

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial
Departamento de Ingeniería Industrial



Trabajo de Diploma

Proyecto de distribución en planta en la empresa
LABIOFAM Villa Clara

Autor: Ernesto Javier Valdés Pila

Tutor: Dr. C. Ing. Roberto Cespón Castro

Santa Clara, 2016

Pensamiento

La paradoja de nuestro tiempo es que tenemos (...), carreteras más anchas y puntos de vista más estrechos. Gastamos más, pero tenemos menos. Compramos más, pero disfrutamos menos. Tenemos casas más grandes y familias más chicas. Tenemos más grados académicos, pero menos sentido común. Hemos aprendido a ganarnos la vida, pero no a vivir. Añadimos años a nuestras vidas, pero no calidad de vida a nuestros años. Hemos hecho grandes cosas, pero no por ello mejores.

George Carlin, comediante (1937-2008).

Dedicatoria

*A mi familia, en especial,
a mi hija Lauren, por ser la razón de mi vida.*

Agradecimientos

A mis padres, Liset y Roberto, por entregarme su amor y hacerme saber que puedo contar siempre con ellos, sin importar la distancia que la vida nos ha impuesto.

A mis abuelos Jorge y Milagros por criarme, educarme y preocuparse en darme lo mejor, en especial a mi abuela, por ser tan sacrificada conmigo, por sobreprotegerme, malcriarme y hacerme sentir que nunca me faltó nada.

A mi mujer Aylen, por el amor y el apoyo incondicional, fuente de inspiración para seguir a adelante.

A mi familia en Placetas: Idia, Leonigildo, Noe, Mildre y Randy, su honradez, dedicación, humildad constituye un ejemplo y me hacen proponerme ser una mejor persona.

A las estupendas personas con las que mis padres comparten su vida: Daniela y Néstor, por su atención, preocupación y la ternura que me han obsequiado sin esperar nada a cambio.

A mis suegros Marisol y Berty por su cariño y hacerme sentir como si fuera un hijo más.

A mi tutor, Roberto Cespón, por aceptarme, asesorarme y ayudarme a crecer profesionalmente.

A todos mis amigos, compañeros de aula, de año y de cuarto, en especial, a Lisandra, Nidia, Patricia y Yoanni, junto a ustedes los peores momentos se voluían buenos recuerdos.

A los profesores del Departamento de Ingeniería Industrial y los trabajadores de la Empresa LABIOFAM VC.

A todos los que de una forma u otra influyeron en el desarrollo de este trabajo de diploma y en mi formación en general.

A todos Muchas Gracias

Resumen

RESUMEN

El presente trabajo de diploma se realizó en la Planta de Productos Químicos de la empresa LABIOFAM Villa Clara, con el propósito de rediseñar la distribución en planta actual, aplicando y adecuando el procedimiento propuesto por Woithe & Hernández Pérez (1986a). Para el logro de este objetivo se elaboró un marco teórico referencial basado en el análisis bibliográfico en el que se abordan los aspectos fundamentales relacionados con el contenido objeto de estudio.

Durante el desarrollo de la investigación, se implementaron los cuatro primeros pasos de esta metodología, enfocados en el análisis de la distribución actual, para determinar las necesidades de recursos humanos, tecnológicos y materiales del nuevo contexto y en función de esto, proponer variantes de distribución. Para garantizar esta etapa se emplearon técnicas como el diagrama de flujos, diagrama OPERIN, entrevistas con el personal de la entidad, tormenta de ideas, observación directa, herramientas de diseño y análisis de documentos de la empresa. Los principales resultados del estudio demuestran que en la Planta se subutilizan las capacidades tecnológicas instaladas y la fuerza laboral, además se proponen dos variantes para su redistribución utilizando el software Microsoft Visio TM 2013.

Summary

SUMMARY

This paper was performed in the Plant of Chemicals Products of the LABIOFAM Company from Villa Clara, with the purpose to reorganize the plant layout current, applying and adapting the procedure proposed by Woithe & Hernandez Perez (1986a). For the achievement this objective a theorist frame was elaborated based on the bibliographical analysis approaching the fundamental aspects related with the study object.

During the development of the research, the first four steps of this methodology were implemented, focused to the analysis of the current distribution, to determine the necessities of human resources, technological and materials in the new context and in function of this, to propose distribution variants. To guarantee this stage was used techniques as the diagram of flows, diagram OPERIN, interviews with the staff, brainstorming, direct observation, design tools and the review of the organization's documents. The main results of the study proved that in the Plant the installed technological capacities and the labor force, were not used adequately, beside two variants are proposed to its redistribution using the software Microsoft Visio TM 2013.

