? ¿Qué elementos o aspectos contiene?

Los documentos para la aprobación normalmente son cartas dirigidas a la entidad que va a revisar el proyecto. Debe contener una descripción detallada del proyecto y su justificación. Es muy importante presentar la información sobre los costos que implica.

- ¿Cuáles son los criterios de decisión para implementar o no un proyecto de este tipo?

GRUPO DE PROCESOS DE PLANEACIÓN

2. Recopilar Requisitos

- ¿Cuáles eran las necesidades que impulsaron el proyecto?

A medida que fue aumentando la demanda, la solución para crecer en infraestructura estaba limitada por las condiciones dentro de la ciudad, debido a que se compraron lotes con el fin de aumentar la capacidad. Pero dichos lotes se encontraban separados por las calles, y cada que se agregaba un área nueva las operaciones entre entidades tenían más restricciones. La distribución iba creciendo a medida que se requerían más áreas y así se presentaban grandes distancias entre ellas. Aumentaron los requerimientos para el transporte, los desplazamientos de los montacargas eran más largos, por lo que el consumo de gasolina aumentó, y éstos se desgastaban con mayor facilidad debido a las condiciones de las calles. Por otro lado los montacargas no tienen una placa, por lo que existía el riesgo de atropellar algún peatón en la vía. Por esto surgió la necesidad de ubicar la planta en una zona grande donde no se presentaran las restricciones las zonas urbanas presentaban.

Adicionalmente, el proyecto buscaba unir una planta ubicada en Buga y la de Cali, con el fin de reducir costos, entre ellos el de transporte.

- ¿Cuáles eran los objetivos que quería alcanzar la empresa con el proyecto? ¿Eran medibles?

Se buscaba unificar la producción de 2 sucursales en una sola, con el fin de reducir costos. Adicionalmente se quería mejorar la distribución de la planta que se tenía, puesto que en la ciudad había unos costos adicionales generados por la

mala distribución. Ambos objetivos eran medibles puesto que consiste en un ahorro de dichos costos.

- ¿Cuáles eran los requisitos para el proyecto y cómo los controlaron a lo largo del proyecto?

3. Definir el Alcance

- ¿Qué resultados esperaban lograr?

El resultado que se esperaba a partir del proyecto era el establecimiento de una planta unificada con capacidad suficiente, con un alto grado de automatización y que redujera los costos en los que se estaba incurriendo por hacer uso de unas instalaciones obsoletas.

- ¿Cómo determinaron el alcance del proyecto?

Los diferentes directores nacionales dentro del área operativa (el de producción o planta, el del almacén, seguridad, logística, calidad, el técnico, el de transporte y el de infraestructura) establecen unos requerimientos y un presupuesto y posteriormente se reúnen para integrar los requerimientos.

La nueva distribución de planta se realizó por líneas de productos: retornable, familiar, personal, jugos y agua cristal.

En la nueva distribución de planta se dejaron áreas vacías con el fin de agregar líneas diferentes en un futuro.

4. Crear la EDT

- ¿Emplearon una estructura de desglose de trabajo a partir de los entregables del proyecto que definieron?

No se manejó una estructura de desglose de trabajo formalmente.

5. Definir las Actividades

- ¿Cómo definieron las actividades que se debían desarrollar para el proyecto?

Con base en proyecto de nuevas plantas desarrollados anteriormente.

- ¿Qué actividades son necesarias en un proyecto de distribución de planta?

Definir la maquinaria que se requiere e iniciar los procesos de compra con los proveedores. Normalmente utilizan los mismos proveedores: Kroner y Gassner.

Una vez se tiene definida la maquinaria que se va a comprar, se realizan las negociaciones con el proveedor, quien envía las características técnicas para ser consideradas en la infraestructura.

Se parte de los requerimientos integrados con la información de cada área operativa, el director técnico plantea una propuesta de diseño de la planta junto con el director de infraestructura o ingeniería. Luego se construyen los planos y se presentan al arquitecto.

Cuando se tiene el plano definitivo, el arquitecto se encarga de conseguir 3 contratistas, éstos presentan la propuesta. Para tomar la decisión no se basa en el más económico, sino en el que sea más confiable, que presente mayores garantías y el que tenga mayor experiencia. La evaluación de los contratistas se lleva a cabo en conjunto con una autoridad superior como el gerente general del área operativa.

6. Secuenciar las Actividades

- ¿Cómo secuenciaron las actividades?

Se tomó como referencia proyectos anteriores.

7. Estimar los Recursos de las Actividades

- ¿Cómo estimaron el tipo y las cantidades de recursos (materiales, personas, equipos o suministros) requeridos para ejecutar cada actividad?
¿Emplearon un método en particular?

Se hace de acuerdo con los requerimientos de las diferentes áreas operativas. Cuando se cuenta con el plano aprobado, los contratistas hacen la cotización con los materiales necesarios, y esto es revisado por el arquitecto, o en determinados casos por el área de infraestructura.

8. Estimar la Duración de las Actividades

- ¿Cómo estimaron la duración de las actividades? ¿Emplearon algún método de estimación o alguna herramienta?

Se establece un tiempo de obra con los contratistas, que debe ser cumplido por los mismos, y en caso de incumplimiento se aplican las sanciones correspondientes.

9. Desarrollar el Cronograma

- ¿La implementación de los proyectos de distribución de planta se lleva a cabo en su totalidad parando la producción o se programan actividades mientras la planta continúa funcionando?

Durante la implementación del proyecto no se paró la producción sino que las plantas antiguas continuaron trabajando, hasta que la nueva planta estaba lista.

10. Estimar los costos y determinar presupuesto

- ¿Cómo se estimaron los costos y se estableció el presupuesto para el proyecto?

A través de la cotización de la maquinaria y de las cotizaciones de los contratistas.

- ¿Cuáles son los costos de implementación de un proyecto de distribución de planta?

Los costos del establecimiento de una planta nueva son principalmente el costo de la maquinaria nueva y el de la obra de construcción.

- ¿Quién es el encargado de la evaluación económica de un proyecto de este tipo en la empresa?

El presupuesto es presentado por el área operativa, pero la evaluación económica del proyecto la realiza el área financiera.

Ingresos, costos y gastos que dependan de la distribución de una planta

- ¿Más específicamente, qué ingresos, costos y gastos se verán afectados por un cambio en la distribución de planta?

Además de los costos mencionados anteriormente, en este caso la relocalización de la planta permitió reducir costos asociados a desplazamientos largos en la distribución anterior. Se aumentó la capacidad de la planta por lo que causa un aumento en los ingresos.

11. Planear la calidad

- ¿Se utilizaron herramientas para planificar la calidad del proyecto? (Análisis costo-beneficio, costo de la calidad, diagramas de control, estudios comparativos, diseño de experimentos, muestreo estadístico, diagramas de flujo).

Ninguna de estas herramientas se utilizó.

- ¿Qué aspectos de calidad se tuvieron en cuenta?
- Que el contratista fuera serio y tuviera la suficiente experiencia.
- Que los materiales de la obra de construcción fueran los adecuados.
- El buen manejo de la maquinaria que llegó y que la infraestructura tuvieran las condiciones necesarias para su buen funcionamiento.
- Que la distribución y el diseño de la planta proporcionara las condiciones de calidad necesarias para el producto.
- ¿Cómo se aseguraba la calidad durante la ejecución?

En cuanto a la calidad del proceso y el producto de la obra de construcción, éstos estaban bajo la supervisión del arquitecto y del área de infraestructura. En lo relacionado con la maquinaria el área técnica y su director estaban encargados de supervisar la instalación de los mismos y verificar su buen funcionamiento con las condiciones de infraestructura disponibles.

En cuanto al grado de la calidad para los productos proporcionado por la distribución, se requería que las líneas de producción fueran encabinadas, y que los techos no tuvieran agujeros. En este momento hay un requerimiento sin cumplir que consiste en que la bodega de producto terminado tenga puertas.

12. Desarrollar el Plan de Recursos Humanos

- ¿Desarrollaron un plan de recursos humanos?
- ¿Cómo identificaron el personal requerido? ¿Identificaron roles y responsabilidades por cargos o asignaron los que tenían en la empresa?

El personal administrativo se encarga de planear el proyecto, por lo que no se requiere personal externo en esta etapa. Los operarios adicionales están a cargo de los contratistas y básicamente desempeñan las labores de construcción.

13. Comunicaciones

- ¿Cómo planearon la comunicación y los canales de distribución de los resultados?
- ¿En un proyecto de redistribución cual es el rol de la comunicación y entre cuales departamentos se presenta?
- ¿Cuál es la información más importante que debe transmitirse?

El canal de comunicación son las reuniones que se programaron a lo largo del proyecto. Uno de los aspectos más importantes dentro de la información es el conjunto de requerimientos por parte de las áreas operativas, con el fin de poder establecer una distribución de planta que los satisfaga. De ahí en adelante, es importante comunicar las decisiones que se van tomando.

14. Manejo de los riesgos

- ¿Se realizó algún tipo de análisis de riesgos para el proyecto?

Si es así:

- ¿Cómo se identificaron? (Tormenta ideas, DOFA, análisis causal, Delphi)
- ¿Qué riesgos se identificaron?
- ¿Se realizó un análisis cuantitativo del impacto de éstos riesgos?
- ¿Se realizó una priorización de los mismos?
- ¿Se tomaron medidas o planes de contingencia para hacer frente a los mismos? ¿Cuáles?

No se realizó un análisis de riesgos detallado, pero siempre se toman medidas para el cumplimiento por parte de los contratistas y la seguridad del personal involucrado. Por otro lado se tuvo precaución y visión hacia el futuro al dejar una holgura en el área de la planta, con miras a introducir otras líneas de productos.

GRUPO DE PROCESOS DE EJECUCIÓN

15. Adquirir el Equipo del Proyecto

- ¿Se requirió personal externo para el proyecto? ¿Para qué actividades?
- ¿Cómo se localizaron, seleccionaron y contrataron?

No se requirió personal adicional para el proyecto.

16. Desarrollar el Equipo del Proyecto

- ¿Se mejoraron las competencias e interacción del equipo de trabajo mediante capacitaciones o actividades antes y durante el proyecto de redistribución?

No se requirió de estas estrategias.

17. Dirigir el Equipo del Proyecto

- ¿Cómo se lidero el equipo y que tan bueno fue el resultado?
- ¿El director tenía alguna capacitación especial en liderazgo?
- ¿Cómo se realizó la evaluación por áreas, por equipo o la realizó el director? ¿Qué medidas empleó?

GRUPO DE PROCESOS DE CONTROL

18. Verificar el Alcance

- ¿Verificaron el alcance en los cierres de las fases, es decir, se verificó que se hayan completado satisfactoriamente los entregables del proyecto?

El entregable por parte del contratista consistía en la obra de construcción, que constantemente era revisada por el arquitecto. El entregable final del proyecto correspondía a las instalaciones totalmente montadas con la maquinaria y los equipos, cuya revisión fue realizada por el área técnica y de ingeniería o infraestructura y sus respectivos directores.

19. Controlar el Alcance

- ¿Se hicieron cambios al plan durante el proyecto? ¿Cuáles?

No sabe.

20. Controlar el Cronograma

- ¿Cómo se controló el cronograma?
- ¿Se realizó algún análisis de variación y como se manejaron los cambios?

No se realizó ningún análisis de variación.

- ¿Cuáles son los elementos más importantes que se deben controlar en un proyecto de redistribución de planta?

Se realizó el pedido de la maquinaria con tiempo suficiente para evitar retrasos por esta causa. Otro punto crítico en el cronograma era la terminación de las obras de construcción, para lo que el recurso que se utilizó fue una póliza constituida por el contratista a través de Corredores de Seguros S.A

21. Control de Costos

- ¿Controlaban los costos a lo largo de la ejecución del proyecto? Si es así, ¿cómo lo hacían?

A través de los registros al ERP.

- ¿Se cumplió con el presupuesto inicial o tuvo que adaptarse un nuevo presupuesto?

Normalmente se estipula un 30% adicional en cualquier tipo de presupuesto para cualquier proyecto, puesto que es muy raro el caso en el que se cumpla a cabalidad el mismo. Por lo general ese 30% cubre las variaciones.

22. Control de la Calidad

- ¿Se realizaba un control de la calidad del proyecto durante la ejecución? ¿Se requerían controles de calidad especiales de acuerdo a las actividades del proyecto?

Se buscaba que el contratista cumpliera con las condiciones y con los requerimientos de la obra. Para ello el contratista constituyó unas pólizas a través de Corredores de Seguros Aress S.A. Entre ellas se encontraban:

- La póliza de cumplimiento de las cláusulas del contrato.
- La póliza de anticipo, para garantizar su correcta inversión y manejo.
- La póliza de estabilidad de la obra, para garantizar su calidad y durabilidad.
- La póliza de salarios y prestaciones sociales, para garantizar el cumplimiento de dichas obligaciones con el personal dentro de la obra.
- La póliza de responsabilidad civil extra contractual.

CIERRE

- ¿Cuáles considera los beneficios de emplear una guía para la realización de proyecto de redistribución de planta?

Que se puede disponer de una guía más específica para ese tipo de proyectos y que es de alta utilidad si las personas involucradas anteriormente no han desarrollado esos proyectos.

ANEXO K. FORMATO DE ENTREVISTA REALIZADA A EMPRESA H

FORMULARIO PARA LA ADAPTACIÓN DE LA GUÍA TEÓRICA A LA EMPRESA

Empresa: EMPRESA H (Papelera)

Fecha Visita: 31 de Julio de 2012

Entrevistado: Ing. Mario López

Estudios: Ingeniería de Proyectos

Descripción del Proyecto de Redistribución:

Instalación de un súper generador de 15Mv y una caldera de 50,000 lbs./hr cerca de las instalaciones de vapor ya que de lo contrario habría pérdidas debido a que la distancia es inversamente proporcional a la eficiencia de estos equipos. Cambiaron dos calderas antiguas por esta nueva lo que genero un nuevo layout dado al tamaño de los equipos y sus necesidades. Este proyecto se llevo a cabo hace 6 años.

Director del Proyecto: Mario López

Departamentos Involucrados: Ingeniería, Calidad, Mantenimiento, Planta, Finanzas.

GRUPO DE PROCESOS DE INICIACIÓN

1. Desarrollar acta de constitución

- ¿Cómo fue el proceso de constitución del proyecto?

El proceso de constitución se realiza mediante un acta de constitución del proyecto (Project Charter) basada en Prince II. Que contiene línea y eje de la compañía, sponsors (persona de la junta directiva, es el ejecutivo que está pendiente del proyecto), líderes tanto de la planta como de ingeniería, alcance (que incluye y que excluye), objetivo general, objetivos específicos, impacto del proyecto, indicadores, principales interesados, equipo del proyecto, diagrama de hitos claves, suposiciones.

- ¿Cómo fue el proceso de aprobación del proyecto?

Es desde el área financiera ya que en la empresa tienen tres tipos de proyectos los de continuidad de negocio, los internos de excelencia y acorde a la estrategia de la compañía. Todos estos proyectos que surgen se revisan y seleccionan de acuerdo a su urgencia, análisis de riesgo pero sobre todo por la rentabilidad inicialmente (Payback). Al ser aprobados inicialmente se les hace el caso de negocio donde ya se invierten más recursos para analizar la propuesta. Luego de que se ha presentado la ingeniería conceptual que es la solución, se pasa a la básica determinando unas cifras de ingeniería más aterrizadas donde como resultado surge el balance de materia y energía, especificaciones de los equipos principales, nuevo layout de distribución de planta, diagramas de los servicios, entre otros. Por último, la ingeniería detallada ya de estas especificaciones generales se pasa a detallar cada aspecto y lo que se requiere aquí es cuando ya llamamos al civil. Luego se pasa a la ejecución del proyecto que sería la última fase. Entonces para la aprobación intentan llegar mínimo a la ingeniería básica basándose en referencias de otras empresas pero profundizando en el caso particular de propal. Luego de que este el proyecto alineado con los objetivos de la empresa, que financieramente sea probable se pasa a la junta directiva y ellos aprueban o no. Otro camino es si el proyecto es de riesgo por ejemplo si no se realiza el proyecto se va a parar la planta o va a ocurrir un accidente en este caso se analiza que debe hacerse, cual es la mejor forma de llevarlo a cabo, pero se acepta finalmente, no influye tanto el aspecto financiero.

El PMBOK parte de que ya te aprobaron el proyecto a diferencia del Prince.

- ¿Hay un documento formal que debe presentarse para la aprobación de este tipo de proyectos? ¿Qué elementos o aspectos contiene?

Después del acta se presenta la aprobación en el caso de negocio del proyecto, donde se plasma una propuesta enmarcada y se obligue a realizar un análisis. Que involucre si tiene o no riesgos, cuales son los perjuicios del proyecto, si va con los objetivos de la empresa, una breve descripción, si hay referencias en el mercado empresas que ya lo han realizado, aspectos financieros, revisión de plan de beneficios que será lo que debe evaluarse al final en el cierre del proyecto si se cumplió. El análisis se basa en que ocurre si se hace y qué ocurre si no se hace el proyecto. Este caso de negocio está basado en Prince II.

GRUPO DE PROCESOS DE PLANEACIÓN

2. Recopilar Requisitos

- ¿Cuáles eran las necesidades que impulsaron el proyecto?

Necesidades Financieras, mejorar la competitividad (costo por Kv).

3. Definir el Alcance

- ¿Cómo determinaron el alcance del proyecto?

Según el caso del negocio.

4. Crear la EDT

- ¿Emplearon una estructura de desglose de trabajo a partir de los entregables del proyecto que definieron?

Si.

- ¿Cómo la realizaron y hasta que nivel de detalle se realizó?

Se basan en el PMBOK en un documento que dice Practice Standard for WBS (EDT). Donde explica el proceso que debe desarrollarse y que tienen estandarizado el procedimiento para desarrollarla.

5. Definir las Actividades

- ¿Cómo definieron las actividades que se debían desarrollar para el proyecto?

Mediante un análisis como se explico anteriormente.

6. Secuenciar las Actividades

- ¿Cómo secuenciaron las actividades?

Mediante un diagrama de precedencias en Project.

7. Estimar los Recursos de las Actividades

- ¿Cómo estimaron el tipo y las cantidades de recursos (materiales, personas, equipos o suministros) requeridos para ejecutar cada actividad?
¿Emplearon un método en particular?

PERT

8. Estimar la Duración de las Actividades

- ¿Cómo estimaron la duración de las actividades? ¿Emplearon algún método de estimación o alguna herramienta? (Estimación paramétrica).

PERT

9. Desarrollar el Cronograma

- ¿Cómo desarrollaron el cronograma del proyecto? ¿Qué métodos y herramientas emplearon?

Practice standard for Scheduling, todos los documentos en excel se los entregan a un encargado de hacer el modelo en project.

10. Estimar los costos y determinar presupuesto

- ¿Cómo se estimaron los costos y se estableció el presupuesto para el proyecto?

PERT, cotizaciones y referencias a proyectos anteriores.

- ¿Cuáles son los costos de implementación de un proyecto de redistribución de planta?

Los más representativos son los equipos, la tecnología requerida, costó \$4,7 millones de dólares en total el proyecto, además asesoría, impuestos y montajes.

- ¿Quien es el encargado de la evaluación económica de un proyecto de este tipo en la empresa?

Finanzas

11. Planear la calidad

- ¿Qué métricas de calidad se tuvieron en cuenta?

ISO 9000, 18 y 14.

12. Desarrollar el Plan de Recursos Humanos

- ¿Desarrollaron un plan de recursos humanos?

No se conto con el mismo personal y se les comunico lo que debían desarrollar al igual que a los subcontratistas.

13. Comunicaciones

- ¿Cómo planearon la comunicación y los canales de distribución de los resultados?

Debe informarse a todos los que están en el acta de constitución, definir mediante que tipo de documento se va a reportar y que información, además de cada cuanto se va a realizar.

14. Manejo de los riesgos

- ¿Se realizó algún tipo de análisis de riesgos para el proyecto?

Referencias y empresas que manejen ese tipo de servicios. Este tema se maneja con Prince II. Identificar los riesgos, evaluar cualitativa (RAM) y cuantitativamente cada riesgo identificado, planificar las respuestas y determinar los planes.

GRUPO DE PROCESOS DE EJECUCIÓN

No estuvo en el momento de realizar el proyecto por lo que no nos pudo dar información detallada.

GRUPO DE PROCESOS DE CONTROL

En esta fase de control lo que tiene la compañía es el manejo en Project y sus actualizaciones cada cierto tiempo establecido.