Índice

ÍNDICE	pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1. Introducción	4
1.2. Distribución en planta	4
1.2.1 Naturaleza de los problemas de distribución en planta	7
1.2.2 Objetivos de la distribución en planta.....	9
1.2.3 Principios de la distribución en planta	11
1.2.4 Factores que influyen en la selección de la distribución en planta	12
1.3. Tipos de distribución en planta	12
1.3.1 Distribución por posición fija o por proyecto	14
1.3.2 Distribución por proceso o por función	14
1.3.3 Distribución en cadena, en serie, en línea o por producto.....	15
1.3.4 Distribución celular o en grupo.....	15
1.4. Aproximaciones metodológicas y métodos para resolver el problema de Distribución en Planta.....	15
1.4.1 Aproximaciones del FLP	16
1.4.2 Métodos de resolución.....	20
1.5. Producción de detergentes a nivel mundial.....	24
1.5.1. Producción de detergentes en Cuba.....	25
1.6. Conclusiones parciales	27
CAPÍTULO II. APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO SELECCIONADO PARA LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA EN LA EMPRESA OBJETO DE ESTUDIO.	28
2.1 Introducción	28
2.2 Caracterización de la Empresa LABIOFAM Villa Clara	28
2.3 Caracterización de la Planta de Productos Químicos.....	29
2.4 Descripción del procedimiento para la distribución de la Planta de Productos Químicos.....	31
2.4.1. Paso 1. Análisis del sistema	32
2.4.2. Paso 2. Concepción del sistema.....	38
2.4.3. Paso 3. Factores que determinan la distribución en planta	38
2.4.4. Paso 4. Integración del sistema	55

2.4.5. Paso 5. Ejecución del sistema	56
2.4.6. Paso 6. Análisis de funciones del sistema	56
2.5 Conclusiones parciales	56
CONCLUSIONES GENERALES.....	58
RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA.....	
ANEXOS.....	

Introducción

INTRODUCCIÓN

En muchas industrias, es ya difícil asegurar una ventaja frente a la competencia. Los materiales, las maquinarias y los métodos de distribución, han llegado a ser más, y más estandarizados. Por ello, la alta dirección debe asegurar, todos los elementos que afecten al costo y los márgenes de beneficio, siendo uno de ellos la distribución en planta (Muther, 1970).

En situaciones como estas, Diego Más (2006) plantea que: “las empresas manufactureras tratan de adaptar sus procesos de fabricación implementando sistemas flexibles que permitan hacer frente a la incertidumbre que esta situación genera. Lograr la eficiencia y la flexibilidad demandada pasa necesariamente por una correcta ordenación de los medios productivos que permita, no sólo hacer frente con éxito en las situaciones actuales, sino también, a posibles escenarios futuros”.

Además, es bien conocido que hoy día, las plantas industriales deben ser capaces de responder rápidamente a los cambios en la demanda, los volúmenes de producción y la variedad de productos. Según Page (1991); citado en Drira, et al. (2007), informa que como promedio, el 40% de las ventas de las compañías corresponden a nuevos productos. Sin embargo, la variedad de productos modifica el flujo de producción, afectando así la distribución. Por otra parte Gupta & Seifoddini (1990); citado en Drira, et al. (2007) declaran que un tercio de las compañías de EE.UU sufren grandes reorganizaciones de sus instalaciones productivas cada dos años.

Cuba, con una economía dependiente de sus relaciones económicas externas, no ha estado exenta de los impactos de la crisis económica mundial, que se han manifestado en la inestabilidad de los precios de los productos que intercambia, las variaciones en la demanda de sus mercancías y servicios de exportación, así como en mayores restricciones en las posibilidades de obtención de financiamiento externo. Durante el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba fue discutido y aprobado el proyecto final de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, para actualizar el modelo económico cubano con el objetivo de garantizar la continuidad e irreversibilidad del Socialismo, el desarrollo económico del país y la elevación del nivel de vida de la población (PCC, 2011).

En el marco del período de implementación del nuevo modelo económico urge priorizar el crecimiento y la diversificación de exportaciones y la sustitución de importaciones, diseñando programas y medidas especiales para apoyarlos. Estas nuevas medidas buscan, entre otros aspectos, potenciar el desarrollo de las fuerzas productivas e incrementar las capacidades del sistema empresarial, específicamente en la industria farmacéutica, como se pone de manifiesto

en el lineamiento **221**: “consolidar la industria farmacéutica y biotecnológica como una de las actividades de mayor capacidad exportadora de la economía, e incorporar nuevos productos al mercado nacional para sustituir importaciones” (PCC, 2011).

Impulsado por la necesidad surgida en la década de los años 60, en cuanto al desabastecimiento de vacunas y medicamentos, surge la industria cubana de vacunas y medicamentos veterinarios que en su evolución se ha convertido en el Grupo Empresarial LABIOFAM. El Grupo abarca un elevado rango de dicha rama industrial en el país, con una calidad y experiencia que la hacen altamente valoradas, tanto en la Isla como fuera ella.