CIERRE

Se debe realizar un cierre operativo y un cierre contable.

- ¿Cuáles considera los beneficios de emplear una guía para la realización de proyecto de redistribución de planta?

El beneficio es tener control y poder asegurar a los inversionistas el retorno esperado, ejecutar dentro del mapa del tiempo, costo y alcance planeado. Reducción de la variabilidad ya que las personas introducen variabilidad a los procesos si estos no están explícitos.

ANEXO L. FORMATO DE ENTREVISTA REALIZADA A EMPRESA I

FORMULARIO PARA LA ADAPTACIÓN DE LA GUÍA TEÓRICA A LA EMPRESA

Empresa: Empresa I- Siderúrgica

Fecha Visita: 23 de Agosto de 2012

Entrevistado: Alberto

Estudios: Ingeniero

Descripción del Proyecto de Redistribución:

El proyecto consistió en trasladar la planta de Medellín y fusionarla con la de Cali. Además, las mejoras que se han ido implementando y el actual proyecto de redistribución externa de la planta.

Director del Proyecto: Alberto

Departamentos Involucrados: Ingeniería, finanzas y gerencia.

GRUPO DE PROCESOS DE INICIACIÓN

1. Desarrollar acta de constitución

- ¿Cómo fue el proceso de constitución del proyecto?

El proyecto puede nacer dentro de la misma planta, pero digamos ahora que nosotros somos ya de una empresa global eso tiene mucha cifras para manejar a nivel mundial, nosotros en este momento somos de las primeras siderúrgicas en el mundo, de las más grande del mundo, entonces tiene como 43 plantas siderúrgicas por lo que cuando van a hacer una inversión en un país, estudian el país en la parte política, social, económica, para donde va, si se da el futuro en el mercado, se crece el mercado, analizan cual es el producto promedio entonces si ese producto tiene un factor muy bajito entonces una capacidad muy grande de crecer en unos mercados porque lo comparan digamos con el promedio mundial y el promedio de América latina y usted lo tiene así bajito entonces hay una capacidad muy grande de crecer. Por lo tanto hoy en día puede ser una iniciativa de la planta pero debe ser aprobada. En ese entonces no fue así, nosotros no encargamos de todo y con el dueño de la planta de Medellín se realizo el proyecto.

GRUPO DE PROCESOS DE PLANEACIÓN

2. Recopilar Requisitos

- ¿Cuáles eran las necesidades que impulsaron el proyecto?

El proyecto empezó con la cerrada de la planta en Medellín lo que implicó todo el traslado hacia Cali y por ende una redistribución de lo que se tenía aquí. Además, en éste último periodo ésta planta se había cerrado dos años y medio y había unas áreas que habían quedado liberadas por lo que fuimos pensando en unos procesos nuevos. Por ejemplo, un espacio que quedo libre que no se va a volver a utilizar le hicimos una redistribución de unas máquinas a 3 máquinas que sirven para enderezar el alambrón que se produce aquí en rollos y sacar varas rectas de 6, 9 y 12 metros, entonces a partir de un área que quedo libre se redistribuyeron las maquinas que estaba quitando espacios en una bodega entonces ubica unas maquinas que teníamos en otro sitio ya y mejoramos ya las áreas disponibles. Otro ejemplo es que habían dos maquinas nuevas y al venir ya una tercera entonces se pensó en un espacio completo para las 3 para que la alimentación de la materia prima fuera en la misma área y la salida de el producto en el mismo sentido donde están las bodegas de almacenamiento y que todos los operarios estén en la misma área porque trabajan en un mismo tipo de máquina.

Adicional a eso, tenemos programas digamos de mantenimiento autónomo donde los trabajadores el operario de la máquina es el que le hace el mantenimiento a la entonces entre los mismo 3 operarios se ayudan no para producir si no para hacer un mantenimiento o atender algún problema que tenga. Hay otras distribuciones nuevas como el tren. Por ejemplo aquí había un área disponible en sidelpa cuando existía sidelpa y nosotros nos trajimos un tren de un laminador de Medellín entonces el área que ellos tenían ocupado para hacer una parte de terminación la liberamos al hacer una nueva nave para pasar todas sus máquinas y montar ahí el tren. Además debía ubicarse un horno entonces hicimos el horno y el laminador nuevo y así el horno quedo donde lo necesitábamos y ellos siguieron trabajando sin ningún problema esto son cosas que se van programando dependiendo de las necesidades del momento.

Por otra parte como entre más densidad tengamos de la chatarra para cargar al horno mejor es la operación del horno, estamos reabriendo esta planta la de la fragmentadora, porque veníamos trabajando con chatarra liviana no estábamos industrializando porque teníamos una serie de equipos que nos hacía falta. Entonces el horno teníamos que estar cargándolo 7 veces y puede cargarse tres veces digamos que es lo ideal. Ósea que estábamos abriéndolo 4 veces más lo que implica pérdidas de temperatura, tiempo, daños porque a la chatarra le cae agua, etc. Por lo que con esa distribución bien buena lo que se mejora es la densidad entonces los resultados de la acería son mucho mejores ya se gasta

menos energía, se produce más toneladas en el día. En vez de producir 12 coladas se puede llegar a 19 ó 20, entre menos tiempo se produce más. En este momento lo que estamos haciendo, es que esta calle de por acá que es la 37 es la vía congestionada de camiones por todos los lados no caben y tenemos ahí una competencia de Sidoc de que guarda todos los camiones afuera, entonces vamos a quitar toda la operación de aquí estamos poniendo un muro del centro rural nuestro y vamos a hacer una nueva portería por el otro lado. Entonces con este cambio o redistribución dejamos la operación por acá, todos los carros que entraban aquí ya me entran por detrás y vamos a hacer un parqueadero interno para que los carros no se enfilen en la calle sino adentro de la empresa.

3. Definir el Alcance

- ¿Qué resultados esperaban lograr?

Mejoras y acomodación de los equipos de Medellín.

4. Crear la EDT

- ¿Emplearon una estructura de desglose de trabajo a partir de los entregables del proyecto que definieron?

No.

5. Definir las Actividades

- ¿Cómo definieron las actividades que se debían desarrollar para el proyecto?

Dependiendo de los equipos y las necesidades se cuenta con un buen departamento de ingeniería.

6. Secuenciar las Actividades

- ¿Cómo secuenciaron las actividades?

Microsoft Project.

7. Estimar los Recursos de las Actividades

- ¿Cómo estimaron el tipo y las cantidades de recursos (materiales, personas, equipos o suministros) requeridos para ejecutar cada actividad?
¿Emplearon un método en particular?

Dependiendo de los equipos se hizo el desglose.

8. Estimar la Duración de las Actividades

- ¿Cómo estimaron la duración de las actividades? ¿Emplearon algún método de estimación o alguna herramienta? (Estimación paramétrica).

No sabe.

9. Desarrollar el Cronograma

- ¿Cómo desarrollaron el cronograma del proyecto? ¿Qué métodos y herramientas emplearon? ¿La implementación de los proyectos de redistribución de planta se lleva a cabo en su totalidad parando la producción o se programan actividades mientras la planta continúa funcionando?

Antes de parar la producción en Medellín había una avanzada aquí en Cali para hacer las obras civiles donde iban a ir todas las máquinas que se necesitaban para en Medellín por ejemplo teníamos en una sola nave porque nosotros podemos producir alambres o barras alambres rollo y lo otro son barras corrugadas entonces en la misma nave estaban las 2 plantas aquí hicimos una nave adicional entonces quedaba una nave para barras y después de la nave de barras hicimos una desviación para otra nave para sacar los alambres entonces eso es parte pues de todo eso se hace en el plan de en la planeación de el proyecto.

10. Estimar los costos y determinar presupuesto

- ¿Cómo se estimaron los costos y se estableció el presupuesto para el proyecto?

Hay que tener en cuenta todo. Se tienen todos los datos ósea usted va decir nosotros tenemos planos y me dice más o menos cuanto pesan los equipos y ahí te da una cantidad de kilos. Por todo los equipos en tuberías se tienen planos entonces se tienen más o menos cuantos kilómetros de tubería, pesan tanto en alambres de energía, pesan tantas toneladas entonces todo eso se programa. Ya digamos en la parte de montaje entonces se tiene que ver cuanta gente se necesita para sacar cada uno de los frentes un laminador tiene frentes principales, el horno da calentamiento es otro, el tren intermedio, el tren terminador, el tren de alambres es otro entonces cada uno de esos frentes tiene un jefe que está mirando y analizando cada unos de los pasos que hay que hacer ahí para ponerlos en marcha y todo eso va metido en un presupuesto. Puede cambiar así arriba o así abajo y con eso es que trabaja, ya después en el análisis del proyecto miras a ver cuál va a ser el proyecto si te va a dar plata o no y ahí ver en cuanto tiempo se recuperan.

11. Planear la calidad

- ¿Se utilizaron herramientas para planificar la calidad del proyecto? (Análisis costo-beneficio, costo de la calidad, diagramas de control, estudios comparativos, diseño de experimentos, muestreo estadístico, diagramas de flujo).

Si.

12. Desarrollar el Plan de Recursos Humanos

- ¿Desarrollaron un plan de recursos humanos?

Con el personal de la empresa.

13. Comunicaciones

- ¿Cómo planearon la comunicación y los canales de distribución de los resultados?

Organigrama,

14. Manejo de los riesgos

- ¿Se realizó algún tipo de análisis de riesgos para el proyecto?

No se hablo de ese tema.

GRUPO DE PROCESOS DE EJECUCIÓN

15. Adquirir el Equipo del Proyecto

- ¿Se requirió personal externo para el proyecto? ¿Para qué actividades? ¿Cómo se localizaron, seleccionaron y contrataron?

La mayoría de la misma empresa y se subcontrato otro personal especialmente transporte.

16. Desarrollar el Equipo del Proyecto

- ¿Se mejoraron las competencias e interacción del equipo de trabajo mediante capacitaciones o actividades antes y durante el proyecto de redistribución?

No.

17. Dirigir el Equipo del Proyecto

- ¿Cómo se lidero el equipo y que tan bueno fue el resultado?

Desde los propietarios y los líderes de cada frente.

GRUPO DE PROCESOS DE CONTROL

Se tiene inclusive un sistema para manejar todos los proyectos donde se debe tener un presupuesto aprobado, una curva de cumplimiento, de manejar indicadores, si se hizo en el tiempo ó no se hizo, si de pronto digamos se detuvo uno no cumplió tiene que hacer lo que le llama una RAI, ósea que tiene que hacer una reformulación del proyecto y pedir más plata si se necesita, eso es un seguimiento muy bien hecho de todo eso es punto por punto.

CIERRE

- ¿Cuáles considera los beneficios de emplear una guía para la realización de proyecto de redistribución de planta? ¿Qué esperaría y que le gustaría encontrar en esta guía?

Un paso a paso de lo que debo tener en cuenta y considero que da un lineamiento para llevar a cabo este tipo de proyectos por lo cual es beneficioso para que no se le escape a uno alguna cosa o personas que no sean ingenieras tengan más bases.

ANEXO M. FORMATO DE ENTREVISTA REALIZADA A EMPRESA J

FORMULARIO PARA LA ADAPTACIÓN DE LA GUÍA TEÓRICA A LA EMPRESA

Empresa: EMPRESA J (Laboratorio Farmacéutico Colombiano)

Fecha Visita: Julio 2 de 2012

Entrevistado: Ing. Juan José Cardona

Estudios: Ingeniería Industrial

Descripción del Proyecto de Redistribución:

Uno de los proyectos de redistribución que han surgido en la planta de EMPRESA J se generó por la inclusión de un producto que requería un proceso adicional de esterilización, a través de un equipo llamado autoclave.

Director del Proyecto:

Departamentos Involucrados:

GRUPO DE PROCESOS DE INICIACIÓN

1. Desarrollar acta de constitución

- ¿Cómo fue el proceso de constitución del proyecto?

En este caso, como el motivo que dio inicio al proyecto fue la introducción de un producto nuevo a una línea existente, lo que generó de la introducción de un equipo, el iniciador del proyecto debía identificar las unidades o volumen de producción del nuevo producto, puesto que de acuerdo con esto, se amortiza el proyecto. Al constituir el proyecto se debe hacer una evaluación económica muy sencilla. Esta evaluación debe determinar en cuánto tiempo se recupera la inversión inicial. Por ejemplo si la inversión es de \$1000.000.000, las ventas al año en unidades son de 200.000 y cada unidad le genera a la empresa \$1 de ingresos, las ventas en pesos son de \$200.000 y por tanto la inversión se recupera en $\$1000.000.000/\200.000 años, es decir en 5000 años. El tiempo de retorno anterior claramente no tiene sentido y no justifica el proyecto. Si en cambio las ventas son de 200.000.000 unidades, entonces el período de recuperación sería de 5 años, lo que es razonable para un proyecto de este tipo.

- ¿Cómo fue el proceso de aprobación del proyecto?

Este tipo de proyectos son aprobados generalmente por la vicepresidencia de producción, la vicepresidencia financiera y el área de ingeniería de proyectos

- ¿Qué áreas de la empresa estuvieron involucradas en el proceso de redistribución de planta?

Las áreas que normalmente participan en los proyectos de redistribución de planta son:

- Planta
 - Aseguramiento de Calidad, que cuenta con químicos farmacéuticos con amplios conocimientos de las normas de calidad.
 - Presupuestos
 - Ingeniería de Proyectos
 - Planeación y Compras
 - S.A.S, es decir, salud ambiente y seguridad, que cuenta con ingenieros ambientales y expertos en salud ocupacional.
 - En algunas ocasiones se involucran las áreas de investigación y desarrollo, Mercadeo, y Contabilidad y Costos
- ¿Hay un documento formal que debe presentarse para la aprobación de este tipo de proyectos? ¿Qué elementos o aspectos contiene?

No se tienen documentos oficiales con un formato fijo para la aprobación del proyecto, para su planeación o su implementación. Para la aprobación del proyecto es importante presentar su descripción, importancia, una evaluación económica, resaltando cuánto aporta al margen de la empresa y el periodo en que se recupera la inversión.

Durante la planeación y desarrollo del proyecto se realizan reuniones periódicas, y al final del mismo se hace una reunión de cierre. En algunas reuniones se construyen actas, pero el documento más importante surge de la reunión de cierre, en la que se da fe de la entrega final del proyecto.

Al no tener dentro del seguimiento de los proyectos, un documento formal para cada etapa, a veces se omite su creación, y cuando ocurre un problema en la operación (ya sea de infraestructura, maquinaria, etc.), no se cuenta con la información disponible para rastrearlo.

El área de ingeniería de proyectos está en proceso de establecer la generación de documentos formales con un formato fijo, como un paso obligatorio para cada etapa del proyecto.

- ¿Cuáles son los criterios de decisión para implementar o no un proyecto de este tipo?

La compañía así como tiene varias plantas, cuenta con diferentes unidades de negocio, y para cada una de ellas se tiene una meta estratégica. Todas las unidades de negocio tienen dentro de su plan, unos productos nuevos para lanzar, que requieren inversión. En cada unidad se maneja un listado de proyectos más grande del que la empresa es capaz de cumplir. Existen las iniciativas o ideas de mejoramiento, pero se tiene la restricción de tiempo, recursos y capital de inversión. Por ello, lo que se hace es priorizar los proyectos de acuerdo con el impacto positivo que generan en las ventas de la empresa y sus objetivos estratégicos.

Los criterios para implementar o no el proyecto, tienen que ver con:

- Cuánto aporta el proyecto al margen de la compañía
- El tiempo en el que se recupera la inversión

GRUPO DE PROCESOS DE PLANEACIÓN

2. Recopilar Requisitos

- ¿Cuáles eran las necesidades que impulsaron el proyecto?

La necesidad que impulsó el proyecto fue la introducción de un producto a la línea de líquidos. A pesar de que se podía fabricar básicamente con la misma maquinaria, requería un paso final de esterilización, que implicaba un nuevo equipo.

La empresa cuenta con una clasificación de proyectos de acuerdo con las diferentes necesidades que se presentan en su operación. Las clases de proyectos dentro de la compañía son:

- Proyectos de ahorro
- Proyectos de expansión: están enfocados a aumentar la capacidad de planta, pero manteniendo los mismos productos y la misma clase de equipos. El trabajo que los precede está en calcular con las proyecciones de ventas, en cuánto tiempo la empresa se va a quedar corta en capacidad.
- Proyectos de optimización de proceso: son realizados directamente por las plantas, pero llegan al área de proyectos para ser evaluados.
- Proyectos de productos nuevos

- Proyectos regulatorios: surgen por la necesidad de aplicar una disposición legal. Un ejemplo de este tipo de proyecto surgió en la línea de alcoholes, que no cumplía con ciertas normas de seguridad lo que llevó a hacer algunas modificaciones en la planta, generando una redistribución.
 - Combinaciones entre ellos: un ejemplo de un proyecto que cubrió dos necesidades diferentes, surgió con la introducción de la línea de sueros, en la que además se requirió realizar ciertas modificaciones antes de ponerla en funcionamiento, para cumplir con unas regulaciones legales.
- ¿Cuáles eran los objetivos que quería alcanzar la empresa con el proyecto?
¿Eran medibles?

Con el proyecto de la introducción del nuevo producto de la línea de líquidos, se buscaba aumentar las clases de productos ofrecidos a los clientes, la cobertura del mercado y con ello generar mayores utilidades.

Los objetivos de los proyectos deben ser medibles. Se tiene diferentes medidas dependiendo del tipo de proyecto:

- En los proyectos de ahorro, cuando se hace la propuesta, se promete un ahorro en costos y después de su implementación se revisa el cumplimiento de ese ahorro en la operación.
 - En los proyectos que introducen nuevos productos, se mide el tiempo del lanzamiento del producto.
 - En los proyectos de expansión, se mide la nueva capacidad en planta.
 - En los proyectos regulatorios, se busca que se cumplan las normas. Se invita a la entidad regulatoria, que en el caso de la empresa es el INVIMA, que se encarga de dar el aval del cumplimiento de las normas.
- ¿Cuáles eran los requisitos para el proyecto y cómo los controlaron a lo largo del proyecto?

Los requisitos para proyectos de distribución o redistribución de planta tienen que ver con las normas del INVIMA, la regulación sobre Buenas Prácticas de Manufactura. Áreas como la de S.A.S y calidad establecen ciertos parámetros de acuerdo con las normas anteriormente mencionadas dentro del proceso productivo y revisan que se cumplan en la nueva propuesta para el diseño de planta. Dicha información y requerimientos se recogen en reuniones de las diferentes áreas interesadas en el proyecto.

3. Definir el Alcance

- ¿Qué resultados esperaban lograr?

Se esperaba lograr la introducción de un nuevo producto en la línea de líquidos, y adaptar la distribución actual a ello. Sin embargo, se quería aprovechar las conexiones existentes en las paredes de las instalaciones para no incurrir en el costo de generar los sistemas de alimentación de los servicios requeridos por la nueva máquina. Adicionalmente, no se quería parar la producción de la línea de líquidos. Por ello se optó por ubicar la autoclave en el área de empaque, donde se encontraba ubicada el área de imprenta y así se lograba tomar de la pared los servicios existentes, no interferir la línea de producción de líquidos, ni parar la producción dentro de la misma. Lo anterior generó el movimiento de varias zonas: la de imprenta, calidad y una porción de empaque.

- ¿Cómo determinaron el alcance del proyecto?

El alcance el proyecto depende de la necesidad. En este caso surgió la necesidad insertar un nuevo producto a la línea de líquidos, por lo que se requería una nueva máquina, y esto hizo que el proyecto de redistribución no cambiara las diferentes áreas de la planta, sino que buscara reorganizar sólo algunas máquinas y áreas con el fin único de introducir la nueva máquina.

El rediseño de planta se construye a través de un trabajo en equipo en el que participan: la persona que encabeza el proyecto, el área de calidad, el área de S.A.S, planta, y un arquitecto, ingeniero civil, que se encarga de modificar los planos. No se utilizan modelos matemáticos o algún tipo de software para establecerlo, sino que el proceso se basa en la experiencia. Cuando surge una redistribución, muchas veces se parte de un proceso similar, ya conocido por la empresa. Lo ideal es que el proceso sea lineal, por lo que inicialmente se pinta en el plano de esta forma, y luego si éste no cabe en el área se empieza a modificar la ubicación de las diferentes máquinas o entidades del sistema.

En las reuniones interdisciplinarias, el encargado del proyecto y el arquitecto o ingeniero civil presentan una propuesta inicial. Cada uno de los interesados, principalmente del área de calidad y seguridad industrial, empieza a señalar restricciones y recomendaciones, y el arquitecto o ingeniero civil toma nota de éstas. Luego, él presenta el modelo modificado. Dicho modelo se hace pasar por el escritorio de cada uno de los interesados, quienes hacen anotaciones en el plano. Así continúa el proceso hasta que todos estén de acuerdo. Este proceso permite que no se pasen ciertos detalles por alto, pero no es tan eficiente en términos de tiempo, costos y productividad.

4. Crear la EDT

- ¿Emplearon una estructura de desglose de trabajo a partir de los entregables del proyecto que definieron?

No se utilizó el término de estructura de desglose de trabajo, pero hay unas etapas importantes que se pueden identificar informalmente.

- ¿Cómo la realizaron y hasta que nivel de detalle se realizó?

Las etapas de un proyecto de redistribución de planta que se pueden identificar informalmente son:

- La descripción y evaluación inicial del proyecto para su aprobación.
- La creación de los planos de la nueva distribución, que surgen de varios procesos repetitivos de reuniones y correcciones hasta alcanzar la propuesta que más se ajuste, y los procesos de planeación requeridos para implementar el diseño.
- La implementación del diseño en la planta.

La estructura de desglose de trabajo la hace la persona del área de proyectos encargada o ingeniero de proyectos.

5. Definir las Actividades

- ¿Cómo definieron las actividades que se debían desarrollar para el proyecto?

Antes de desarrollar el cronograma, se listan las actividades necesarias. Como ya se han realizado proyectos similares, se recurre a los mismos para seleccionar las actividades más críticas que se van a desarrollar. Sobre ese inventario de actividades, se revisa si faltan algunas.

- ¿Qué actividades son necesarias en un proyecto de redistribución de planta?

Normalmente se tienen dos tipos de actividades:

- Las relacionadas con las infraestructura física
- Las que no son tangibles, como modificaciones de los procesos

Algunas actividades importantes dentro de los proyectos de redistribución de planta son:

- Diseño de la nueva disposición de la planta: el encargado del proyecto revisa el proceso, y si se requiere realiza visitas a otras empresas para

mirar cómo se encuentra organizada su planta. Éste pinta el proceso conceptualmente en el plano y hace el levantamiento de la tabla de servicios para las máquinas. La tabla de servicios incluye los requerimientos de la máquina en cuanto a aire acondicionado, aire comprimido, sistema eléctrico, agua, etc.

- Diseño de redes: incluye solicitar los planos viejos con sus servicios asociados, de la última modificación o expansión. Estos planos se entregan a los contratistas. Generalmente se trabaja con los mismos contratistas, a menos que hayan incumplido o que no tengan disponibilidad. Para este proceso, los ingenieros mecánicos y de mantenimiento prestan apoyo. Si no se cuenta con ellos, se llama a un tercero conocido como “interventor”. Éste proviene de una empresa especializada en asuntos técnicos. El interventor se encarga de supervisar el trabajo de los contratistas. Esta persona da fe del trabajo de los mismos y si llega a equivocarse debe pagar una alta suma de dinero. Se trata de algo similar a un seguro.
- Levantamiento de inventarios y aprovisionamiento: cuando uno redistribuye una planta, se puede requerir un paro en la planta y para ello se necesita abastecerse de inventario.
- Contratación de personal para el funcionamiento de nuevas áreas o líneas.
- Reubicación de personal de la empresa en otras zonas, ajustes a los salarios y entrenamiento en sus nuevas tareas.
- Construcción y actividades de instalación de equipos: incluye todas las modificaciones de infraestructura que se le conceden a un contratista, la reubicación, conexión y calibración de equipos, y su arranque. Para la empresa, ésta es una sola actividad, pero para el contratista contiene las diversas actividades que debe realizar. Por ejemplo, cuando se realiza la instalación de sistemas de aire, se tienen actividades como: energización, balanceo de aire, calificación (se mide lo que entrega el aire en cuanto a variables como presión, temperatura, y filtración), certificación y entrega.
- Procesos de validación: el personal interno de la empresa, de servicios técnicos y calidad, verifica que la instalación de los servicios y los equipos haya sido correcta. Adicionalmente, se hacen pruebas en los diferentes ambientes como agua y aire para evaluar sus niveles de esterilización.
- Trámites ante el INVIMA: todos los proyectos de redistribución de planta requieren una aprobación del nuevo diseño por parte de la autoridad competente, que en este caso es el INVIMA. El INVIMA se demora en contestar y planear la visita.

- Visita de certificación del INVIMA: para ésta se requiere haber modificado los procesos y procedimientos en la planta y haber documentado dichos cambios.
- Actividades para lograr la estabilidad del nuevo producto
- Presupuesto: no hace referencia al presupuesto del proyecto, sino de la operación de la planta. Cuando se realiza una redistribución, puede variar el costo de la mano de obra o de los servicios. Entonces, el resto del año en el que se hace la redistribución se incurre en sobrecostos de operación, por lo que se debe ajustar el presupuesto y se requiere que sea aprobado por el área financiera.

6. Secuenciar las Actividades

- ¿Cómo secuenciaron las actividades?

Para la secuenciación de las actividades se partió de proyectos anteriores. Si se identifica una actividad nueva, para establecer la secuencia y las precedencias, se le aplican 3 preguntas: ¿De qué depende? ¿Qué implica? ¿Cuánto tiempo se demora? Para estimar la duración de una actividad nueva se consulta con expertos. Por ejemplo cuando una planta va a cambiar de un lugar a otro, y en la nueva planta se adopta otro nombre diferentes, se requiere cambiar el registro del INVIMA. Para estimar cuanto se demora esa actividad el líder del proyecto le consulta esto, a la persona encargada de los registros. Aunque lo anterior no aplica para una redistribución, ejemplifica el tipo de recursos que se utilizan. En el caso de la compra de la maquinaria, el tiempo que se demora en llegar una máquina puede observarse con el historial de compras a esos proveedores, y en caso de que el proveedor sea nuevo, se debe indagar profundamente el proceso que éste sigue, puesto que a veces los proveedores hacen promesas falsas de tiempo para quedarse con el cliente.

- ¿Qué métodos y herramienta utilizaron?
 - Excel, para proyectos pequeños
 - Project, para proyectos grandes

7. Estimar los Recursos de las Actividades

- ¿Cómo estimaron el tipo y las cantidades de recursos (materiales, personas, equipos o suministros) requeridos para ejecutar cada actividad? ¿Emplearon un método en particular?

Para la estimación de recursos se partió de proyectos anteriores, del trabajo en equipo entre las diferentes áreas y en conjunto con los contratistas.

8. Estimar la Duración de las Actividades

- ¿Cómo estimaron la duración de las actividades? ¿Emplearon algún método de estimación o alguna herramienta?

Con referencias de proyectos anteriores y la consulta a expertos.

9. Desarrollar el Cronograma

- ¿Cómo desarrollaron el cronograma del proyecto? ¿Qué métodos y herramientas emplearon?
 - Excel, para proyectos pequeños
 - Project, para proyectos grandes
- ¿La implementación de los proyectos de redistribución de planta se lleva a cabo en su totalidad parando la producción o se programan actividades mientras la planta continúa funcionando?

Se han realizado proyectos de redistribución con paros y sin paros en la planta. En el primer caso se requiere levantar inventario, y en el segundo caso, se programa la implementación del proyecto en un periodo de paro habitual de la planta.

10. Estimar los costos y determinar presupuesto

- ¿Cómo se estimaron los costos y se estableció el presupuesto para el proyecto?

A través de cotizaciones y referencias de otros proyectos similares

- ¿Cuáles son los costos de implementación de un proyecto de redistribución de planta?

Costos de inversión:

- Construcción, que incluye materiales y el servicio entregado por el contratista.
- Compra de equipos
- Materiales para pruebas
- Mano de obra
- Validaciones: corresponde al costo del trabajo del personal interno que verifica y controla el proceso de construcción y conexión de equipos. Cuando no hay personal interno disponible se contrata externamente.

- ¿Quién es el encargado de la evaluación económica de un proyecto de este tipo en la empresa?

El área de proyectos, que a veces se apoya en contabilidad y costos, presupuestos y mercadeo.

Ingresos, costos y gastos que dependan de la distribución de una planta

- ¿Más específicamente, qué ingresos, costos y gastos se verán afectados por un cambio en la distribución de planta?

Los costos que se ven afectados por una redistribución de planta son los de mano de obra y servicios.

11. Planear la calidad

- ¿Se utilizaron herramientas para planificar la calidad del proyecto?

La planeación de la calidad del proyecto se logra a través de la construcción de un grupo interdisciplinario, que permita identificar posibles problemas y restricciones en la propuesta de rediseño de planta.

- ¿Qué métricas de calidad se tuvieron en cuenta?

Los aspectos de calidad del diseño que se tuvieron en cuenta tienen que ver con asegurar la seguridad, las condiciones de limpieza y esterilización, las normas del INVIMA y Buenas Prácticas de Manufactura.

- ¿Cómo se aseguraba la calidad durante la ejecución?

La calidad del diseño y su implementación se asegura a través de la revisión que realiza el personal técnico interno de la empresa o el interventor, de la construcción, las conexiones y el arranque de la maquinaria.

12. Desarrollar el Plan de Recursos Humanos

- ¿Desarrollaron un plan de recursos humanos?
- ¿Cómo identificaron el personal requerido? ¿Identificaron roles y responsabilidades por cargos o asignaron los que tenían en la empresa?

Para los proyectos de redistribución de planta no se realizan planes de recursos humanos detallados, puesto que gran mayoría del personal involucrado corresponde a personal administrativo que participa en la planeación del mismo. Adicionalmente los contratistas se encargan de conseguir el personal necesario

para las actividades técnicas. Si se realiza una planeación, en caso de que la nueva distribución de planta genere cargos nuevos o reubicaciones del personal.

13. Comunicaciones

- ¿Cómo planearon la comunicación y los canales de distribución de los resultados?

El canal de comunicación en un proyecto de redistribución de planta corresponde a las reuniones periódicas a través de las que se logra planear el mismo.

- ¿En un proyecto de redistribución cual es el rol de la comunicación y entre cuales departamentos se presenta?

El rol de la comunicación es apoya el proceso de planeación y ejecución del proyecto. Ésta se presenta entre los departamentos involucrados como: S.A.S, calidad, proyectos, planta, etc.

- ¿Cuál es la información más importante que debe transmitirse?

La aprobación del proyecto, la decisiones que salen de cada reunión, el momento del inicio de la implementación del nuevo diseño, los resultados de la ejecución, los cambios o modificaciones durante todo el proceso.

14. Manejo de los riesgos

- ¿Se realizó algún tipo de análisis de riesgos para el proyecto?

El análisis de riesgos es apoyado por el área de salud, ambiente y seguridad. Ésta se encarga de la seguridad en el trabajo, la salud, el tema de emisiones de aire y agua. Son expertos en regulaciones de seguridad y ambientales. Sus representantes en la junta interdisciplinar señalan los riesgos durante las reuniones que se hacen para crear el nuevo diseño de planta y los nuevos procesos.

GRUPO DE PROCESOS DE EJECUCIÓN

15. Adquirir el Equipo del Proyecto

- ¿Se requirió personal externo para el proyecto? ¿Para qué actividades?

En estos proyectos se requiere personal externo para las actividades de construcción, instalación de equipos, y asesoría en el diseño (arquitecto o ingeniero civil).

- ¿Cómo se localizaron, seleccionaron y contrataron?

Normalmente se trata de contratistas y técnicos ya conocidos por la empresa.

16. Desarrollar el Equipo del Proyecto

- ¿Se mejoraron las competencias e interacción del equipo de trabajo mediante capacitaciones o actividades antes y durante el proyecto de redistribución?

No se realizaron tales capacitaciones o actividades.

17. Dirigir el Equipo del Proyecto

- ¿Cómo se realizó la evaluación por áreas, por equipo o la realizó el director?
¿Qué medidas empleó?

La evaluación del personal administrativo involucrado en el proyecto, se hace por cada área, y su gestión dentro del proyecto va a su calificación habitual de su cargo de trabajo.

GRUPO DE PROCESOS DE CONTROL

18. Verificar el Alcance

- ¿Verificaron el alcance en los cierres de las fases, es decir, se verificó que se hayan completado satisfactoriamente los entregables del proyecto?

Al final de la implementación del diseño se verificó técnicamente que todo estuviera en orden dentro de la planta.

19. Controlar el Alcance

- ¿Se hicieron cambios al plan durante el proyecto? ¿Cuáles?

No se realizaron cambios al alcance del proyecto.

20. Controlar el Cronograma

- ¿Cómo se controló el cronograma?
- ¿Se realizó algún análisis de variación y como se manejaron los cambios?
- ¿Cuáles son los elementos más importantes que se deben controlar en un proyecto de redistribución de planta?

El cronograma del contratista es corresponde a uno de los aspectos críticos para el cumplimiento del proyecto

21. Control de Costos

- ¿Controlaban los costos a lo largo de la ejecución del proyecto? Si es así, ¿cómo lo hacían?

Durante el proyecto se lleva un archivo y se van registrando los gastos reales, para contrastarlos con el presupuesto. Se evalúa si hay cambios o no.

- ¿Se cumplió con el presupuesto inicial o tuvo que adaptarse un nuevo presupuesto?

En el proyecto de introducción del producto nuevo en la línea de líquidos se cumplió el presupuesto. En el caso en que se requiera más presupuesto, el ingeniero de proyectos pide aprobación ya sea al vicepresidente de producción, o al de logística. Dependiendo de la magnitud de dicho presupuesto adicional, la decisión puede escalar a niveles más altos como a la dirección de las unidades de negocio, al vicepresidente financiero o a la presidencia general.

22. Control de la Calidad

- ¿Se realizaba un control de la calidad del proyecto durante la ejecución? Si se realiza un control de calidad durante la ejecución. Se revisa si la construcción ha logrado el desempeño esperado y si las conexiones se realizaron de la manera correcta. Este trabajo corresponde a técnicos internos de la empresa o a un interventor contratado externamente.
- ¿Se requerían controles de calidad especiales de acuerdo a las actividades del proyecto? Los controles de calidad especiales tienen que ver con pruebas y mediciones dentro del ambiente de producción, relacionadas con el grado de limpieza del mismo.

CIERRE

- ¿Cuáles considera los beneficios de emplear una guía para la realización de proyecto de redistribución de planta?

Un beneficio de contar con una guía para realizar los proyectos de redistribución de planta consiste en que la experiencia y el conocimiento necesarios para implementar estos proyectos se puede tener disponible en cualquier momento, sin tener que depender de lo que recuerde cierto experto en el tema y sin tener que ponerse a pensar desde cero, cómo hacer su planeación.

Adicionalmente sirve para evitar que se dejen detalles por fuera y para ganar tiempo en la planeación.

ANEXO N. CASO DE ESTUDIO INGENIO AZUCARERO

CASO REDISTRIBUCIÓN EN LOS INGENIOS AZUCAREROS:

... y ahora qué?

Hace 6 años el sector más representativo del Valle del Cauca se encontraba ante la posibilidad de desaparecer. Ante la proliferación de pequeños ingenios azucareros en la India se dio una baja en el precio del azúcar en el mercado global. Los ingenios de la región estaban teniendo pérdidas y se encontraban preocupados. Esto se debía a que los ingenios estaban obligados a exportar parte de su producción a pérdida porque años atrás se llegó a un acuerdo en el cual se habían dividido el mercado nacional en porcentajes de ventas fijos según su producción, para parar la guerra de precios que habían venido ocasionando pérdidas y dañando el mercado.

Los ingenios para poder aumentar sus utilidades debían producir más, para cubrir sus costos fijos, pero esto implicaba que debían exportar más, lo cual al bajar el precio del azúcar a nivel mundial generaba cada vez más mayores pérdidas. Por consiguiente, se volvieron a reunir los líderes del sector y contrataron unos asesores extranjeros para analizar la situación. Después de un exhaustivo análisis y colaboración de todo el sector, se determinó lo que todos temían, el negocio como estaba planteado no era viable. La sugerencia fue cambiar la fórmula de ingresos ante la situación global que se estaba evidenciando para aumentar las utilidades, incorporando nuevos negocios.

Así, es como uno de los ingenios con mayor representatividad en el Valle determinó que debía montar una planta de alcohol carburante con ayuda e incentivos del gobierno del presidente Álvaro Uribe. Esta nueva planta implicaba cambios en el sistema productivo debido a que se iba a sacar materia prima para este nuevo proceso. Lo que a su vez requería aumentar la capacidad de generar energía para lo cual se planteó la posibilidad de adquirir una nueva caldera que a su vez permitiría aprovechar la posibilidad de cogenerar energía para vender, gracias a la constitución de 1991 que se reglamenta a partir del 94.

Aprovechando los proyectos que se habían planteado el departamento de ingeniería quiso buscar mejoras en la planta principal entre ellas:

- Mejorar el consumo de vapor (lb de vapor/ton de caña) – para mejorar la evaporación
- Mejorar la automatización – al cambiar las turbinas en los molinos por motores eléctricos AC con variadores de frecuencia.
- Implementación de la caldera, generadores y tubería necesaria.

De acuerdo con la clasificación establecida de los tipos de proyectos de redistribución de planta, el hecho de incorporar un nuevo objetivo estratégico al considerar la producción de alcohol carburante y por ende una nueva planta, implicó una redistribución en la planta principal, conllevando a un proyecto orientado hacia un cambio en el sistema productivo, ya que se añaden unos flujos diferentes. Pero al mismo tiempo éste proyecto implicó aumentar la capacidad de generación de energía y abrió la posibilidad de vender energía, por consiguiente también fue un proyecto de aumento de capacidad.

Los factores considerados como críticos en un proyecto de redistribución de planta con cambio en el sistema productivo y aumento de capacidad son: los espacios vacíos, el costo de adquisición de la maquinaria de producción, el costo de nuevos requerimientos de software, el costo de la sincronización con los programas y el papeleo, la flexibilidad de expansión del edificio y del volumen de producción, las referencias de proyectos similares exitosos, y el costo que se requiere para iniciar de nuevo correctamente la operación.

En cuanto a los espacios vacíos se determinó que no había suficiente espacio en la planta principal para la redistribución que implicaba todo el proyecto por lo cual tuvo que realizarse una expansión y reacomodar unos equipos para incorporar nuevos. La planta nueva de alcohol carburante se realizó en otro terreno aledaño pero cercano debido a que se alimentaba de la principal y mayor distancia mayores costos en montaje. Especialmente para ésta planta de alcohol se tuvieron en cuenta referencias exitosas de montajes de otros ingenios que ya habían iniciado su proyecto de alcohol carburante.

El costo de adquisición de la maquinaria jugó un factor crucial al significar el mayor porcentaje de inversión del proyecto pero a su vez dependiendo de las especificaciones de la caldera y su flexibilidad en la capacidad iba a permitir mayores utilidades y una recuperación más rápida de la inversión. Dependiendo del layout aumentaban o disminuían los costos por lo cual fue un factor crítico, sumado a los requisitos termodinámicos propios de la industria. Que también afectaron los costos de arranque ya que la validación de la instalación de los equipos es muy exigente por las pérdidas termodinámicas que podría representar su mala conexión.

Además, el software del proyecto de automatización debía comprender todos los sistemas productivos y conectarlos, pero con lo cual se logró una gran ventaja competitiva al pensar hacia futuro y lograr automatizar gran parte de la planta permitiendo una flexibilidad de respuesta y un mayor control, como la alineación con el software en tiempo real. Se debe resaltar que en la planta se encuentran monumentos que son los equipos que debido a su tamaño son extremadamente costosos de mover lo cual influyó en que fuese necesaria una redistribución ante la imposibilidad de moverlos. Como también se tuvo en cuenta el efecto del paro en

la producción por lo cual se adaptó el proyecto a las paradas de la fábrica que se realizaban cada 15 días. Para los motores se sacaba un molino al tiempo, lo cual generaba pérdidas al tener menor extracción pero no se paraba la producción. El de mayor impacto siempre es el primer molino por lo cual se programó su motorización para el paro de semana santa.

Los encargados de dirigir el proyecto dentro de la empresa buscaron escoger una alternativa de diseño que tuviese en cuenta los requerimientos termodinámicos y el aprovechamiento del proyecto para hacer otros proyectos de mejoramiento que fueron aprobados por la Junta Directiva en el transcurso del megaproyecto ante los evidentes beneficios. Gracias a éste megaproyecto hoy en día el ingenio es uno de los más competitivos del sector y ha aumentado sus utilidades notoriamente.