Con un portafolio de productos que no se limita solo a productos veterinarios, esta organización, ha diversificado sus productos en función de las necesidades del país, incluyendo productos de higiene y limpieza para el hogar, productos naturales, homeopáticos, bioplágidas y envases de plásticos. Actualmente, garantiza el 98% del consumo nacional de medicamentos veterinarios. Se trata de una labor de gran importancia que contribuye decisivamente a la sustitución de importaciones y que, asimismo, implica un importante nicho para el ingreso de divisas, tan necesarias para la economía nacional.

La Empresa LABIOFAM Villa Clara, pertenece al Grupo Empresarial LABIOFAM y se subordina al Ministerio de la Agricultura (MINAG). Los planes de producción de detergentes destinados a esta sucursal en 2016, disminuyeron significativamente en la cantidad de surtidos, a la vez, que aumentaron sus volúmenes de producción, en correspondencia con la estrategia de ventas adoptada por el Grupo Empresarial para el próximo quinquenio, lo que genera incertidumbre en si la entidad cuenta con las capacidades necesarias de recursos humanos, tecnológicos y materiales para afrontar la producción de manera eficiente. Además, la planta de Productos Químicos donde se elaboran dichas producciones no fue el resultado de un proyecto, sino de sistemáticas incorporaciones de equipos e instalaciones en la medida en que la demanda y la variedad de productos crecía. Ambos aspectos, se relacionan con la distribución espacial de la planta y constituyen la **situación problemática** de la presente investigación.

Dada la situación problemática planteada anteriormente, se define como **problema de investigación** del presente trabajo: ¿Cómo realizar una propuesta de Distribución en Planta que satisfaga el plan de producción y le garantice flexibilidad a la planta de Productos Químicos de la Empresa LABIOFAM Villa Clara? Para dar respuesta al problema de investigación y desarrollar de forma organizada el presente estudio se plantea como objetivo general:

Realizar un proyecto de distribución espacial para la Planta de Productos Químicos de la empresa LABIOFAM Villa Clara.

Este objetivo se puede desglosar en los objetivos específicos siguientes:

1. Analizar, a partir de la revisión bibliográfica de la literatura nacional e internacional, los conceptos, enfoques y métodos sobre Distribución en Planta, que sirvan de base teórica para la investigación.
2. Diagnosticar la situación de la distribución espacial de la Planta de Productos Químicos de la empresa LABIOFAM Villa Clara.
3. Aplicar una metodología en la realización de la propuesta de Distribución en Planta en la organización objeto de estudio.

Para su presentación, la investigación se estructura de la forma siguiente: una Introducción, donde se aborda la importancia que tiene para la empresa el tema abordado en las circunstancias actuales del país; Capítulo I, que contiene el análisis sobre las principales concepciones teóricas del tema tratado y se selecciona la metodología a emplear; Capítulo II, en el que se diagnostica y aplica la metodología para realizar la distribución en planta de la organización estudiada, un conjunto de Conclusiones y Recomendaciones y finalmente la Bibliografía consultada y varios Anexos como complemento a los resultados expuestos.

La investigación posee valor práctico, que radica en la factibilidad de poder contribuir a la entidad para ser más eficientes y generar las capacidades de recursos humanos, tecnológicos y materiales necesarios para afrontar la producción de detergentes y tributar al desarrollo de la economía nacional. Dispone además de valor social, por la alta demanda que existe en el mercado nacional de productos de higiene y limpieza del hogar, específicamente del detergente, mientras que su valor teórico, se refleja esencialmente en la revisión bibliográfica realizada.

Capítulo 1.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

Este capítulo contiene los conceptos y métodos fundamentales vinculados con la distribución en planta, así como con el objeto de estudio práctico: la producción de detergentes. Para su mejor desarrollo fue definido el hilo conductor que se muestra en la Figura. 1.1.