ANEXO O. CASO DE ESTUDIO LABORATORIO FARMACÉUTICO

CASO REDISTRIBUCIÓN EN EL LABORATORIO FARMACÉUTICO

Cambio en el Sistema Productivo

Hace algunos años, una empresa del sector farmacéutico de la ciudad creó una nueva planta con tres líneas principales de productos: líquidos y cremas, talcos, y efervescentes. Al poco tiempo, la compañía decidió incorporar un nuevo producto perteneciente a la línea de líquidos. Este producto seguía el mismo proceso dentro de las mismas máquinas existentes en esa línea, pero requería un paso adicional de esterilización, que debía realizarse mediante una máquina conocida como autoclave. Para la aprobación de este proyecto se requirió revisar que el periodo de recuperación de la inversión fuera razonable y su contribución al margen de la compañía.

De acuerdo con la clasificación establecida de los tipos de proyectos de redistribución de planta, el hecho de incorporar un nuevo producto, y por ende una nueva clase de máquina, implica un proyecto orientado hacia un cambio en el sistema productivo, ya que se añade un proceso y el patrón de flujo correspondiente.

Los factores considerados como críticos en un proyecto de redistribución de planta con cambio en el sistema productivo son: los espacios vacíos, el costo de adquisición de la maquinaria de producción, el costo de nuevos requerimientos de software, el costo de la sincronización con los programas y el papeleo, la flexibilidad de expansión del edificio, y las referencias de proyectos similares exitosos.

En cuanto a los espacios vacíos, este factor no se utilizó para evaluar las alternativas de diseño, sino para analizar si se requería realizar una expansión. Se encontró que había suficiente área disponible, por lo que no se recurrió a ampliar las instalaciones.

En este caso, el costo de adquisición de maquinaria no hacía parte de los criterios de evaluación de opciones de diseño, puesto que la decisión de incorporar el nuevo producto y la autoclave ya estaba tomada. Por otro lado, no se necesitó la implementación de un nuevo software o un módulo del mismo. Por tratarse de una pequeña variación en el sistema productivo, el costo de sincronización con los programas no variaba de una alternativa de diseño a la otra. La flexibilidad de expansión del edificio no se vio afectada por el proyecto de redistribución puesto que no se realizó expansión de las instalaciones y por tanto el espacio libre para futuras modificaciones era el mismo en las diferentes alternativas de diseño que pudieran generarse.

La empresa tiene como práctica común realizar visitas a otras organizaciones fuera del país para tomar como referencia sus disposiciones de planta. Por ello el factor relacionado con las referencias de proyectos similares exitosos sí podía diferenciarse entre las diferentes alternativas de diseño. En la medida en que un diseño siguiera los parámetros utilizados por la otra empresa, éste recibía una mayor aceptación. Ahora, para la empresa eran fundamentales algunos de los factores comunes aplicables para la evaluación de alternativas en los diferentes tipos de proyectos de redistribución de planta (Ver Tabla). Estos eran: el tiempo del proceso, el costo de adaptación de servicios (energía y agua), y el costo de levantamiento de inventario debido al paro en la producción. Los encargados de dirigir el proyecto dentro de la empresa buscaron escoger una alternativa de diseño en la que se ubicara la autoclave en el área que presentara más facilidades para conectarla a los servicios, aunque surgiera la necesidad de reubicar otros equipos o estructuras. Adicionalmente, se decidió ubicar la nueva máquina en un sitio medianamente alejado de la línea de líquidos y cremas, con el fin de no tener que parar toda la producción, pero cuidando que el tiempo de proceso no se fuera a incrementar en una gran medida.

ANEXO P. CASO DE ESTUDIO LABORATORIO FARMACÉUTICO AMERICANO

CASO REDISTRIBUCIÓN EN EL LABORATORIO FARMACÉUTICO

Lean Manufacturing

Lean Manufacturing es una filosofía de gestión que en los últimos años han implementado las empresas a nivel global, debido a su eficiencia al reducir los desperdicios en los procesos productivos. El laboratorio farmacéutico americano más importante en Cali incorporó la filosofía en sus objetivos estratégicos, por lo cual llevó a cabo un proyecto de redistribución de planta basado en los principios Lean. Al surgir el proyecto por la necesidad de disminuir los desperdicios según la filosofía Lean Manufacturing se deben tener en cuenta principalmente los requisitos de ésta en el momento de desarrollar una nueva propuesta de la disposición de la planta y al ejecutar el proyecto.

De acuerdo con la clasificación establecida de los tipos de proyecto de redistribución de planta al adaptar la planta a Lean Manufacturing se realizó un proyecto de implementación de una filosofía. Para éste tipo de proyectos los factores críticos son: principios de la filosofía, costo de sincronización con los programas, el control de inventarios, equipos y papeleo y costo de levantamiento de inventario.

Al ser la filosofía Lean enfocada a reducir los desperdicios, involucra otros factores cómo: forma de la distribución, adyacencia de departamentos, manejo de desperdicios, control de contaminación, conformidad de los trabajadores, orden del lugar de trabajo, ubicación y posibilidad del mantenimiento. Los cuales se tienen en cuenta al aplicar las herramientas de la filosofía: las 5s, Value Stream Mapping, Mantenimiento Productivo Total, Celdas de Trabajo, Justo a Tiempo, entre otras. Por lo cual el laboratorio farmacéutico contó con el área de excelencia operacional que tiene expertos en la filosofía para poder desarrollar la nueva disposición de la planta que incorporara los lineamientos y que permitiera implementar las herramientas Lean.

Además, al ser un cambio desde los objetivos estratégicos fue radical y por lo tanto los costos de sincronización de la disposición Lean tuvieron que ser considerados para determinar que se podía hacer de acuerdo al presupuesto y evaluar cuál era el mejor layout. Considerando que la evaluación no solamente consistió en un aspecto cuantitativo, sino que se analizaron los beneficios cualitativos de la implementación de la filosofía que han evidenciado empresas que ya la habían aplicado poniendo la balanza a favor de la ejecución del proyecto.

Sin embargo al ser un proceso que involucró toda la planta y sus áreas, se tuvo que parar la producción debido a que no era suficiente el tiempo de las paradas habituales para cumplir el cronograma en los tiempos establecidos, lo que también significó un costo de levantamiento de inventarios elevado. Especialmente porque en ésta empresa los requisitos de calidad son muy importantes porque involucran un proceso donde las áreas debían estar aseguradas por las regulaciones y normatividad al producir medicamentos de consumo humano. Lo cual genera habitualmente complicaciones en los proyectos de redistribución de planta en la industria al implicar mayores tiempos de paradas y arranques, mayores costos e inventarios.

ANEXO Q. GUÍA METODOLÓGICA PARA LA REALIZACIÓN DE UN PROYECTO DE REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA (VERSIÓN RESUMIDA)

CHECKLIST PARA EVIDENCIAR LA NECESIDAD DE REDISTRIBUIR SU PLANTA

A continuación se encuentra un listado de algunas situaciones que podrían indicar que es hora de modificar la distribución de planta. Se deben marcar las que se presentan en el lugar de trabajo y posteriormente en el proceso de recopilación de requisitos se profundizará sobre el análisis de los resultados.

SITUACIONES	SE EVIDENCIA:		IMPACTO NEGATIVO EN CLIENTE:		
	SI	NO	ALTO	MEDIO	BAJO
Rápido crecimiento en la demanda de alguno de sus productos					
Modificaciones en las mezclas de productos					
Incorporación de nuevos productos					
Incorporación de nueva maquinaria					
Automatización de la planta					
Requiere mayores áreas o espacios					
Requiere variar las áreas asignadas a cada departamento					
Tiene una capacidad de respuesta baja ante el cliente					
Tiene altos tiempos de ciclo					
Tiene desplazamientos largos					
Existen flujos cruzados en la planta que hacen perder tiempo					
Existen obstáculos en las zonas de desplazamiento					
Se presenta congestión en las rutas de desplazamiento					
Tiene altos costos de manejo de materiales					
Incorporación de equipos de manejo de materiales					
Baja flexibilidad del diseño (no se pueden realizar cambios fácilmente)					
Tránsito de personal ajeno a las áreas					
Accidentes laborales, falta de ergonomía para el trabajador y malestar del mismo según los					

indicadores del área de Salud Ocupacional.					
Dificultad para controlar los procesos					
Acumulación de producto en proceso a lo largo del proceso productivo lo que evidencia cuellos de botella					
Deficiente utilización del espacio					
Incorporación de nuevas normativas de seguridad industrial, medio ambiente, buenas prácticas de manufactura, etc.					
Considera que existe maquinaria y personal ocioso en planta					
Contaminación de los materiales, productos en proceso y productos terminados (referirse al área de calidad)					
Adaptación de las instalaciones a filosofías de gestión, estrategias, o técnicas de la ingeniería industrial como lean manufacturing.					
Fusiones con otras empresas, o con proveedores, y conexión de sus respectivas instalaciones.					

INTRODUCCIÓN

Los proyectos de redistribución son muy comunes en la industria, debido a los constantes cambios que surgen en los entornos industriales. Por ello se realizó la siguiente guía para desarrollar proyectos de redistribución. Ésta se basa en la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Project Management Body of Knowledge o PMBOK), en los resultados de una investigación sobre la teoría existente en el tema de redistribución de planta, y sobre las prácticas que han seguido empresas grandes de la región cuando han llevado a cabo este tipo de proyectos. La guía está conformada por cuatro fases principales que corresponden al Grupo de Procesos de Iniciación y Planeación, el Grupo de Procesos de Adaptación de la Planeación, el Grupo de Procesos de Ejecución, apoyado paralelamente en el tiempo por el Grupo de Procesos de Control, y el Grupo de Procesos de Cierre. De estas fases se generan los siguientes entregables, respectivamente:

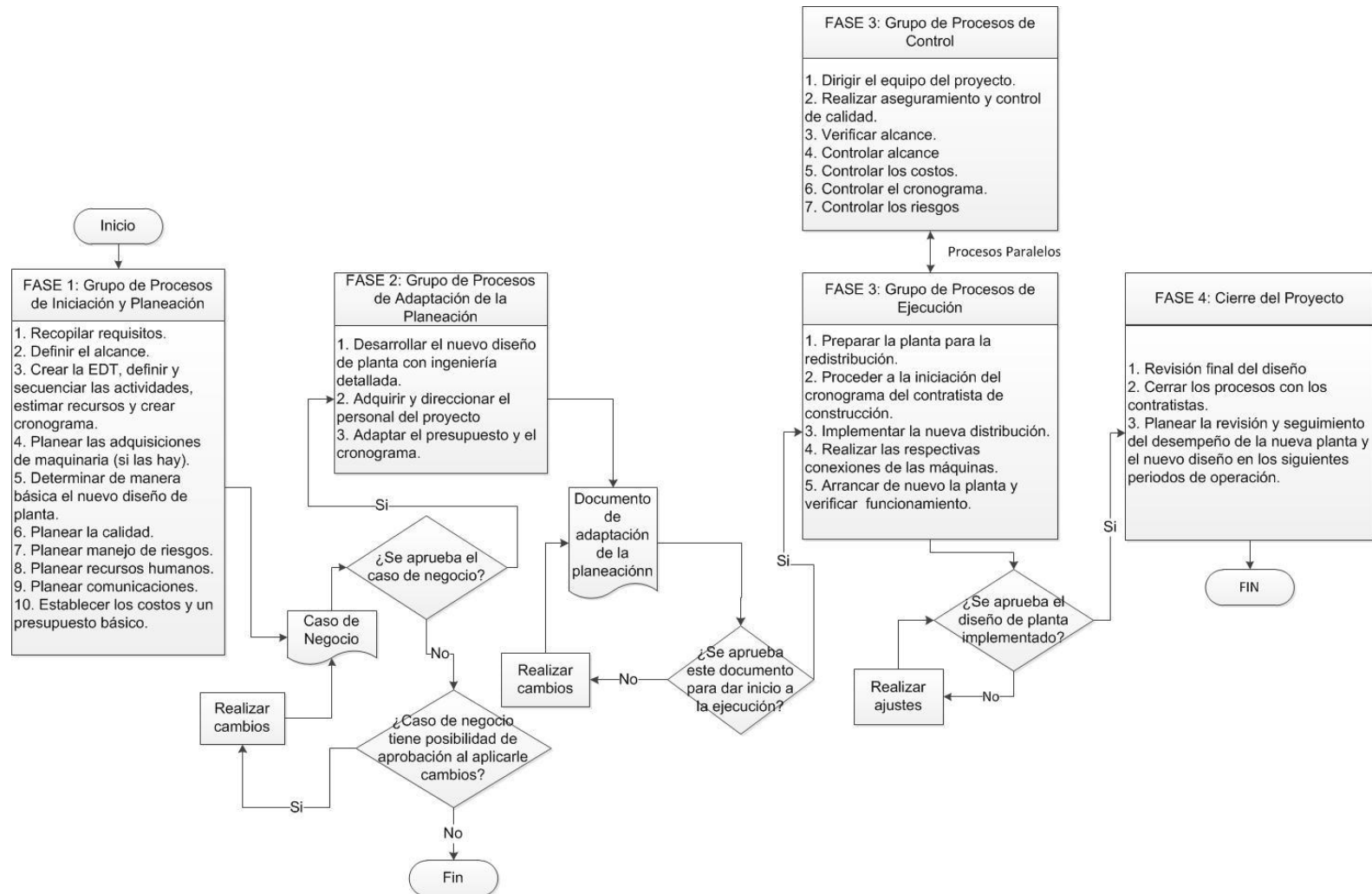
- Caso de Negocio: surge del proceso de iniciación y planeación. Involucra todos los procesos que se deben considerar para desarrollar la propuesta del proyecto de redistribución de planta, que será evaluada por los encargados en la empresa de su aprobación. Estos procesos se

caracterizan por una ingeniería conceptual que sirve para identificar la viabilidad técnica y económica del proyecto.

- Adaptación: surge de un proceso de planeación más detallado, una vez el proyecto ha sido aprobado. En esta fase, la ingeniería conceptual, desarrollada en la fase anterior, marca la pauta para poder aplicar una ingeniería básica. Se toman como entrada todos los requerimientos de los interesados, las especificaciones básicas, el cronograma de realización y la valoración económica. Durante estos procesos se desarrolla la ingeniería detallada del diseño, se adaptan las actividades de ejecución, el cronograma y el presupuesto. Con la aprobación de lo anterior, se pasa a la ejecución del proyecto.
- Ejecución y Control de la Implementación del Diseño: consiste en todos los procesos para la implementación del proyecto de redistribución, específicamente las actividades de ampliación/modificación de instalaciones, de reorganización de la maquinaria y departamentos, y el control de éstas. Los documentos que surgen generalmente son para la aprobación de los entregables de las fases.
- Cierre del Proyecto: implica la revisión de todos los entregables de la implementación del proyecto después de finalizar todas las actividades del cronograma y su verificación con el resultado de la distribución de la planta.

El esquema general de la guía se muestra en la figura 1. A continuación se describirán las fases y sus procesos.

Figura 1. Esquema de la Guía para la Realización de un Proyecto de Redistribución de Planta



Fuente: Los Autores

1. FASE I: GRUPO DE PROCESOS DE INICIACIÓN Y PLANEACIÓN -CASO DE NEGOCIO

Los impulsores del proyecto deben crear un documento que autoriza formalmente el proyecto y establecer los requisitos iniciales que satisfacen las necesidades y expectativas de los interesados para su posterior aprobación. Está alimentado por las salidas de los diez procesos que se observan en la figura 1, para que el proyecto pueda ser evaluado técnica y económicamente para su aprobación.

Entradas

- Tener en cuenta formatos o plantillas de actas de proyectos desarrollados anteriormente dentro de la organización.
- Departamento o persona encargada de la aprobación del proyecto.
- Analizar posibles criterios que influirán en la decisión de dicha persona.
- Organigrama de la empresa.
- Salidas de los procesos de planeación: requisitos, alcance, layout inicial y relayout, cronograma básico, presupuesto inicial, riesgos y estructura de gobierno, entre otros.

Salidas

- Resumen Ejecutivo
- Especificar la necesidad que impulsó el proyecto y el objetivo final de éste.
- Justificar cómo el proyecto soporta las metas estratégicas de la empresa.
- Análisis de diferentes opciones y sus consecuencias, entre las cuales puede estar: continuar el negocio sin realizar el proyecto, hacer lo mínimo y hacer algo significativo.
- Establecer que áreas de la empresa participarán en la planeación, ejecución y control del proyecto. Identificar qué personas exactamente conformarán el equipo de trabajo del proyecto.
- Presentar un Enunciado del Trabajo del Proyecto: descripción narrativa de los resultados que entregará el mismo, es decir, el nuevo diseño de planta y cómo será implementado dentro de las instalaciones de acuerdo con los requisitos establecidos.
- Considerar los beneficios y definir en qué cantidad se lograrán cumplir con las expectativas del proyecto ya sean financieros o no, deben ser medibles y tener un responsable asignado.
- Considerar los aspectos negativos o perjudiciales de desarrollar el proyecto de redistribución y como se podrían mitigar.
- Presentar un presupuesto que será sometido a revisiones en el proceso posterior a la aprobación, cuando se realice una ingeniería básica y detallada.
- Realizar un análisis que evidencie el periodo en el que se incurrirá en los costos, el período en el que se basará el análisis costo-beneficio, la fecha factible más próxima de inicio y de terminación del proyecto.

- Exponer el conjunto de riesgos que pueden aumentar o disminuir los beneficios y los costos del proyecto.

Para obtener el Caso de Negocio se sugiere seguir los siguientes procesos.

1.1. Recopilar Requisitos

Los requisitos incluyen las necesidades, deseos y expectativas cuantificadas y documentadas de todos los interesados que pueden ser del área de mercadeo, ventas, finanzas, producción, calidad, entre otros. Las necesidades por las que surge el proyecto generalmente definen los requisitos que deben considerarse dentro de la empresa. Entre las necesidades que pueden impulsar un proyecto de redistribución de planta se tienen en cuenta las que evaluó para su planta en el checklist inicial. Estas necesidades pueden conllevar a cuatro diferentes tipos de proyectos descritos a continuación.

- **Proyecto de redistribución de planta para aumentar la capacidad:** Conserva el mismo sistema productivo, los mismos productos y el tipo de maquinaria, pero implica un aumento de la cantidad de máquinas, o una ampliación de estaciones de trabajo actuales. Se va a generar una redistribución de planta siempre y cuando el hecho de traer nuevas máquinas, o ampliar las estaciones de trabajo, requiera una reorganización de varias entidades, y no se pueda lograr con sólo poner las máquinas en un espacio libre existente.
- **Proyecto de redistribución de planta para incorporar un cambio al sistema productivo:** Abarca la introducción de nuevas líneas de productos, de nuevos productos específicamente o de pasos adicionales dentro del proceso, puesto que modifican procesos y flujos ya establecidos o incorporan nuevos.
- **Proyecto de redistribución de planta con objetivo de aumentar eficiencia y reducir costos:** Implica unos cambios en la localización de los departamentos, pero la estructura general se mantiene. Busca reducir los costos de manejo de materiales y de transporte y mejorar algunas características operativas como el tiempo del proceso, la congestión, los altos inventarios de producto en proceso y eliminar los flujos cruzados o en reversa. En la búsqueda de una mejora puede ser necesario involucrar a la gran mayoría de departamentos. Corresponde al problema tratado en la mayoría de estudios o desarrollos académicos sobre redistribución de planta.
- **Proyecto de redistribución con objetivo de implementar una filosofía o estrategia empresarial:** Este tipo de proyectos tienen unos enfoques mucho más específicos por ejemplo la aplicación de Lean Manufacturing en la

planta. También puede darse el caso en el que se requiera seguir alguna estrategia o parámetro establecido por empresas clientas, o por la empresa en conjunto con los proveedores.

Para saber qué tipo de proyecto requiere la planta se debe determinar dentro de cuál tipo de proyecto en la tabla 1, están la mayoría de las necesidades que se marcaron en el checklist. Si hay más de tres necesidades de los proyectos para aumentar capacidad o implementar una filosofía o estrategia, debe considerarse realizar un proyecto de redistribución del tipo correspondiente. En las otras dos categorías a partir de cinco necesidades marcadas, se debe tener en cuenta ésta consideración.

Tabla 1. Necesidades impulsoras según tipos de proyectos de redistribución de planta

Aumento Capacidad	Cambio Sistema Productivo	Aumentar eficiencia y reducir costos	Implementación de algún tipo de filosofía/estrategia empresarial
Crecimiento en la demanda	Modificaciones en las mezclas de producto	Altos tiempos de ciclo.	Adaptación de las instalaciones a filosofías de gestión, estrategias, o técnicas de la ingeniería industrial como Lean Manufacturing
Modificaciones en la mezcla de producto	Incorporación de nuevos productos o líneas	Accidentes laborales, falta de ergonomía para el trabajador y malestar del mismo	Fusiones con otras empresas, proveedores, y conexión con sus respectivas instalaciones
Capacidad de respuesta baja ante el cliente	Capacidad de respuesta baja ante el cliente	Altos costos de manejo de materiales	Accidentes laborales, falta de ergonomía para el trabajador y malestar del mismo
	Incorporación de otro tipo de sistema productivo (lineal, celdas, posición fija o funcional) o cambio del actual.	Flujos cruzado	Incorporación de nuevas normativas de seguridad industrial, medio ambiente, buenas prácticas de manufactura, etc.
	Cambio de los objetivos estratégicos de la compañía	Obstáculos en las zonas de desplazamiento	
	Nuevas Tecnologías	Congestión	
		Baja flexibilidad del diseño	
		Tránsito de personal ajeno a las áreas	
		Cuellos de botella	
		Acumulación de producto en proceso	

	Deficiente utilización del espacio
	Contaminación de los materiales, productos en proceso y productos terminados
	Automatización de la planta
	Capacidad de respuesta baja ante el cliente

Fuente: Los Autores

Una vez identificado el tipo de proyecto, para identificar los requisitos deben realizarse reuniones multidisciplinarias con las personas interesadas de cada área en el proyecto de redistribución de planta. Específicamente para este tipo de proyectos es importante conocer los requisitos de las áreas que se verán afectadas en la planta por la nueva distribución.

1.2. Definir el Alcance

Establecer hasta dónde abarca el proyecto. La declaración del alcance del proyecto puede contener, entre otras cosas:

- Una descripción del alcance del nuevo layout
- Las exclusiones del proyecto
- Las restricciones del proyecto
- Los supuestos del proyecto
- Los beneficios a corto, medio y largo plazo y definir en qué cantidad se van a lograr cumplir.

Al depender de las necesidades, el alcance también varía de acuerdo al tipo de proyecto como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Alcance según tipos de proyectos de redistribución de planta

Aumento Capacidad	Cambio Sistema Productivo	Aumentar eficiencia y reducir costos	Implementación de algún tipo de filosofía/estrategia empresarial
<p>El alcance puede variar en magnitud si el aumento de capacidad se va a realizar sobre todo el sistema o sobre un área específica, un cuello de botella del sistema productivo, etc. También depende de si hay espacio para ubicar la maquinaria que se requiere porque de lo contrario implicaría una expansión, lo que aumentaría el alcance del proyecto notoriamente.</p>	<p>El alcance puede ser corto como también puede abarcar todo el sistema productivo dependiendo de la necesidad por la que se inicia este tipo de proyecto. Puede implicar la adición de una etapa más en una línea como puede significar la modificación en varias estaciones de diferentes líneas o de todo el sistema productivo. Puede requerir una expansión, si no se cuenta con espacio disponible.</p>	<p>Se considera muy importante definir el alcance en este tipo de proyecto ya que puede involucrar todas las áreas de la planta por lo que suele ser un alcance muy amplio. Se busca reubicar de nuevo todas las áreas, maquinas, departamentos y demás entidades, para lograr un objetivo de eficiencia (costo de manejo de materiales, reducción de distancias, tiempo, etc.). Sin embargo, puede estar enfocado a un solo aspecto de la planta como por ejemplo el manejo de materiales o el flujo en el sistema, por lo cual debe especificarse hasta que punto de profundidad y generalización se va a tener en cuenta en el proyecto.</p>	<p>En este tipo de proyecto, el alcance tiende a ser elevado porque al aplicar una filosofía, legislación o estrategia empresarial, se pueden llegar a tocar todas las áreas de la planta. Sin embargo también depende del tipo de estrategia, filosofía que se quiera aplicar, y de sus principios, características y métodos. Si se trata de una norma sobre medio ambiente, puede que sólo sea necesario tocar las áreas donde se manejan los desperdicios, o los puntos de salida de los mismos. Si las instalaciones de un proveedor se incorporan a las de la empresa (como es común en las ensambladoras de carros), es probable que se requiera mover todas las entidades para lograr una distribución en línea, que sea alimentada por las estaciones de los proveedores. Si se quiere implementar Lean Manufacturing, probablemente se revisen todas las líneas o estaciones.</p>

Fuente: Los Autores

En cuanto a las restricciones más comunes de un proyecto de redistribución de planta para definir el alcance y que debe considerar, se encuentran:

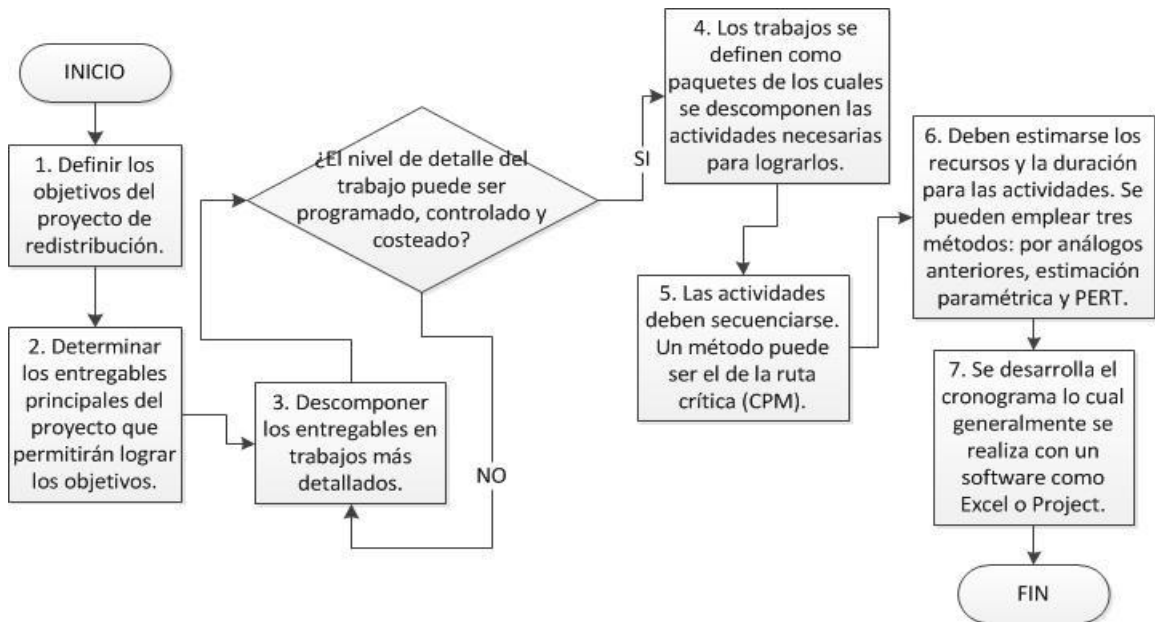
- Presupuesto financiero de la empresa
- Tiempo para recuperar la inversión
- Infraestructura actual de la planta

- Inflexibilidad para expansión
- Maquinaria disponible
- Personal capacitado y áreas de la empresa disponibles
- Calidad asociada a los procesos y al producto
- Proveedores y su calidad

1.3. Desarrollar el Cronograma.

Para desarrollar el cronograma debe realizarse el proceso que se presenta en la figura 3.

Figura 3. Diagrama de Desarrollo del Cronograma

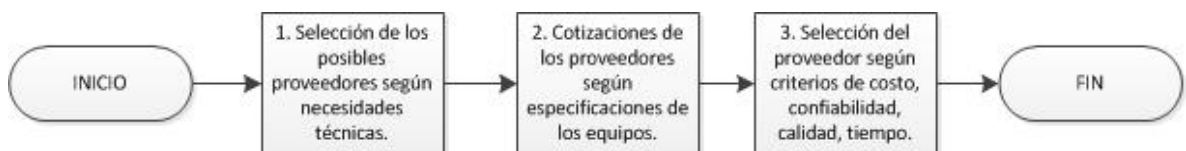


Fuente: Los Autores

1.4. Planear las Adquisiciones

Si el proyecto involucra la compra de maquinaria, se debe iniciar el proceso que se describe en la figura 4, de lo contrario se pasa al siguiente proceso.

Figura 4. Diagrama de la Planeación de las Adquisiciones



Fuente: Los Autores

1.5. Determinar Nuevo Layout

A continuación se presenta un conjunto de actividades asociadas a la determinación del diseño.

Tabla 3. Actividades Asociadas a la Determinación del Diseño

Aumento de Capacidad	Cambio en el Sistema Productivo	Aumentar eficiencia y reducir costos	Implementación filosofía/estrategia empresarial
<p>1. Recoger del área de producción la información sobre nuevas cantidades de producción y flujos.</p>	<p>1. En el caso en el que la motivación principal del proyecto de redistribución de planta sea la introducción de un nuevo producto, una nueva máquina, un nuevo paso o estación dentro del proceso productivo, el área de producción debe encargarse de establecer los nuevos procesos, rutas y flujos, y documentarlos dentro de la empresa. Adicionalmente el área de ventas o mercadeo debe establecer los montos o cantidades que se van a producir. La información anterior alimenta el proceso del diseño del layout.</p>	<p>1. Definir qué objetivo o factor crítico se busca alcanzar. Para ello puede ser de gran ayuda la tabla 4 que se presenta más abajo. Normalmente se busca minimizar el costo de manejo de materiales, las distancias recorridas entre máquinas o departamentos. También es común que se busque establecer unas características deseadas en cuanto a la distribución: por ejemplo que zonas ruidosas no estén cercanas a las áreas administrativas, separar zonas contaminadas de aquellas que requieren un cuidado o limpieza especial, etc. Por todo lo anterior, es probable que la redistribución involucre la mayoría de las áreas.</p>	<p>1. Instruir al personal de equipo en la filosofía que se quiere implementar, como por ejemplo Lean Manufacturing, y consultar con expertos sobre el tema. En el caso de que se trate de algún tipo de estrategia empresarial, definir los objetivos que se quieren lograr y cómo se pueden alcanzar a través del diseño. Si lo que se quiere es realizar una fusión con alguna empresa, es probable que se requiera remitirse al tipo de cambio en el sistema productivo. Puede ser común una fusión de punto de llegada con el proveedor o de punto de salida de las instalaciones con el cliente; en este caso, el cambio en el sistema puede que no sea tan grande.</p>
<p>2. Pedir al proveedor especificaciones de la maquinaria. Las especificaciones técnicas de la maquinaria no juegan un papel tan crítico en este tipo de proyecto, puesto que se trata de la misma clase de maquinaria y es probable que ya se tenga experiencia en el manejo de la misma y se cuente con ellas dentro de la empresa.</p>	<p>2. Al introducir nueva maquinaria es importante obtener la ficha técnica de las máquinas y sus requerimientos adicionales. Por ello en este punto se debe dar continuidad al proceso de planear las adquisiciones y pedir al proveedor que envíe toda la información que se requiera para la distribución. Dicha información puede pedirse en este momento, y tendrá una mayor utilidad cuando se le realice la ingeniería detallada a los planos.</p>	<p>2. Establecer si se requiere una expansión de las áreas actuales. Si es así documentar cada departamento o entidad de la empresa con su respectiva área requerida. De lo contrario, establecer las áreas actuales.</p>	<p>2. Cuando se disponga de la información anterior, los procesos de diseño de layout pueden ser muy similares a los anteriores. Se busca establecer las necesidades de área y verificar que se cuente con la misma, y si no es así es probable que se deba hacer una expansión.</p>

<p>3. Obtener las dimensiones del diseño anterior, y establecer los espacios vacíos o disponibles. Determinar si hay monumentos (equipos muy pesados que no pueden moverse y que están fijos).</p>	<p>3. Obtener las dimensiones del diseño anterior, y establecer los espacios vacíos o disponibles. Determinar si hay monumentos (equipos muy pesados que no pueden moverse y que están fijos).</p>	<p>3. Determinar los puntos que se van a tener como referencia para la entrada y salida de materiales, y movimientos en general para cada departamento. De acuerdo con esto, si se requiere hacer un análisis de distancias y costo de manejo de materiales, se contará con la información.</p>
<p>4. Establecer el espacio requerido para las nuevas máquinas.</p>	<p>4. Armar la nueva línea (secuencia lógica)/ añadir la nueva máquina, nuevo paso o proceso a la línea, familia, celda o conjunto de máquinas. Determinar requerimientos de espacio de estos nuevos conjuntos</p>	<p>4. Establecer el diseño actual con las expansiones y tomarlo como punto de partida. Evaluar el criterio seleccionado, ya sea de costos, distancia o adyacencia.</p>
<p>5. Si el espacio disponible es menor que el requerido para la nueva maquinaria, buscar posibles puntos donde se pueda dar una expansión, ya sea sobre el mismo nivel o utilizando los niveles o pisos superiores. Si se incurre en una expansión puede ser muy útil dejar un espacio adicional para expansiones futuras. Agregar el área de posible expansión al plano.</p>	<p>5. Si no se cuenta con el espacio suficiente, se requiere una expansión e identificar las áreas candidatas para realizarlo. Probablemente se requerirá aprovechar la expansión para hacer modificaciones estructurales, de alimentación de servicios y de conexiones, puesto que un cambio en el sistema productivo genera una mayor proporción de cambios que en el primer tipo de redistribución (con objetivo de aumento de capacidad).</p>	<p>5. Presentar varias posibilidades de nuevas distribuciones de acuerdo con lo que se ha experimentado y observado de la operación histórica, y evaluar el costo, distancia, adyacencia u otro criterio que se desee, y escoger la más conveniente.</p>
<p>6. Ubicar la maquinaria en el plano, tratando de aprovechar al máximo la alimentación de servicios, conexiones y paredes existentes.</p>		

Fuente: Los Autores

El proceso de escoger el diseño se desarrolla a través de reuniones multidisciplinarias con los principales interesados, durante las que se deben generar alternativas de diseño iniciales o bosquejos conceptuales de la distribución. Para escoger entre las alternativas de diseño se deben tener en cuenta factores que son críticos de acuerdo al tipo de proyecto de redistribución, que se observan en la tabla 3.

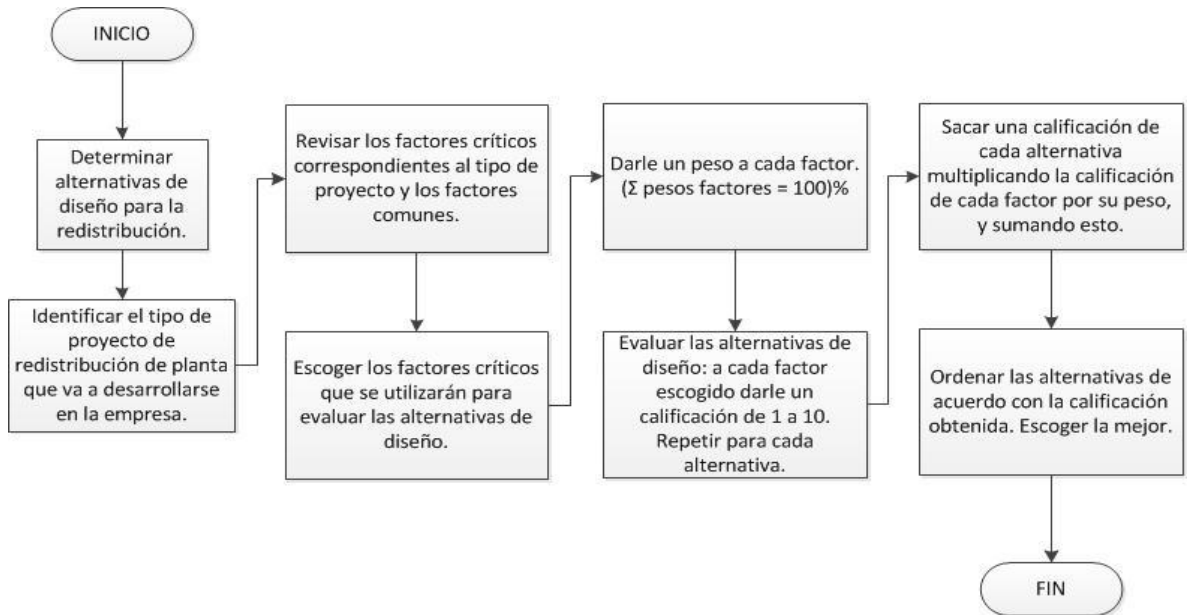
Tabla 4. Factores críticos de acuerdo al tipo de proyecto de redistribución para desarrollo y evaluación de layouts

Aumento Capacidad	Cambio Sistema Productivo	Aumentar eficiencia y reducir costos	Implementación de algún tipo de filosofía/estrategia empresarial	Comunes
Costo de Adquisición Maquinaria de Producción	Costo de Adquisición Maquinaria de Producción	Costo de Adquisición de Equipo de Manejo de Materiales	Grado de cumplimiento de los principios, características u objetivos de la filosofía/estrategia/legislación.	Costo de levantamiento de inventario para paro en la producción
Costo de Adquisición de Equipo de Manejo de Materiales	Costo de Nuevos Requerimientos de Software	Costo anual de operación y mantenimiento: MO, Utilidad, Mantenimiento, MHE (Comparación)	Costo de Nuevos Requerimientos de Software	Costo del tiempo que se requiere para iniciar la operación correctamente: la instalación y la depuración
Flexibilidad en Volumen	Costo por la sincronización con los programas, el control de inventario y el papeleo	Forma de la distribución	Costo por la sincronización con los programas, el control de inventario y el papeleo	Costo de Adquisición de Terreno para Expansión
Flexibilidad de Expansión del Edificio	Flexibilidad de Expansión del Edificio	Adyacencia de departamentos	Grado en el que se tienen en cuenta la seguridad industrial, la ergonomía, el impacto ambiental, y las actividades de apoyo como el mantenimiento y la seguridad del edificio	Costo de Construcción
Condiciones del lugar natural y construcción (Si implica una expansión)	Referencias de proyectos similares en el entorno que estén haciendo o hayan hecho el cambio	Número y ubicación de pasillos		Costo de Adaptación de Servicios
Espacios Vacíos	Espacios Vacíos	Flexibilidad en las Rutas		Costo de Reorganizar - Movimiento de la maquinaria/ departamentos actuales *Revisión técnica de la conexión y arranque *Transporte de la maquinaria a la nueva ubicación
	Cumplimiento de normativas y legislaciones	Tiempo del proceso y de respuesta al cliente		Valor de Salvamento Futuro

	Tiempo del proceso y de respuesta al cliente	Densidad y Volumen (Tiempo y Distancia)	TIR
		Equipos y métodos de MHE externo	Periodo de Recuperación de la Inversión
		Analizar el acceso de los camiones y patrón de circulación (MHE del Entorno)	Costo de mantener inventario : MP, PP, PT
		Complejidad del equipo de manejo de materiales	Claridad-Despeje
		Compatibilidad de la construcción del edificio y el equipo de manejo de materiales	Suficiencia y Utilización del Espacio
			Patrones de Flujo
			Robustez de la Capacidad del Equipo
			Seguridad Industrial
			Conformidad de los trabajadores-Servicios relativos al personal
			Seguridad de la Propiedad
		Acceso para mantenimiento	

Fuente: Los Autores

Figura 4. Diagrama de la Creación del Layout



1.6. Planear la Calidad

La calidad de este tipo de proyectos se mide en cuanto al nuevo diseño de planta. Algunos ejemplos acerca de cómo planear la calidad son:

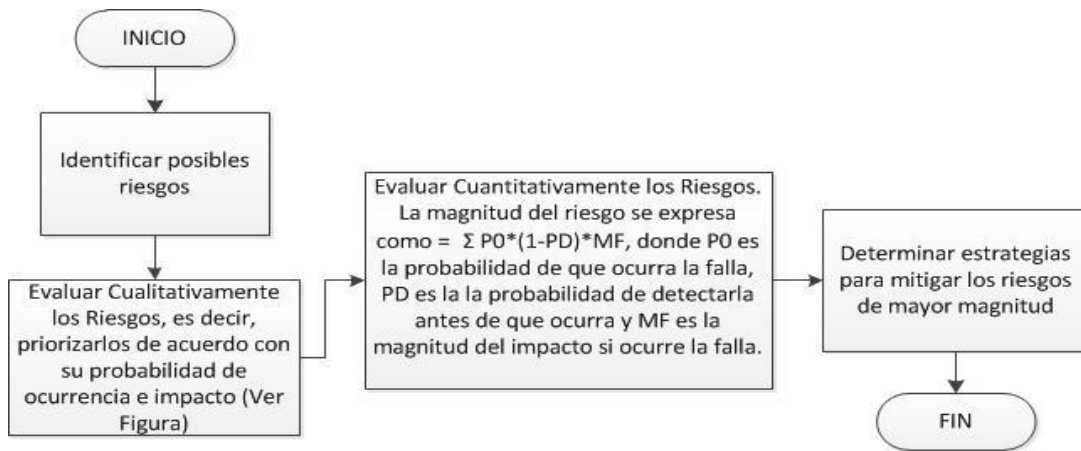
- Si se va a realizar un proyecto de rediseño de planta con expansión dentro de la zona urbana, presentar a la Curaduría Municipal los planes que se tengan de construcción, levantamiento de pisos adicionales, entre otros, con el fin de verificar que no violen las normas que aplican para las zonas urbanas.
- Hacer avalar el diseño por alguna otra autoridad competente que rija a la empresa, como el Invima.
- Considerar si es necesario realizar variaciones en la iluminación, puestos de trabajo y establecer nuevas señalizaciones para la seguridad dentro de la planta.
- Si hay actividades de construcción, se debe establecer la menor cantidad de obstáculos posibles como paredes o columnas miras a tener una mayor flexibilidad para siguientes modificaciones.
- Si se requiere el movimiento de maquinaria se debe planear una consulta con el técnico que conoce acerca del funcionamiento específico de las máquinas, con el fin de que haga las indicaciones pertinentes o esté presente el día en que se planea mover los equipos.