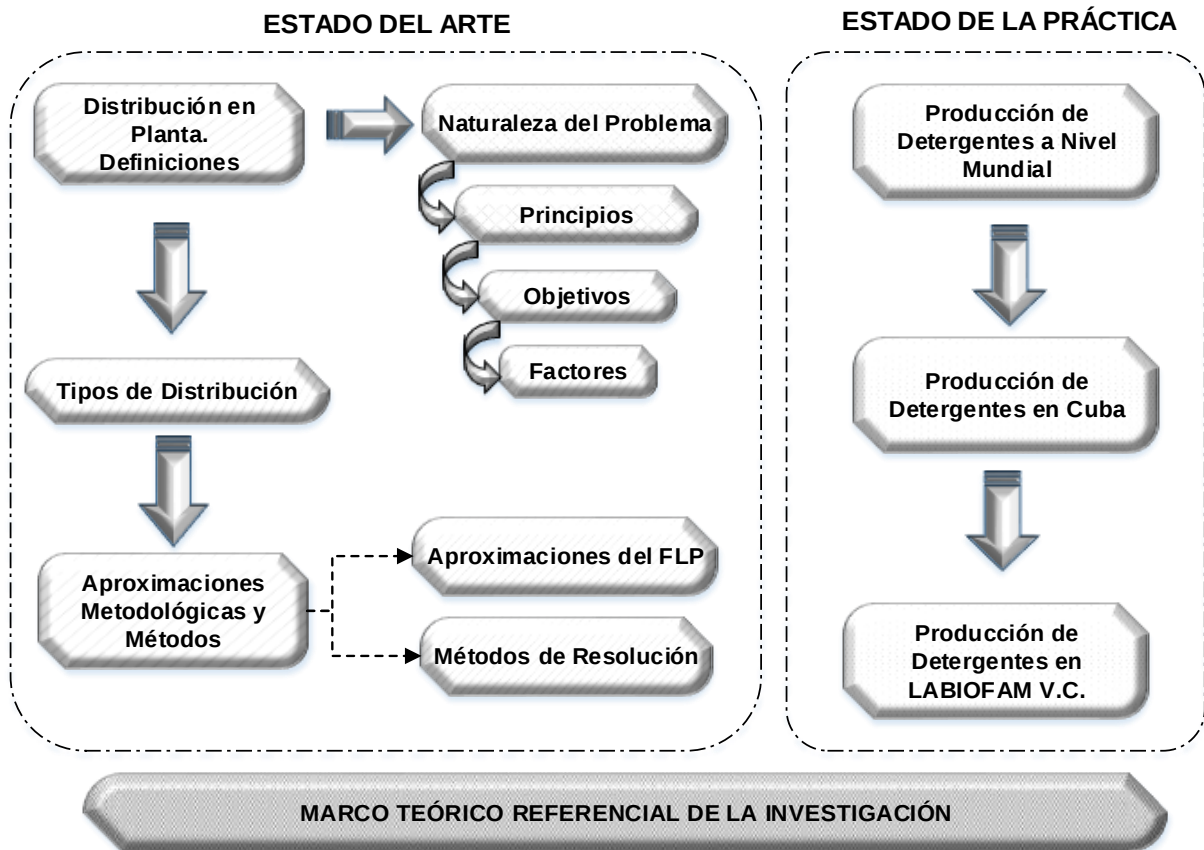


Figura: 1.1. Hilo conductor del marco teórico referencial de la investigación. Fuente: elaboración propia mediante el software Microsoft Visio™ 2013.

1.2. Distribución en planta

La toma de decisiones en la administración de las operaciones puede agruparse en tres niveles básicos de decisión (Gaither & Frazier, 2000): decisiones estratégicas, tácticas y operativas; las decisiones estratégicas son decisiones respecto a los productos, procesos e instalaciones, y afectan las estrategias de las operaciones y el plan de acción a largo plazo de la empresa. Una de las funciones básicas de la administración de operaciones, que constituye una decisión estratégica, es la distribución en planta (DP) o *plant layout*, como también se le conoce en la bibliografía internacional.

La revisión bibliográfica sobre el tema ofrece diferentes definiciones de distribución en planta o problema de la distribución en planta procedente del inglés *Facility Layout Problem* (FLP), que difieren únicamente en aspectos particulares del mismo. A continuación se muestran varias de estas definiciones, a partir de las cuales se analizará su progreso conceptual (**Tabla 1.1**).

Tabla 1.1: Definiciones de Distribución en Planta según varios autores.

Definiciones de Distribución en Planta
La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller (Muther, 1970).
Proceso de determinación de la mejor ordenación de los factores disponibles, de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible (Domínguez Machuca, et al., 1995).
El problema de la distribución en planta consiste en determinar la distribución más eficiente de un número de departamentos indivisibles con requerimientos de área desigual en el interior de una instalación (Meller & Gau, 1996).
Disposición física de las instalaciones significa planear la ubicación de todas las máquinas, servicios, estaciones de trabajo de los empleados, áreas de servicio a los clientes, áreas de almacenamiento de los materiales, pasillos, servicios sanitarios comedores, bebederos, paredes internas, oficinas y salas de computadoras, así como los patrones de flujo de los materiales y de las personas alrededor, hacia dentro y en el interior de los edificios (Gaither & Frazier, 2000).
Las decisiones de <i>layout</i> buscan determinar la mejor ubicación de la maquinaria, en entornos de producción, de despachos y mesas de trabajo y demás mobiliario, en entornos de oficinas, o de centros de servicio, en entornos como hospitales o grandes almacenes. Un <i>layout</i> eficaz facilita el flujo de materiales, personas e información dentro de cada área y entre ellas (Heizer & Render, 2007).
La distribución en planta consiste en la colocación física de los recursos, así como el equipamiento y los medios de almacenamientos. La distribución se diseña para facilitar el flujo eficiente de los clientes y los materiales, a través de la producción y/o del servicio (Greasley, 2008; Porter, 2009).
Las decisiones relativas a la distribución entrañan determinar dónde se colocarán los departamentos, los grupos de trabajo de los departamentos, las estaciones de trabajo y