Las herramientas que se pueden utilizar en este proceso son:

- Recolección de ideas de las diferentes áreas que participan en el proyecto, a través de reuniones.
- Diagramas de flujo: Diagramar las actividades que se desarrollarán en la ejecución de la redistribución de planta para identificar posibles problemas que puedan afectar la calidad de la nueva distribución de planta, retrasar el proyecto y aumentar sus costos.
- Listas de control de calidad: Desarrollar listas de control para la ejecución de actividades con el fin de controlar que no se omita algún paso.

1.7. Manejo de los riesgos

Figura 5. Manejo de los Riesgos



Fuente: Los Autores

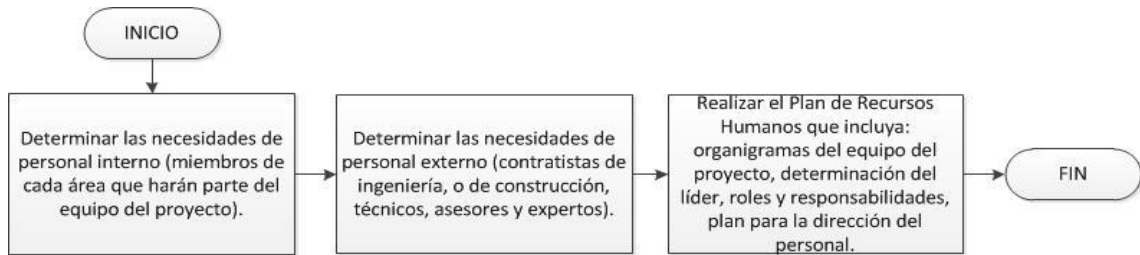
Figura 6. Evaluación Cualitativa de los Riesgos

Probabilidad		Impacto				
		Muy bajo	bajo	Moder.	alto	Muy alto
Muy alta	Mod	alta	alta	alta	alta	
Alta	Baja	Mod	Mod	alta	alta	
Moderada	Baja	mod	mod	Mod	alta	
Baja	Baja	Baja	mod	Mod	alta	
Muy Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	mod	

Fuente: BERNALES, Andrea Stefanie y VIZCARRA, Adolfo Emilio. Gestión de una consultora de SI/TI especializada en microfinancieras y pequeñas mineras. [En línea]. 2011. [Citado Junio 14 de 2012]. Disponible en Internet: http://cybertesis.upc.edu.pe/upc/2011/bernales_za/html/sdx/bernales_za-TH.5.html

1.8. Desarrollar el Plan de Recursos Humanos

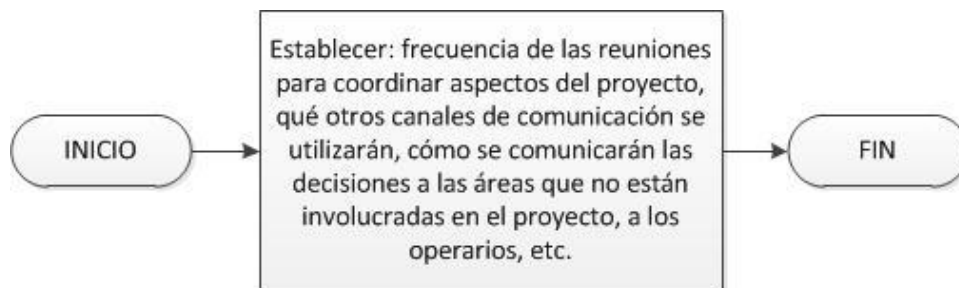
Figura 8. Desarrollo del Plan de Comunicaciones



Fuente: Los Autores

1.9. Comunicaciones

Figura 9. Planeación de las Comunicaciones



Fuente: Los Autores

1.10. Estimar los Costos y establecer el presupuesto

Costos típicos de la implementación de un proyecto de redistribución de planta:

- En el caso de una redistribución de planta con expansión se puede incurrir en costos de adquirir una porción adicional de terreno o de instalaciones.
- Costo de construcción, que incluye el costo del contratista de la obra, es decir de mano de obra y materiales.
- Costos de conexiones eléctricas, de gas, conexiones de alimentación de agua, salida de residuos y tuberías. Principalmente incluye el costo de contratistas en las diferentes áreas de ingeniería que abarca el costo de la mano de obra, de materiales, y la comisión de manejo por parte de la firma externa involucrada.
- Costo de desconectar y conectar de nuevo las máquinas en su nueva ubicación. Principalmente puede traducirse en el costo de mano de obra de los técnicos requeridos para desconectar y reconectar la maquinaria y el los equipos o medios de transporte para moverla.

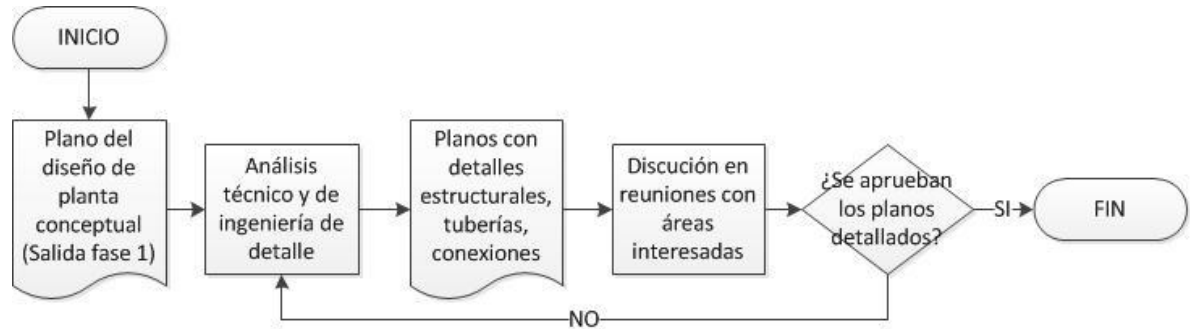
- Costo de firmas externas adicionales que presten algún tipo de asesoría, por ejemplo en el diseño o reorganización de la planta.
- Costo de Benchmarking. Tiene que ver con los costos de enviar personal de la planta a observar otros modelos utilizados por empresas, con el fin de implementar elementos similares.
- Costo de paradas en la producción. Puede aparecer como ventas perdidas o como el costo de las estrategias necesarias para evitar estas pérdidas. Un ejemplo del último caso es el costo de elevar la producción y guardar un mayor nivel de inventario para cubrir la demanda mientras se realiza la redistribución.
- Costo de nuevos equipos para el proceso productivo o para manejo de materiales y costo de mano de obra requerida para la instalación si es el caso. Muchas veces se incurre en el error de creer que el costo del equipo que se tiene en cuenta para valoración económica de proyectos es sólo el de adquisición, y existen otros costos asociados como el de instalación, y beneficios que no se valoran como la tendencia del cliente a preferir el producto de la empresa sobre el de la competencia ya que se cuenta con una mayor tecnología.
- Costo de la utilización de algún software especial para el proceso de redistribución y de implementación de nuevas tecnologías de información.
- Reserva para contingencias. Por lo general los proyectos no cumplen con el presupuesto inicial establecido, ya que siempre ocurren variaciones, por lo que en la práctica se suele dejar un porcentaje para adicional para imprevistos.
- Costo de recortes de personal. Esto suele ir de la mano con los proyectos de redistribución que buscan mejorar la eficiencia de la planta, reducir costos, y aumentar el nivel de tecnificación o automatización.

2. FASE II: GRUPO DE PROCESOS DE ADAPTACIÓN DE LA PLANEACIÓN

2.1. Desarrollo detallado del nuevo diseño de la planta

En la figura 10 se presenta el proceso de establecimiento del nuevo diseño de planta.

Figura 10. Diagrama para desarrollar el nuevo layout



Fuente: Los Autores

Cuando ya se tiene el bosquejo o diseño conceptual de la nueva distribución de planta y la empresa no cuenta con un departamento de ingeniería, una práctica común consiste en que todo lo relacionado con las estructuras, los aspectos técnicos, y la ingeniería de detalle, se le entrega a un contratista o empresa especializada en el tema. Si la empresa cuenta con un departamento de ingeniería bien constituido, puede que no se requiere subcontratar esta parte.

2.2. Adquirir y direccionar el personal del proyecto

En este punto, se requiere entonces adquirir el personal que se encargará de la ejecución del proyecto, es decir de la implementación del diseño en las instalaciones. Éste personal incluye:

- Si hay expansión u otras necesidades de construcción, se requiere un contratista de construcción. Para seleccionar el contratista, lo que más se acostumbra es realizar procesos de licitación.
- Técnicos encargados de desconectar y reconectar la maquinaria.
- Encargados de transportar la maquinaria. En este punto se debe analizar qué equipos o medios se utilizarán para mover o transportar la maquinaria, y si se requiere subcontratación.

Se debe establecer qué personal interno se encargará de controlar y chequear el desempeño durante la ejecución del proyecto. Puede que sea necesario que antes de iniciar con la ejecución del proyecto se realice una reunión que incluya tanto al personal interno, como al externo involucrados en el proyecto, para efectuar un empalme y revisar aspectos importantes.

2.3. Adaptación del presupuesto y el cronograma

En este proceso se deben adaptar el presupuesto y cronograma, de acuerdo con los cambios que generaron los procesos de adaptación de la planeación anteriores al presupuesto y cronograma inicial planteados.

3. FASE III: GRUPO DE PROCESOS DE EJECUCIÓN Y CONTROL

3.1. GRUPO DE PROCESOS DE EJECUCIÓN

En la ejecución del proyecto de redistribución generalmente se realizan los siguientes procesos y actividades.

7. *Preparar la planta para el proceso de redistribución*, lo que incluye las siguientes actividades. Informar a los operarios sobre el proceso, cómo se llevaran a cabo las actividades de redistribución (con parada de la planta o sin parada), y quiénes de ellos estarán involucrados en la redistribución como tal. Aquellos operarios que estén involucrados en el proceso se les coordina una especie de inducción para darles algunas indicaciones. Si se va a llevar a cabo el proceso de redistribución parando la producción, es importante hacer el alistamiento y limpieza de la maquinaria, para evitar que queden residuos de los procesos anteriores.
8. En el caso que se haya construcción, se procede a la *iniciación del cronograma del contratista* que realizará el levantamiento o modificación de la infraestructura. El contratista debe encargarse de hacer las adecuaciones necesarias a la zona para iniciar las labores de construcción. Si la planta continúa en funcionamiento a la misma vez que se realizan las obras, se debe aislar el área de producción. Si hay una parada en la producción, se busca igual evitar el movimiento innecesario de la maquinaria, y protegerla, sin cambiar su ubicación, en la medida de lo posible.
9. Si hubo *compra de maquinaria*, en este punto se debe recibir la misma.
10. *Implementar la nueva organización de las áreas*. En caso de que haya movimiento de la maquinaria existente, y que ésta haya estado funcionando durante la construcción, realizar el alistamiento de la misma (limpieza de residuos del proceso anterior) y apagarla. Luego, mover las máquinas, áreas o entidades a su nueva ubicación.
11. Realizar las respectivas *conexiones de las máquinas*, con el soporte de los técnicos que asesoran a la empresa.
12. *Encender la maquinaria y diversos equipos*, con el fin de verificar que no se haya presentado ningún desajuste.

3.2. GRUPO DE PROCESOS DE CONTROL

Todos los procesos de control van paralelos a los procesos de ejecución.

3.2.1. Dirigir el equipo del proyecto

Es el proceso que consiste en dar seguimiento al desempeño de los miembros del equipo, y al resto del personal interno y externo involucrado en

el proyecto, proporcionar retroalimentación, resolver problemas y gestionar cambios a fin de optimizar el desempeño del proyecto.

3.2.2. Realizar aseguramiento y control de calidad

Implica tener en cuenta las medidas estipuladas en la planeación de la calidad del proyecto. Para ello es importante que haya uno o varios supervisores del equipo del proyecto o de áreas involucradas en el mismo, revisando aspectos como:

- Las actividades de construcción que están siendo realizadas por contratistas.
- El curso y desempeño del proyecto, por ejemplo en cuanto a aspectos técnicos y físicos de las instalaciones, y en cuanto a cumplimiento del diseño establecido.
- El desempeño de los contratistas: los materiales utilizados, las cualidades del personal externo que ha ingresado a la planta, la preparación y el manejo que se le ha dado al movimiento de equipos y máquinas, etc.
- Recomendaciones realizadas por los técnicos acerca de la maquinaria y el movimiento de la misma.
- Correcciones y diferencias de acuerdo con lo planeado.

3.2.3. Verificar el alcance

Cada que se completa o entrega una parte del proyecto, sea la parte civil, la parte de conexiones y tuberías, o la llegada de la maquinaria, etc., se requiere una aprobación y posterior a ello se documenta el proceso.

3.2.4. Controlar el alcance

Se debe monitorear el estado del alcance del proyecto y gestionar cambios a la definición inicial del alcance. Durante la planeación del proyecto pueden surgir algunas ideas o necesidades nuevas sobre la distribución de planta. Cuando esto ocurra dichos cambios deben incorporarse al layout o diseño, y los planos deben modificarse con dichos cambios.

3.2.5. Controlar los costos

Se debe establecer si ha habido o no una variación en los costos y presupuesto del proyecto de redistribución de planta. En el caso en el que se haya presentado un cambio, es importante ver las fuentes de variación sobre la estimación de costos inicial, y buscar la estrategia para controlar dichas fuentes. Adicionalmente será necesario replantear el presupuesto. Posterior a ello, debe informarse a todas las áreas interesadas y se debe presentar un informe para que dicha variación en el presupuesto sea aprobada. Es

importante que este nuevo presupuesto se trate de cumplir y reducir la probabilidad de variación del mismo.

Una técnica utilizada en la dirección de proyectos en general es la Gestión del Valor Ganado. Ésta puede ser útil para el control de costos en un proyecto de redistribución de planta.

3.2.6. Controlar el cronograma

Es el proceso por el que se da seguimiento al estado del proyecto en cuanto al cumplimiento de los plazos de tiempo establecidos, para actualizar el avance del mismo y realizar cambios al cronograma inicial. Normalmente se logra mediante programas como Excel y Project.

3.2.7. Controlar los riesgos

Durante la ejecución del proyecto, se identifican nuevos riesgos y se planea una respuesta rápida a los mismos. Es muy probable que la mayoría de estos riesgos caigan en las categorías establecidas en el proceso de identificación de los riesgos, de la etapa de planeación. Algunas de las estrategias genéricas para responder a dichos riesgos también se establecieron en el proceso planear respuesta a los riesgos, del grupo de procesos de planeación.

4. FASE IV: CIERRE DEL PROYECTO

- En este proceso se finalizan todas las actividades.
- Se realiza una revisión final de la implementación de la nueva distribución de planta para asegurarse que el trabajo esté completo y que se hayan alcanzado los objetivos.
- Se cierran los procesos con los contratistas.
- Se realiza informe final del proyecto de redistribución de planta incluyendo una comparación de lo que se obtuvo con lo que se esperaba obtener que se encuentra en el caso de negocio.
- Se planea la revisión y seguimiento del desempeño de la nueva planta y el nuevo diseño en los siguientes periodos de operación.

ANEXO R. PAPER

Selección de alternativas de redistribución de planta: un enfoque desde las organizaciones

Título en inglés

COLCIENCIAS TIPO 1. ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

RECIBIDO: XXX; ACEPTADO: XXX

Autor 1
e-mail

Autor 2
e-mail

Autor 3
e-mail

Autor 4
e-mail

Filiación Institucional

Resumen

Hoy en día los entornos industriales son altamente cambiantes, por lo que cada vez los proyectos de redistribución de planta son más comunes. Se hace necesario que las modificaciones que se les aplica a los diseños de planta tengan en cuenta la mayor cantidad de factores posible, para evitar que éstos se vuelvan obsoletos en un corto tiempo. Normalmente se ha dado mayor importancia a criterios cuantitativos para evaluar los diseños de planta, pero se considera que también deben incorporarse ciertos criterios cualitativos en dicho análisis. Adicionalmente, para realizar los proyectos de redistribución dentro de las empresas, se requieren métodos prácticos para tener en cuenta lo anterior, de tal forma que se pueda determinar un diseño eficiente sin invertir en ello cantidades de tiempo desmesuradas. Por ello en este artículo se propone una metodología de cuatro pasos para evaluar diferentes alternativas de diseño y seleccionar la mejor entre ellas.

Palabras Clave

PENDIENTE

Abstract

PENDIENTE PARA EDICIÓN POSTARBITRAJE

Keywords

PENDIENTE PARA EDICIÓN POSTARBITRAJE

INTRODUCCIÓN

El problema de distribución de planta (*Facilities Layout Problem, FLP*) consiste en el establecimiento de la organización física de los departamentos, equipos y demás recursos dentro de las instalaciones (Sing y Sharma, 2006; Meller y Gau, 1996). La mayor parte de la literatura se ha enfocado en el objetivo de reducir los costos de manejo de materiales. El enfoque tradicional del problema de distribución de planta es estático, –sólo tiene en cuenta un período u horizonte de planeación– y determinístico– asume demandas, flujos y relaciones constantes–, dos supuestos que, por lo general, no se adaptan a la realidad de las empresas. Ante esta falencia, en los últimos años ha surgido un mayor interés en generar modelos dinámicos (*Dynamic Facilities Layout Problem, DFLP*), que incluyan varios períodos de tiempo y permitan actualizar el diseño de las instalaciones, y modelos estocásticos (*Stochastic Facilities Layout Problem* o SFLP), que consideren la variabilidad de la demanda. Los proyectos de redistribución de planta (*Facilities Relayout Problem, FRLP*) consisten en reorganizar los equipos, departamentos y recursos existentes en la planta, con el fin de mejorar su desempeño. Estos proyectos son muy comunes hoy en día debido a la incertidumbre y los cambios en los entornos industriales, que generan en las empresas la necesidad de cambiar el tipo de sistema productivo, incorporar maquinaria, aumentar su capacidad, reevaluar su personal y las condiciones de trabajo, para lograr ser competitivas (Lahamar & Benjaafar, 2005; Baykasoglu, Dereli & Sabuncu, 2006; Afentakis, Miller, & Solomon, 1990).