los puntos donde se guardan las existencias dentro de una instalación productiva. El objetivo es ordenar estos elementos de manera que se garantice el flujo continuo del trabajo, en una fábrica, o un patrón de tránsito dado, en una organización de servicios (Chase, et al., 2009).

La distribución en planta se refiere a la organización física de los factores y elementos industriales que participan en el proceso productivo de la empresa, en la distribución de los espacios y determinación de la ubicación de los distintos departamentos que hacen parte de la planta (Mejia, et al., 2011).

Distribución en planta es el ordenamiento sistemático y funcional de los diferentes departamentos, las máquinas, el equipamiento y los servicios en la industria productiva. Es esencial tener una distribución en planta bien desarrollada para todos los recursos disponibles de manera óptima y sacar el máximo de la capacidad de la instalación (Monga & Khurana, 2015).

Fuente: elaboración propia a partir de varios autores.

En las definiciones mostradas anteriormente, prevalecen una serie de ideas que denotan cierta evolución en el contexto de esta materia. Primeramente, Muther (1970), considerado como uno de los autores clásicos en esta temática, entiende la DP como la ordenación física de los elementos industriales, elementos en los que incluye los espacios necesarios para que opere cualquier sistema productivo y/o de servicio, el personal y el equipamiento necesario para lograr este fin, lo más significativo es que esta ordenación puede ser ya practicada o en proyecto, lo que indica que la DP es una de las actividades a planificar en cada nuevo proyecto de una nueva instalación o en el rediseño de una existente.

Si se analizan las definiciones citadas posteriormente, y tomando como base la de Muther, la gran mayoría, aborda en síntesis la necesidad de ordenar, planificar, ubicar o colocar los recursos necesarios para ofrecer un determinado producto y/o servicio. Las principales diferencias entre unas y otras se muestran a continuación:

- Domínguez Machuca, et al. (1995) entiende la DP como un proceso, capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible.
- Meller & Gau (1996) denominan las necesidades de áreas como un número de departamentos indivisibles con requerimientos de área desigual en el interior de una instalación.

- Otros autores como Gaither & Frazier (2000); Heizer & Render (2007); Greasley (2008); Chase, et al. (2009); Porter (2009), concuerdan con una tendencia que se enfoca en garantizar el flujo de los materiales y de los clientes, ya sean internos o externos.
- Por último, en Monga & Khurana (2015), se evidencia otra de los destellos más significativos: la sistematicidad de la DP, mostrando el enfoque dinámico del FLP de modo que garantice el máximo aprovechamiento de la capacidad productiva de la instalación.

Como se ha dicho, aunque las diferentes definiciones tienen puntos distantes, es común visualizar el sentido práctico que se le confiere y el carácter necesario, sistemático, complejo y funcional que debe cumplir la distribución, por lo que el autor de esta investigación concuerda plenamente con Monga & Khurana (2015), por su carácter sistemático y funcional, dependiendo de la situación en que se encuentre, lo que la hace conceptualizarla con un alto grado de flexibilidad, para así aprovechar al máximo y de manera eficiente las capacidades de la instalación.

1.2.1 Naturaleza de los problemas de distribución en planta

Por lo general, la distribución en planta de la mayoría de las instalaciones, nace con el proyecto inicial y son diseñadas teniendo en cuenta las especificidades que deben cumplir; sin embargo, con el paso de los años, no son pocas las modificaciones que tienen que afrontar las organizaciones para mantener sus cuotas en un mercado cada vez más globalizado, y que hacen replantearse nuevamente el diseño de su ya distorsionada distribución inicial. Es por ello, que se hace necesario entender los motivos que pueden llevar a una empresa rediseñar sus instalaciones.

Según Muther (1970), existen cuatro clases para definir la naturaleza de los problemas de distribución en planta:

- 1. Proyecto de una planta completamente nueva:** este caso de distribución en planta se suele dar solamente cuando la compañía inicia un nuevo tipo de producción o la fabricación de un nuevo producto, o cuando se expansiona o traslada a una nueva área.
- 2. Expansión o traslado a una planta ya existente:** en este caso, los edificios y servicios, limitan la libertad de acción del ingeniero de distribución. El problema consiste en adaptar el producto, los elementos, y el personal de una organización ya existente, a una planta distinta que también ya existe.
- 3. Reordenación de una distribución ya existente:** es también una buena ocasión para adoptar métodos y equipos nuevos y eficientes. El ingeniero debe tratar de conseguir que su

distribución sea un conjunto integrado. También, en este caso se ve limitado por unas dimensiones ya existentes del edificio, por su forma, y por las instalaciones en servicio. El problema consiste en usar el máximo de elementos ya existentes, compatible con los nuevos planes y métodos. Este problema es frecuente sobre todo con ocasión de cambios de estilo o de modelo de productos o con motivo de modernización del equipo de producción.

4. Ajustes menores en distribuciones ya existentes: este problema se presenta principalmente, cuando varían las condiciones de operación. En este caso, el ingeniero de distribución, debe introducir diversas mejoras en una ordenación ya existente, sin cambiar el plan de distribución de conjunto, y con un mínimo de costosas interrupciones o ajustes en la instalación.

Por otra parte, Domínguez Machuca, et al. (1995) y Monga & Khurana (2015) reflexionan en tres aspectos que puede llevar al traste el rediseño de una instalación:

- En **el volumen de producción**, que puede requerir un mayor aprovechamiento del espacio, por aumentar el número de equipos, por tener que dedicar menos superficie a los ya existentes o por un cambio en las necesidades de almacenamiento.
- En **la tecnología** y en **los procesos**, que pueden motivar un cambio en los recorridos de materiales y hombres, así como en la disposición relativa de equipos e instalaciones.
- En **el producto**, que puede hacer necesarias modificaciones similares a las requeridas por un cambio en la tecnología.

Para simplificar la toma de decisiones, Diego Más (2006) a partir de Moore y coincidiendo con la cuatro clases planteadas por Muther (1970) que condicionan la naturaleza de los problemas de distribución en planta, esboza un esquema donde establece ocho causas frecuentes, asociándolas a cada una de estas clases mediante un efecto de ocurrencia (Figura 1.2).

Por otra parte, Drira, et al. (2007), mediante una exhaustiva revisión bibliográfica aborda que la dirección del problema en los trabajos de investigación difieren y dependen de factores relacionados con las características de los talleres, que incluyen a: la variedad y el volumen de los productos, las dimensiones y formas de los departamentos, el sistema de manipulación de materiales, la cantidad de niveles de las instalaciones, los *Backtracking* y *Bypassing* o retrocesos y saltos de departamentos en una línea de producción y; la localización de los puntos de recogida y entrega de materiales.