Actualmente, para evaluar un diseño de planta se usan principalmente índices cuantitativos de eficiencia operativa. El más común de ellos es el costo de manejo de materiales (Wrennal, 1997; Braglia, Zanoni, & Zanavella, 2005). Benjaafar, Heragu e Irani (2002) proponen otros indicadores de desempeño como el WIP y los tiempos de ciclo. Sin embargo además de estas consideraciones técnicas, se deben mirar otros factores que en la práctica impactan la calidad de una distribución de planta (Ferrari, Pareschi, Persona, y Regattieri, 2003; Salazar, Vargas, Añasco, y Orejuela, 2010).], entre ellos la seguridad industrial (Vijayvargiya, 1994), la congestión (Benjaafar, 2002), la flexibilidad de expansión (Canen y Williamson, 1996), las formas de los departamentos (Ku, Hu, y Wang, 2011) y los cuellos de botella (Sarker y Yu, 1994).

La sección 2, que se presenta a continuación, describe con mayor detalle el problema de redistribución de planta y

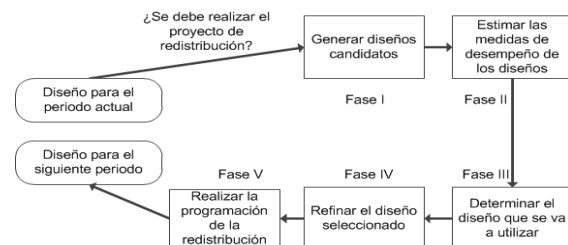
presenta antecedentes relevantes. La sección 3 expone la metodología para evaluar diseños candidatos de redistribución de planta y realizar la selección final. La sección 4 presenta un caso, ejemplo de cómo se realizan estos procesos en las empresas, al que se le adaptan algunas consideraciones de acuerdo con la metodología propuesta. La sección 5 señala las conclusiones obtenidas de la investigación. Finalmente en la sección 6, se proponen campos futuros de investigación para complementar la temática abordada en este artículo.

ANTECEDENTES

Kulturel-Konak, Smith y Norman (2007) plantean los proyectos de redistribución de planta como un caso particular del problema de distribución de planta dinámico, en el que sólo se consideran dos períodos de planeación: el actual y el siguiente. Dentro de estos proyectos, se pueden considerar los modelos existentes del DFLP, para la generación de alternativas de diseño de planta. Kulturel-Konak (2007) caracteriza el problema de planta dinámico y describe heurísticos, meta-heurísticos y enfoques híbridos para resolverlo; Balakishnan, Cheng y Conway (2000) desarrollan un heurístico de intercambio entre pares; Sahin y Türkbey (2009) introducen un heurístico basado en *simulated annealing* y en búsqueda tabú; Udomsakdigool y Bangsaranthip (2010), por su parte, presentan un algoritmo de optimización con colonia de hormigas y programación dinámica.

Meng, Heragu y Zijm (2004) trabajan el FRLP desde una nueva perspectiva, mediante el establecimiento de un plan de cuatro fases para desarrollar e implementar los proyectos de redistribución de planta. A partir del trabajo de Lacksonen y Hung (1996), se incluye una nueva fase (la Fase V). A continuación se presenta la propuesta integrando estos trabajos, detallando cada una de las fases de un proyecto de redistribución de planta y presentando la literatura relevante que se debe considerar para su ejecución.

Figura 1. Enfoque de cinco etapas para la creación y análisis de diseños reconfigurables



Fase I. Genera los diseños de planta que se tendrán como candidatos para el proyecto, a través de métodos cuantitativos y cualitativos. Los diseños también pueden determinarse utilizando un paquete de software existente, la variación de un diseño desarrollado para unas condiciones de producción similares, la experiencia humana o incluso la intuición. En la literatura se encuentran varios modelos para la creación de las alternativas de redistribución. Kulturel-Konak, Smith y Norman (2007) presentan un enfoque de doble objetivo para resolver el problema de redistribución dentro de un área de instalaciones fija o con expansión, en el que se minimizan los costos de manejo de materiales y los costos de reorganización, mediante un meta-heurístico de búsqueda tabú. Driscoll y Sawyer (1985) describen un modelo de simulación para investigar el problema de redistribución. Hicks y Lowan (1976) aplican el algoritmo CRAFT para resolver dicho problema.

Fase II. La segunda etapa para el desarrollo de proyectos de redistribución de planta corresponde a la estimación de medidas de desempeño para cada uno de los diseños. Meng, Heragu y Zijm (2004) proponen medidas determinísticas –como el costo de manejo de materiales– y estocásticas –como el tiempo promedio de espera de los productos y la longitud promedio de la cola–. Ellos definen el *lead time* del producto como la suma de los tiempos de proceso de las máquinas, los tiempos en cola y los tiempos de transferencia entre las máquinas. El WIP es calculado como la suma de la longitud promedio de la cola en todas las máquinas. Finalmente proponen que cada diseño sea evaluado mediante un indicador agregado que consta de la suma del costo de manejo de materiales, el costo de inventario de producto en proceso, el costo o penalidad por demora de producto y el costo de relocalización. Lie Chien Lin y Gunter P. Sharp (1999a, 1999b), tienen en cuenta un conjunto de factores cualitativos y cuantitativos muy completos para abordar el problema de distribución de planta, que puede adaptarse para ser aplicado en las redistribuciones de planta.

Fase III. La decisión final sobre qué diseño utilizar es un problema de análisis de toma de decisiones para lo cual se deben utilizar técnicas multicriterio (e.g. ponderación lineal, utilidad multicriterio, relaciones de sobreclasificación y análisis jerárquico) que permitan involucrar los factores establecidos en la Fase II. . Dependiendo de sus ventajas y desventajas, estas técnicas serán útiles o no para determinado tipo de proyecto de

redistribución de planta.

Fase IV. Para pulir o refinar el diseño escogido se deben realizar modificaciones al mismo, para incluir mejoras al diseño y detalles de ingeniería. Entre estos últimos se incluyen las modificaciones de la infraestructura del edificio; las conexiones a servicios de energía, agua, aire y alcantarillado; y la variación en los sistemas de iluminación, mantenimiento y seguridad (Bozer, Tanchoco, Tompkins, & White, 2009). Resulta útil hacer un análisis de las ventajas de las alternativas que no fueron seleccionadas e incorporarlas dentro del diseño que se va a implementar.

Fase V. Cuando se tenga el nuevo diseño de planta refinado y adaptado, se debe realizar la programación de las actividades de redistribución de la manera más detallada posible. Esto es la planeación de los recursos, la adquisición de maquinaria, y la secuencia y sincronización de actividades relacionadas entre sí, que tienen como fin alcanzar la nueva organización propuesta para la planta (Lacksonen & Hung, 1996). Esta fase es muy importante porque la ejecución de un proyecto de redistribución de planta genera interrupciones en la producción de la planta. El plan del proyecto tiene como objetivo minimizar esa pérdida de productividad, el tiempo de ejecución del proyecto y los costos de mover los equipos y departamentos.

Este artículo se enfoca en las fases de evaluación de candidatos para el diseño de planta (Fase II) y selección de uno de ellos para su implementación (Fase III). Se han encontrado acercamientos al tema a nivel teórico, pero se requiere fortalecer estos procedimientos para darles la importancia y la formalidad que el entorno industrial necesita. Por otro lado, se considera que los factores que se tengan en cuenta en las fases de evaluación de alternativas y selección del diseño, guiarán su implementación y sustentarán su desempeño operativo.

PROPUESTA

El objetivo de la metodología desarrollada en este artículo es seleccionar el mejor diseño de planta para realizar un proyecto de redistribución, dado un conjunto de alternativas de diseño propuestas. Esta metodología se desarrolla en cuatro pasos principales, que se describen a continuación.

Identificar el tipo de proyecto de redistribución de planta que se quiere llevar a cabo en la empresa

Primera Etapa

Para definir los tipos de proyecto de redistribución de planta que existen, se identificaron las causas que pueden generarlos (Vásquez & Rodríguez, 2012). Esto se hizo a través de una revisión bibliográfica del *Problema de Distribución de Planta Dinámico*. Se encontraron artículos que se refieren a las razones por las que un diseño de planta debe lidiar con los ambientes dinámicos y las necesidades específicas que hacen que éste deba cambiar (Suo, 2012). También se obtuvo información mediante la realización de un trabajo de campo, en el que se visitaron empresas de la ciudad de Cali y se entrevistó a sus expertos, con el fin de caracterizar con mayor profundidad el problema de redistribución de planta.

Segunda Etapa

Las causas y necesidades generadoras de los proyectos de redistribución de planta determinadas en la primera etapa fueron organizadas y categorizadas de acuerdo con las relaciones que había entre ellas, las actividades que implicaban dentro del proyecto y los objetivos de interés a los que respondían.

A partir del análisis anterior surgieron las categorías de proyectos de redistribución de planta que se presentan en la Tabla 1. Partiendo de su descripción, el usuario de la metodología debe escoger en este paso, el tipo de proyecto que se va a implementar en la empresa.

Tabla 1. Categorías de proyectos de redistribución de planta

<p>Redistribución para aumentar la capacidad</p> <p>Conserva el mismo sistema productivo, los mismos productos y el tipo de maquinaria, pero implica un aumento de la cantidad de máquinas, o una ampliación de estaciones de trabajo actuales. Se va a generar una redistribución de planta siempre y cuando el hecho de traer nuevas máquinas, o de ampliar las estaciones de trabajo, requiera una reorganización de varias entidades, y no se pueda lograr con solo poner las máquinas en un espacio libre existente, dado que en este último caso no habría una redistribución.</p>
<p>Redistribución para incorporar un cambio al sistema productivo</p> <p>Abarca la introducción de nuevas líneas de productos, de nuevos productos específicamente o de pasos adicionales dentro del proceso, como por ejemplo una nueva etapa de empaque. Las modificaciones anteriores corresponden a cambios del sistema productivo, puesto que varían los procesos y flujos ya establecidos o incorporan unos nuevos.</p>
<p>Redistribución para aumentar eficiencia y reducir costos</p> <p>Implica unos cambios en la localización de los departamentos, pero la estructura general se mantiene. Busca reducir los costos de manejo de materiales y de transporte, mejorar algunas características operativas como el tiempo del proceso, la congestión, los altos inventarios de</p>

producto en proceso y eliminar los flujos cruzados o en reversa. En la búsqueda de una mejora puede ser necesario involucrar a la gran mayoría de departamentos. Corresponde al problema tratado en la mayoría de estudios o desarrollos académicos sobre redistribución de planta.

Redistribución para implementar una filosofía o estrategia empresarial

Este tipo de proyectos tienen unos enfoques mucho más específicos. Un ejemplo consiste en la aplicación de Lean Manufacturing, filosofía que ya tiene unos principios, métodos y prácticas establecidos, y que deben ser aprendidos y aplicados por los precursores del proyecto para lograr adaptar las instalaciones a las características que plantea dicha metodología. Otro objetivo empresarial que podría buscarse es la integración de los proveedores a la planta de la empresa. También puede darse el caso en el que se requiera seguir alguna legislación, estrategia o parámetro establecido por empresas clientas, o por la empresa en conjunto con los proveedores.

Analizar los factores críticos que corresponden al tipo de proyecto seleccionado

Primera Etapa

Para establecer un conjunto de factores, tanto cualitativos como cuantitativos, esenciales para evaluar los diseños de planta, se partió de la teoría mencionada sobre evaluación de disposiciones de planta y del trabajo de campo realizado. Estos factores se clasifican en tres categorías: costos, flujo y entorno, descritas en la Tabla 2.

Tabla 2. Factores para evaluar un diseño de planta durante una redistribución

FACTORES RELACIONADOS CON EL COSTO	
Costos no relacionados con el inventario	
1. Costo Inicial	
1.1 Adquisición de terreno para expansión	
1.2 Construcción	
-Adaptación de servicios	
1.3 Adquisición de la maquinaria de producción	
1.4 Adquisición/adaptación de los equipos de manejo de materiales	
1.5 Costo de reorganizar-movimiento de la maquinaria/departamentos actuales	
-Revisión técnica de la conexión y arranque	
-Transporte de la maquinaria a la nueva ubicación	
1.6 Costo del tiempo que se requiere para iniciar la operación correctamente: la instalación, la capacitación y la depuración	
1.7 Costo de nuevos requerimientos de software.	
1.8 Costo por la sincronización con los programas, el control de inventarios y el papeleo	
2. Costo anual de operación y mantenimiento	
-Mano de obra	
-Utilidad	
-Mantenimiento	
-Costo de manejo de materiales	
3. Indicadores económicos diferentes al costo	
-TIR	
-Periodo de recuperación de la inversión	
-Valor de salvamento futuro	
Costos relacionados con el inventario	
1. Costo de mantener inventario:	
-MP	
-WIP	
-PT	
2. Costo de levantamiento de inventario para paro en la producción	

FACTORES RELACIONADOS CON EL FLUJO	
Relación del Espacio	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Claridad-despeje 2. Suficiencia y utilización del espacio <ul style="list-style-type: none"> -Porcentaje de utilización -Espacios vacíos 3. Forma de la distribución 4. Adyacencia de departamentos 5. Efecto de la distribución en el tiempo del proceso 6. Efecto de la distribución en el tiempo de respuesta al cliente 	
Flujo de Materiales	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pasillo 2. Densidad y volumen/tiempo y distancia 3. Patrones de flujo 4. Cuellos de botella 5. Inventario de producto en proceso 	
Robustez y Flexibilidad	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Robustez de la capacidad del equipo 2. Flexibilidad en volumen 3. Flexibilidad de expansión del edificio 4. Flexibilidad en las rutas 	

FACTORES RELACIONADOS CON EL ENTORNO	
Alrededores	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Condiciones del lugar natural y construcción 2. Acceso de los camiones y patrón de circulación 3. Equipos y métodos de manejo de materiales externo 4. Entorno de la comunidad <ul style="list-style-type: none"> -Impacto de la congestión del tráfico y el ruido -Manejo de los desperdicios y control de la contaminación -Apariencia de características externas o visibles 	
Calidad del Entorno	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Seguridad Industrial <ul style="list-style-type: none"> -Accidentes personal/edificio -Cruces personal/vehículos -Interfaces entre humanos y maquinaria o material -Señalización 2. Conformidad de los trabajadores-servicios relativos al personal <ul style="list-style-type: none"> -Baños, comedores, roperos, oficinas, enfermería -Ruido -Ventilación o calentamiento -Acceso discapacitados -Iluminación -Ergonomía, oficinas y lugar de trabajo 3. Seguridad de la propiedad <ul style="list-style-type: none"> -Fuera del edificio -Dentro del edificio 4. Acceso para mantenimiento <ul style="list-style-type: none"> -Compatibilidad de la construcción del edificio y el equipo de manejo de materiales -Espacio para trabajos de mantenimiento -Ubicación de las actividades de mantenimiento 	

Segunda Etapa

Con los tipos de proyecto de redistribución de planta establecidos y los factores importantes identificados para valorar los nuevos rediseños, se seleccionaron los factores críticos específicos dentro de cada clase de proyecto. A continuación se presentan los factores críticos por tipo de proyecto (Tablas 3, 4 5 y 6), y una lista de factores comunes (Tabla 7).

Tabla 3. Factores críticos para una redistribución de planta de aumento de capacidad

REDISTRIBUCIÓN PARA AUMENTAR DE CAPACIDAD
<ol style="list-style-type: none"> 1. Costo de adquisición de maquinaria de producción 2. Costo de adquisición de equipo de manejo de materiales 3. Flexibilidad en volumen 4. Flexibilidad de expansión del edificio 5. Condiciones del lugar natural 6. Espacios vacíos

Para los proyectos de aumento de capacidad, uno de los factores más críticos es el costo de adquisición de la maquinaria y los equipos de manejo de materiales, pues representan el mayor porcentaje de los costos del proyecto de redistribución. Además, si en el proyecto no se logran

identificar espacios vacíos para ubicar la maquinaria, se requiere analizar las condiciones del lugar y su construcción, para determinar hacia donde se podría implementar una expansión, lo que generaría una obra civil. Es importante evaluar qué tanta flexibilidad tiene el diseño que se está proponiendo y el edificio respecto a futuros cambios, porque esto podría conllevar a más obras civiles y altos costos a corto plazo, que se podrían evitar estableciendo una disposición que tenga facilidad para incorporar modificaciones. Otro factor a considerar es el costo de levantamiento de inventarios requerido, si es necesario parar la producción para implementar el diseño. En la medida en que el diseño permita reducir el tiempo del proyecto, se puede mitigar dicho costo. El tiempo que se requiere para iniciar la operación correctamente, incluye un tiempo en el que puede estar parada la producción y genera un costo similar al anterior. Otros costos para iniciar la operación de forma correcta son los de producto defectuoso inicial. Sin embargo cuando la maquinaria adquirida es del mismo tipo, el impacto no es tan grande, porque se cuenta con experiencia en su manejo. Finalmente, es importante evaluar si el nuevo diseño permite la flexibilidad de volumen que se requiere para los cambios que se están presentando en la compañía, porque esto justifica en gran parte la implementación del proyecto.

Tabla 4. Factores críticos para una redistribución de planta de cambio de sistema productivo

REDISTRIBUCIÓN PARA INCORPORAR CAMBIO AL SISTEMA PRODUCTIVO
<ol style="list-style-type: none"> 1. Costo de adquisición de maquinaria de producción 2. Costo de nuevos requerimientos de software 3. Costo por la sincronización con los programas, el control de inventario y el papeleo 4. Flexibilidad de expansión del edificio 5. Referencias de proyectos/diseños similares 6. Espacios vacíos 7. Cumplimiento de normativas y legislaciones 8. Tiempo del proceso y de respuesta al cliente

En los proyectos que se presentan un cambio productivo hay factores que se mencionaron que deben tenerse en cuenta. Si el proyecto se da por la adquisición de nuevos tipos de máquinas, es necesario identificar los espacios vacíos en las instalaciones para facilitar su ubicación; sin embargo, puede que por el flujo de los productos, dichos espacios no sirvan y se necesite mover toda la distribución actual. Esto puede generar un paro en la producción, por lo que se debe tener en cuenta el costo de levantamiento de inventario; si el cambio del sistema productivo implica un cambio en las especificaciones del producto, la cantidad en inventario es un punto crítico para analizar, ya que tiene la posibilidad de quedar obsoleta cuando entre en funcionamiento el sistema ya modificado.

Sin embargo, el paro en la producción tiende a ser mayor que en el primer tipo de proyecto y el costo del tiempo que se requiere para iniciar de nuevo las operaciones correctamente también es mayor, debido a que involucra una instalación, capacitación sobre nuevos conocimientos, prácticas, y la identificación y corrección de errores al iniciar el funcionamiento del sistema productivo. Por ello puede ser beneficioso analizar qué tan parecido es el diseño que se desea implementar a otros diseños de planta de proyectos exitosos similares en el entorno, para tomarlos como pauta a seguir (*benchmarking*). Además, el cambio en los sistemas productivos se debe incorporar no sólo en los procesos y operaciones, sino también en las tecnologías, el manejo de la información y la documentación, por lo que es importante identificar el impacto que los diseños pueden tener en los costos de nuevos requerimientos de software y de sincronización con los programas.

Tabla 5. Factores críticos para una redistribución de planta de aumento de eficiencia y reducción de costos

REDISTRIBUCIÓN PARA AUMENTAR EFICIENCIA Y REDUCIR COSTOS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Costo de adquisición de equipo de manejo de materiales 2. Costo anual de operación: mano de obra, utilidades, mantenimiento, manejo de materiales 3. Forma de la distribución 4. Adyacencia de departamentos 5. Número y ubicación de pasillos 6. Flexibilidad en las rutas 7. Tiempo de proceso y de respuesta al cliente 8. Densidad y volumen/Tiempo y distancia 9. Equipos de manejo de materiales externo 10. Acceso de vehículos y patrón de circulación 11. Complejidad del equipo de manejo de materiales y su compatibilidad con el edificio.

Los proyectos que tienen como base el aumento de la eficiencia y la reducción de los costos de manejo de materiales, tienden a considerar otros aspectos operativos más específicos para mejorar la distribución actual. Sin embargo, también se debe analizar el impacto de la nueva distribución en el costo de levantamiento de inventario, ya que estos proyectos pueden implicar un paro de la producción total, es decir en todos los departamentos. En este tipo de proyecto, el costo del tiempo que se requiere para iniciar la operación correctamente puede ser menor que en los otros tipos, ya que se cuenta con las mismas máquinas pero se cambia la distribución actual; sin embargo, debe controlarse. Para estos proyectos es fundamental medir el costo anual de operación de la planta para las diferentes alternativas propuestas, porque lo que se busca es mejorar las características operativas y la reducción de costos. El costo de la adquisición de equipo de manejo de materiales también juega un papel importante, ya que al variar la disposición de todos los

departamentos puede requerir cambiar los equipos actuales. Además, para aumentar la eficiencia se debe analizar cuál alternativa tiene una mejor adyacencia de departamentos, mayor flexibilidad en las rutas (es decir que productos iguales puedan seguir diferentes rutas para evitar la congestión) y mayor compatibilidad entre la infraestructura del edificio y el equipo de manejo de materiales. También se debe revisar si el número y la ubicación de los pasillos favorecen un flujo continuo y sin congestión. Por último, se debe pensar no sólo en el interior de la planta sino también en su exterior, y cuál de los diseños impacta favorablemente el manejo de materiales externo y la conexión con el sistema interno.