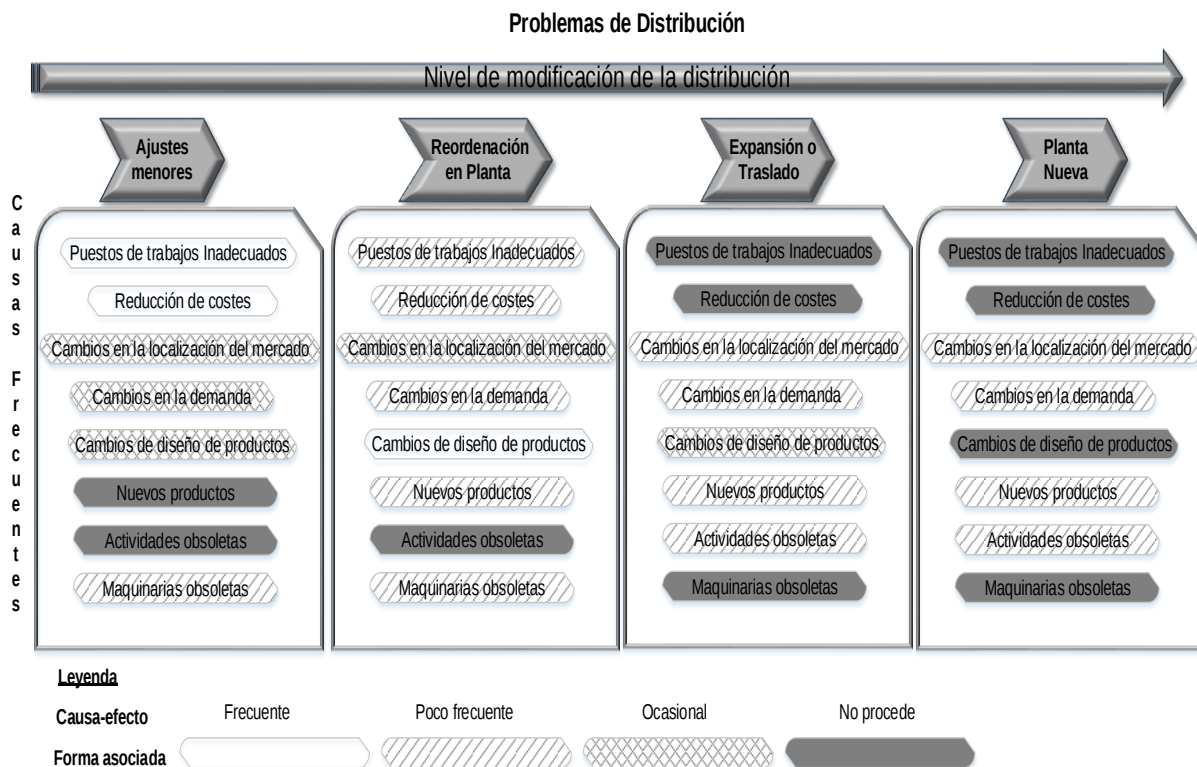


Figura 1.2. Tipos de problemas de distribución y causas más frecuentes. Fuente: adaptado de (Diego Más, 2006)

Luego de presenciar las posibles circunstancias que afectan directamente la distribución en planta y las posibles estrategias para solucionarlas, es provechoso reconocer los objetivos a las que puede estar alineada la disposición de una instalación. Así pues, para llevar a cabo una adecuada distribución en planta ha de tenerse en cuenta cuáles son los objetivos estratégicos y tácticos que aquélla habrá de apoyar, así como los posibles conflictos que pueden surgir entre ellos (Domínguez Machuca, et al., 1995).

1.2.2 Objetivos de la distribución en planta

Cada día que pasa, las organizaciones están más enfocadas en cumplir sus objetivos, como estrategia para satisfacer su objeto social en el mundo empresarial, y es misión de la administración de las operaciones establecer sus propios objetivos alineados a cada una de sus funciones básicas, entorno a los niveles de decisión que en ella se acometen. De acuerdo con esto, se gestionará aquella ordenación más eficiente del sistema productivo de forma que logre un producto y/o servicio capaz de satisfacer las necesidades de los clientes a un costo, que al venderlo, genere un margen de beneficio superior a la competencia.

Muther (1970) considera que las ventajas de una buena distribución en planta se traducen en la reducción de los costes de fabricación, por lo que plantea los siguientes objetivos: reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores, elevación de la moral y la satisfacción del obrero, incremento de la producción, disminución de los retrasos en la producción, ahorro de área ocupada –áreas de producción, de almacenamiento y de servicio–, reducción del manejo de materiales, mayor utilización de la maquinaria, de la mano de obra y/o de los servicios, reducción del material en proceso, reducción del tiempo de fabricación, reducción del trabajo administrativo y del trabajo indirecto en general, logro de una supervisión más fácil y mejor, disminución de la congestión y confusión, disminución del riesgo para el material o su calidad y mayor facilidad de ajuste a los cambios de condiciones.

Este propio autor expone de una forma práctica los objetivos básicos en una distribución en planta, y los enumera de la forma siguiente:

1. Integración conjunta de todos los factores que afecten la distribución.
2. Movimiento del material según distancias mínimas.
3. Circulación del trabajo a través de la planta.
4. Utilización efectiva de todo el espacio.
5. Satisfacción y seguridad de los trabajadores.
6. Flexibilidad de ordenación para facilitar cualquier reajuste.

Otros autores como Domínguez Machuca, et al. (1995); Shim & Siegel (1999); Gaither & Frazier (2000); Heizer & Render (2007); Krajewski, et al. (2008); Kumar & Suresh (2009); Monga & Khurana (2015), establecen listas de objetivos similares a los expuestos, con tendencia a sintetizarlos en aquellos que son más influyentes sobre los demás, al obtener una distribución económicamente más eficaz; siempre considerando el tipo de instalación: almacenes, tiendas mayoristas, oficinas, hospitales e industrias.

En la actualidad, autores como Heizer & Render (2007); Krajewski, et al. (2008); Monga & Khurana (2015) centran sus prioridades en principios como: facilitar el flujo de información, materiales y personas; la seguridad y satisfacción de los empleados, y la flexibilidad de la distribución. Este último objetivo es de suma importancia para las organizaciones, según Heizer & Render (2007) en un mundo con ciclos de vida de los productos cada vez más cortos, y con una mayor demanda de personalización en masa, los diseños del *layout* tienen que concebirse de manera dinámica. Diego Más (2006), enuncia algunos de estas eventualidades: descubrimientos científicos, mejoras en las comunicaciones, avances en la tecnología, mejoras

en los procesos productivos, variaciones en las legislaciones medioambiental o laboral, demandas de nuevas tipología de productos, etc.

1.2.3 Principios de la distribución en planta

En el subepígrafe anterior fueron tratados los objetivos que deben cumplir la distribución en planta según diversos autores. Según Muther (1970), Naresh Roy (2005) y Kumar & Suresh (2009), estos objetivos pueden sintetizarse y expresarse en forma de principios, con el propósito de establecer estrategias que conlleven a encontrar la mejor solución al problema de la distribución en planta.