Tabla 6. Factores críticos para una redistribución de planta de implementación de una estrategia

REDISTRIBUCIÓN PARA IMPLEMENTAR ESTRATEGIA/LEGISLACIÓN
<ol style="list-style-type: none"> 1. Grado de cumplimiento de los principios, características u objetivos de la filosofía/estrategia/legislación 2. Costo de nuevos requerimientos de software 3. Costo por la sincronización con los programas, el control del inventarios y el papeleo 4. Grado en que se tiene en cuenta la seguridad industrial, la ergonomía, el impacto ambiental, y las actividades de apoyo como el mantenimiento y la seguridad del edificio

Para las redistribuciones que surgen por la implementación de alguna legislación, estrategia o filosofía empresarial, el beneficio de un diseño sobre el otro dependerá del grado en que éste cumpla con los principios, objetivos o características que la definen. Por ejemplo, si la filosofía se basa en mejorar las condiciones de los trabajadores, es importante determinar cómo las alternativas que se plantean cumplen con las conformidades de los trabajadores en cuanto a servicios relativos al personal, los lugares de trabajo u oficinas, y su ergonomía. Además, se puede considerar el espacio libre requerido u holguras para el mantenimiento de la maquinaria y su ubicación, pues éstos pueden afectar la salud del operario o ponerlo en riesgo. Por otra parte si la estrategia tiende hacia la corriente ambiental debe analizarse cómo los diseños impactan la congestión del tráfico y el ruido en los alrededores, el manejo de los desperdicios y el control de la contaminación. Además si se requiere parar la producción se incurrirá en el costo de levantamiento de inventario y arranque, como en los proyectos anteriores.

Tabla 7. Factores críticos para todo tipo de redistribución de planta

PARA TODO TIPO DE REDISTRIBUCIÓN
1. Costo de levantamiento para paro en la producción
2. Costo del tiempo que se requiere para iniciar la operación correctamente: la instalación y la depuración
3. Costo de adquisición de terreno
4. Costo de construcción
5. Costo de adaptación de servicios
6. Costo de reorganizar-movimiento de la maquinaria/departamentos
-Revisión técnica de la conexión y arranque
-Transporte de la maquinaria a la nueva ubicación
7. Valor de salvamento futuro
8. TIR
9. Período de recuperación de la inversión
10. Costo de mantener inventario: MP, PP, PT
11. Claridad-despeje
12. Suficiencia y utilización del espacios
13. Patrones de Flujo
14. Conformidad de los trabajadores-servicios relativos al personal
15. Seguridad industrial
16. Seguridad de la propiedad
17. Acceso para mantenimiento

Por último, existen ciertos factores que se deben considerar en todo tipo de proyecto de redistribución. Ahora, depende de cada caso particular, escoger aquellos de mayor interés para la empresa. En todos los tipos de redistribución se puede dar o no una expansión. En el caso que se requiera expandir el área de las instalaciones, entre los factores críticos comunes se tiene el terreno, la construcción y sus costos asociados. Por lo general los proyectos impulsan una adaptación en los servicios de energía, alimentación de agua, gas, residuos, etc., puesto que es posible que en las nuevas ubicaciones de las máquinas no se cuente con las conexiones necesarias. Se debe buscar aprovechar al máximo las conexiones existentes, para reducir costos de adaptación. El costo de reorganizar se refiere principalmente al costo de mover la maquinaria de producción y los equipos de manejo de materiales, y de la reinstalación de los mismos. Posterior a ello se requiere una verificación técnica de las conexiones y la supervisión del arranque, que también generan costos. Por lo general los proyectos de esta magnitud son evaluados económicamente mediante indicadores como la tasa interna de retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión, indicadores que permiten establecer su viabilidad. En cuanto a costos relacionados con el inventario se tienen los de materia prima, productos en proceso y productos terminados. El costo de productos en proceso tiene una alta importancia porque si es elevado se puede deber a cuellos de botella o congestión en las líneas y se busca que la alternativa sea lo más balanceada y menos congestionada posible. La relación del espacio, considera la claridad o despeje, la suficiencia y la utilización del espacio. La claridad o despeje corresponde a la extensión del diseño libre de construcciones y equipos fijos o permanentes que

afectan la efectividad a la hora de realizar la redistribución. La suficiencia del espacio tiene que ver con determinar si existe suficiente espacio disponible para que en el nuevo diseño se puedan desarrollar todas las actividades necesarias, generar la capacidad requerida y atender todas las operaciones del proceso. La utilización del espacio corresponde a un índice cuantitativo del área donde se realizan actividades que agregan valor sobre el área total (sin considerar los espacios libres sino únicamente los ocupados). Este índice está mucho más enfocado en una utilización productiva, que en la ocupación, netamente, del espacio. En cuanto al ámbito del flujo del proceso, se deben tener en cuenta los patrones del flujo que genera cada alternativa y verificar que en lo posible no se presenten flujos cruzados ni contraflujos. Por último, se debe evaluar la flexibilidad para cambios en el volumen, en expansión y en las rutas, que es la habilidad para producir una parte o producto por rutas diferentes o alternativas a través del sistema.

Una vez que se haya identificado el tipo de proyecto de redistribución de planta que se va a implementar, se deben considerar los factores críticos que le corresponden y aquellos factores comunes a todos los tipos de proyecto. De acuerdo con los intereses de la empresa, se requiere seleccionar los factores que se consideren más relevantes para evaluar las alternativas de diseño. Lo anterior se logra mediante reuniones o *workshops* de los interesados o representantes de cada área de la compañía en el equipo del proyecto. Estos factores conformarán un conjunto de características de f_1 hasta f_n , que serán observadas en cada uno de los diseños candidatos.

Evaluar las alternativas de diseño

Existen varias formas de realizar el proceso de evaluación. Se han identificado en la literatura diferentes tipos de evaluación multicriterio que resultan útiles para la toma de decisiones. Entre ellas se encuentran el método de ponderación lineal (*scoring*), las relaciones de sobreclasificación y el análisis jerárquico (Berumen & Llamazares, 2007). El método de ponderación lineal consiste en asignar a cada criterio considerado, un peso, y evaluar los criterios dentro de cada alternativa, con una misma escala. La calificación de la alternativa es la sumaproducto de los pesos y los puntajes de cada criterio. El método de sobreclasificación se enfoca en realizar evaluaciones entre pares de opciones (A y B). Para cada par, puede ocurrir que A supere a B, que B supere a A, o que A y B empaten. La ventaja de este método es que

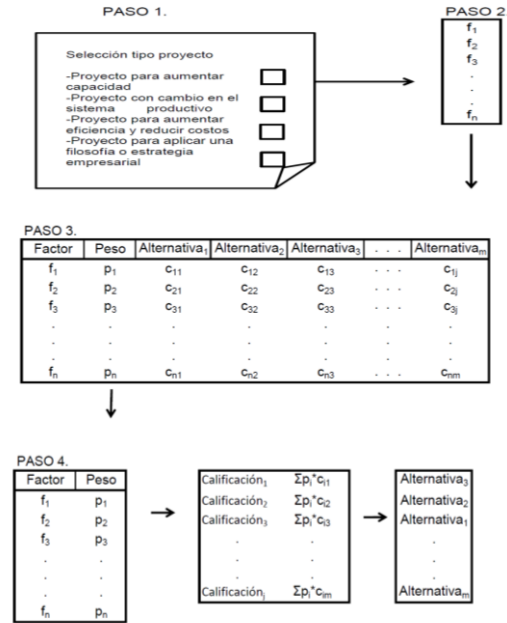
permite una comparación más objetiva, puesto que se revisa cada par de alternativas separadamente. Sin embargo, su desventaja es que si se tienen m alternativas, se tendrán que revisar mC_2 (m combinado 2) parejas. Lo anterior puede llevar a un incremento del tiempo que requiere realizar la evaluación y tomar la decisión. El método de análisis jerárquico consiste en construir una jerarquía en la que se identifique el objetivo de la decisión, los criterios y subcriterios para la evaluación y las alternativas. Luego se determina la importancia de los criterios y subcriterios, se construyen matrices de comparación por pares para cada nivel de criterios y se determina la ponderación de cada subcriterio respecto del anterior. Finalmente se obtiene una matriz de pagos que servirá para evaluar las alternativas. Este método tiende a abarcar mucha información, por lo que puede llegar a ser poco práctico y a confundir a los evaluadores.

La metodología propuesta considera la aplicación del método de ponderación lineal, puesto que se caracteriza por ser práctico, sencillo y puede ser utilizado fácilmente por los gerentes y administradores que dirigen los proyectos de redistribución de planta. Para evaluar las alternativas de diseño, se debe tomar la primera de ellas y definir una calificación para cada uno de los factores. Ésta puede estar en un rango entre 1 y 10, siendo 1 un impacto muy negativo y 10 un impacto muy positivo. Lo anterior se repite para cada alternativa.

Comparar opciones y tomar la decisión de la alternativa de diseño definitiva

Se asigna a cada factor un peso o ponderación dependiendo de la importancia que tenga en el proceso de selección, los procesos operativos y administrativos de la planta y su impacto. Es conveniente que estas ponderaciones sumen 100%. Luego se multiplican los valores o calificaciones de los factores por sus respectivas ponderaciones y se suman los resultados, obteniendo así una calificación total de la alternativa. Esto se repite para cada uno de los diseños siguientes. Por último, se realiza una lista ordenada de las alternativas de diseño y se escoge la que tuvo el mejor desempeño o puntuación. En la Figura 2 se puede observar el esquema general de la metodología.

Figura 2. Esquema general de la metodología



CASO DE ESTUDIO

Hace algunos años, una empresa del sector farmacéutico de la ciudad creó una nueva planta con tres líneas principales de productos: líquidos y cremas, talcos, y efervescentes. Al poco tiempo, la compañía decidió incorporar un nuevo producto perteneciente a la línea de líquidos.

Este producto seguía el mismo proceso dentro de las mismas máquinas existentes en esa línea, pero requería un paso adicional de esterilización que se debía realizar mediante una máquina conocida como autoclave. Para la aprobación de este proyecto se requirió revisar la razonabilidad del periodo de recuperación de la inversión y su contribución al margen de la compañía.

De acuerdo con la clasificación establecida de los tipos de proyectos de redistribución de planta, el hecho de incorporar un nuevo producto, y por ende una nueva clase de máquina, implica un proyecto orientado hacia un cambio en el sistema productivo, ya que se añade un proceso y su patrón de flujo.

Los factores considerados como críticos en un proyecto de redistribución de planta con cambio en el sistema productivo son: los espacios vacíos, el costo de adquisición de la maquinaria de producción, el costo de nuevos requerimientos de software, el costo de la sincronización con los programas y el papeleo, la flexibilidad de expansión del edificio, y las referencias de

proyectos similares exitosos.

El factor espacios vacíos no se utilizó para evaluar las alternativas de diseño, sino para analizar si se requería realizar una expansión. Se encontró que había suficiente área disponible, por lo que no se recurrió a ampliar las instalaciones.

En este caso, el costo de adquisición de maquinaria no hacía parte de los criterios de evaluación de opciones de diseño, puesto que la decisión de incorporar el nuevo producto y la autoclave ya estaba tomada. Por otro lado, no se necesitó la implementación de un nuevo software o un módulo del mismo. Por tratarse de una pequeña variación en el sistema productivo, el costo de sincronización con los programas no cambiaba de una alternativa de diseño a la otra. La flexibilidad de expansión del edificio no se vio afectada por el proyecto de redistribución puesto que no se realizó expansión de las instalaciones y por tanto el espacio libre para futuras modificaciones era el mismo en las diferentes alternativas de diseño.

La empresa tiene como práctica común realizar visitas a otras organizaciones fuera del país para tomar como referencia sus disposiciones de planta. Por ello, el factor relacionado con las referencias de proyectos similares exitosos sí podía diferenciarse entre las alternativas de diseño. En la medida en que un diseño siguiera los parámetros utilizados por la otra empresa, éste recibía una mayor aceptación. Ahora, para la empresa eran fundamentales algunos de los factores comunes aplicables para la evaluación de alternativas en los diferentes tipos de proyectos de redistribución de planta (Ver Tabla 7). Estos eran: el tiempo del proceso, el costo de adaptación de servicios (energía y agua) y el costo de levantamiento de inventario debido al paro en la producción. Los encargados de dirigir el proyecto en la empresa buscaron escoger una alternativa de diseño en la que se ubicara la autoclave en el área que presentara mayor facilidad para conectarla a los servicios, aunque surgiera la necesidad de reubicar otros equipos o estructuras. Adicionalmente, se decidió ubicar la nueva máquina en un sitio medianamente alejado de la línea de líquidos y cremas, con el fin de no tener que parar toda la producción, pero cuidando que el tiempo de proceso no se fuera a incrementar en una gran medida.

CONCLUSIONES

Se ha evidenciado que en el desarrollo de proyectos de redistribución de planta en la práctica, la mayoría de empresas no utilizan ninguna metodología o herramienta para llevar a cabo la evaluación de alternativas de diseño y la selección de aquella que será implementada. Por ello se propone una metodología que sea aplicable en la realidad y que les permita a las empresas mejorar la toma de decisiones relacionadas con sus distribuciones de planta. Esta metodología consta de cuatro pasos y toma como entrada las diferentes alternativas de rediseño que se tienen para el proyecto. En la metodología, se selecciona el tipo de proyecto de redistribución que se va a realizar, se escogen unos factores críticos para valorar las alternativas de diseño y se utiliza un método de ponderación lineal para calificar cada alternativa y escoger la que tenga mejor desempeño.

FUTURAS INVESTIGACIONES

Se requiere una investigación de campo más profunda, a partir de la cual se pueda determinar qué factores son críticos en una redistribución de planta dependiendo del sector industrial al que pertenece la empresa. Además, el trabajo hecho hasta ahora en el tema, se puede mejorar profundizando en metodologías prácticas para desarrollar las fases de generación de alternativas de rediseño (Fase I), refinamiento del diseño escogido (Fase IV), y programación de la redistribución (Fase V).

El plan de cuatro pasos que se propone en este artículo está diseñado para cuando se conoce de antemano que se va a realizar el proyecto de redistribución de planta y aplica para la mayoría de proyectos existentes de este tipo. Sin embargo hay un caso especial, que corresponde al proyecto orientado a mejorar la eficiencia operativa de la planta, en el que se debe introducir una fase adicional (Fase VI), en la que se evalúe económicamente el proyecto para decidir si es viable su implementación.

Por otro lado, sería de gran utilidad generar nuevas formas de evaluación multicriterio que sean más eficientes, que reduzcan la subjetividad de los evaluadores, pero que no sean tan complejas para su aplicación en la práctica.

REFERENCIAS

- Afentakis, P., Miller, R.A., Solomon, M.M. (1990). Dynamic layout strategies for flexible manufacturing systems. *International Journal of Production Research*, 28(2), 311-323.

- Balakrishnan, J., Cheng, Ch-H., & Conway, D.G. An improved pair-wise exchange heuristic for the dynamic plant layout problem. (2000). *International Journal of Production Research*, 38(13), 3067-3077.
- Baykasoglu, A., Dereli, T., & Sabuncu, I. (2006). An ant colony algorithm for solving budget constrained and unconstrained dynamic facility layout problems. *Omega: The International Journal of Management Science*, 34, 385-396.
- Benjaafar, S. (2002). Modeling and Analysis of Congestion in the Design of Facility. *Management Science*, 48, 679-704
- Benjaafar, S., Heragu, S., & Irani, S.A. (2002). Next Generation Factory Layouts: Research Challenges and Recent Progress. *Interfaces*, 32(6), 58-76.
- Berumen, S.A. & Llamazares, F. (2007). La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente. *Cuadernos de Administración*, 20(34), 65-87.
- Bozer, Y.A., Tanchoco, J.M.A., Tompkins, J.A. y White, J.A. (2009). Planeación de instalaciones [3a ed.] México D.F: Cengage Learning
- Braglia, M., Zaroni, S., & Zavanella, L. (2005). Layout design in dynamic environments: analytical issues. *International Transactions in Operational Research*, 12, 1-19.
- Canen, A. y Williamson, G. (1996). Facility layout overview: towards competitive advantage. *Facilities*, 14(10/11), 5-10.
- Driscoll, J. y Sawyer, J.H.F. (1985). A computer model for investigating the layout of batch production areas. *International Journal of Production Research*, 23(4), 783-794.
- Ferrari, E., Pareschi, A., Persona, A., & Regattieri, A. (2003). Plant Layout Computerized Design and Relayout Program (LRP). *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21, 917-922.
- Hicks, P. & Lowan, T. (1976). CRAFT-M for layout re-arrangement. *Industrial Engineering*, 8(5), 30-35.
- Ku, M-Y. y Hu, M., y Wang, M-J (2011). Simulated annealing based parallel genetic algorithm for facility layout problem. *International Journal of Production Research*, 49(6), 1801-1812.
- Kulturel-Konak, S., Smith, A.E. & Norman, B.A. (2007). Bi-objective facility expansion and relayout considering monuments. *IIE Transactions*, 39, 747-761.
- Kulturel-Konak, S. (2007). Approaches to uncertainties in facility layout problems: Perspectives at the beginning of the 21st Century. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 18, 273-284.
- Lacksonen, T.A. & Hung, Ch-Y. (1996). Project scheduling algorithms for re-layout projects. *IIE Transactions*, 30, 91-99.
- Lahamar, M. & Benjaafar, S. (2005). Design of distributed layouts. *IIE Transactions*, 37, 303-318.
- Lin, L-Ch., & Sharp, GP. (1999a). Quantitative and qualitative indices for the plant layout evaluation problem. *European Journal of Operational Research*, 116, 100-117.
- Lin, L-Ch. & Sharp, GP. (1999b). Application of the integrated framework for the plant layout evaluation problem. *European Journal of Operational Research*, 116, 118-138.
- Meller, R. & Gau, K-Y. (1996). The facility layout problem: recent and emerging trends and perspectives. *Journal of Manufacturing Systems*, 15(5), 351-356.
- Meng, G., Heragu, S.S., & Zijm, H. (2004). Reconfigurable Layout Problem. *International Journal of Production Research*, 42(22), 4709-4729.
- Sahin, R. & Türkbey, O. (2009). A new hybrid tabu-simulated annealing heuristic for the dynamic facility layout problem. *International Journal of Production Research*, 47(24), 6855-6873.
- Salazar, AF., Vargas, LC., Añasco, CE., & Orejuela, JP. (2010). Propuesta de distribución en planta bietapa en ambientes de manufactura flexible mediante el proceso analítico jerárquico. *Revista EIA*, 14, 161-175.
- Sarker, B.R, y Yu, J. (1994). A two-phase procedure for duplicating bottleneck machines in a linear layout, cellular manufacturing system. *International Journal of Production Research*, 32(9), 2049-2066.
- Sing, SP. & Sharma, R.R.K. (2006). A review of different approaches to facility layout problems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 30, 425-433.
- Suo, X. (2012). Facility Layout, Manufacturing System [en línea], Faieza Abdul Aziz (Ed.), ISBN: 978-953-51-0530-5, InTech, Recuperado de <http://www.intechopen.com/books/manufacturing-system/facility-layout>
- Udomsakdigool, A. y Bangsaranthip, S. (2010). Combining ant colony optimization and dynamic programming for solving a dynamic facility layout problem. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 64, 523-527
- Vásquez, L. & Rodríguez, M.A. (2012) *Guía para la Realización de Proyectos de Redistribución de Planta en Cali* [Proyecto de Grado]. Universidad Icesi: Cali, Colombia.
- Vijayvargiya, MC. (1994). *Developing a mathematical model for scheduling re-layout projects* [Tesis de maestría]. The Ohio University: Columbus, OH
- WRENNAL, William. (1997). Facilities Planning and Design: A Foundation of the BPR Pyramid. *Industrial Management*, 39(4), 7-11