I. **Principio de la integración de conjunto:** la mejor distribución es la que integra a los operarios, los materiales, la maquinaria, las actividades, así como cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.

II. **Principio de la mínima distancia recorrida:** en igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se tratan, o montan los materiales.

III. **Principio de la circulación o flujo de materiales:** en igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se tratan, elaboran, o montan los materiales. En Kumar & Suresh (2009) y Kassir (2015) se desglosa este principio en dos y trabaja el término de circulación como manipulación o *handling*.

IV. **Principio del espacio cúbico:** la economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical, como en horizontal.

V. **Principio de la satisfacción y de la seguridad:** en igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los operarios, los materiales y la maquinaria.

VI. **Principio de flexibilidad:** en igualdad de condiciones, siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos inconvenientes.

Al analizar los principios expuestos por Muther, Diego Más (2006) considera que son la base para determinar los objetivos a cumplir durante la definición de la distribución en planta, y para medir el grado en que se ha logrado alcanzar dichos objetivos. Sin embargo, este propio autor, llama la atención, sobre lo anticuados que pueden llegar a ser con la introducción de nuevos conceptos en los procesos de fabricación.

1.2.4 Factores que influyen en la selección de la distribución en planta

Según, Domínguez Machuca, et al. (1995) la influencia e importancia relativa de los factores que influyen en la distribución en planta, pueden variar con cada organización y situación concreta; en cualquier caso, la solución adoptada para la distribución en planta debe conseguir un equilibrio entre las características y consideraciones de todos los factores, de forma que se obtengan las máximas ventajas. Estos factores son agrupados en ocho grupos, en coincidencia en la forma de desglosarlos para varios autores consultados en la bibliografía Muther (1970); Domínguez Machuca, et al. (1995); Monga & Khurana (2015). La lista que se presenta a continuación fue tomada de Muther (1970).

1. Factor Material, incluyendo diseño, variedad, cantidad, operaciones necesarias y secuencias.
2. Factor Maquinaria, abarcando equipo de producción y herramientas, y su utilización.
3. Factor Hombre, involucrando la supervisión y los servicios auxiliares, al mismo tiempo que la mano de obra directa.
4. Factor Movimiento, englobando transporte inter o intradepartamental, así como manejo en las diversas operaciones, almacenamientos e inspecciones.
5. Factor Espera, incluyendo los almacenamientos temporales y permanentes así como las esperas.
6. Factor Servicio, cubriendo el mantenimiento, inspección, control de desperdicios, programación y lanzamiento.
7. Factor Edificio, comprendiendo los elementos y particularidades interiores y exteriores del mismo, así como la distribución y equipo de las instalaciones.
8. Factor Cambio, teniendo en cuenta la versatilidad, flexibilidad y expansión.

Cada uno de estos factores se subdivide en un grupo de elementos y consideraciones que deben ser valorados, dándole a cada uno su importancia relativa dentro del grupo. La solución a cualquier problema de distribución se considera una relación multifactorial entre los diferentes factores y los objetivos de toda buena distribución.

1.3. Tipos de distribución en planta

De lo dicho hasta ahora puede deducirse fácilmente que, los tipos de distribución en planta son el resultado del análisis de un conjunto de situaciones de compromiso, integradas por los objetivos que persigue la empresa, los principios en que se basan para afrontarlos, la naturaleza de los problemas de distribución y los factores que influyen en esta. Autores como

Muther (1970) y Diego Más (2006) inician su análisis comprendiendo, primeramente, en que consiste la producción.

Para Muther (1970), la producción es el resultado de un conjunto de hombres, materiales y maquinarias, incluyendo utillaje y equipos, actuando bajo alguna forma de dirección. Los hombres trabajan sobre cierta clase de material con ayuda de la maquinaria. Cambian la forma o características del material, o le añaden otros materiales distintos, para convertirlos en un producto. Deben tener en cuenta que al menos uno de los tres elementos deben moverse. Este autor, recalca la importancia del movimiento de los medios de producción dentro del proceso productivo, como factor que determinan los tipos de distribución y enuncia siete modos posibles de relacionarlos (**Anexo 1**). Analizando estas posibles combinaciones, en cuanto al tipo de movimiento de los medios de producción, surgen los tres tipos clásicos de distribución en planta: distribución por posición fija o por proyecto, distribución por proceso o funciones y distribución en cadena, en serie, en línea o por producto.

Sin embargo, este no es el único factor que influye en los tipos de distribución. Es por ello, que Muther (1970) y Diego Más (2006), consideran también el papel protagónico del material en todo proceso productivo, para desagregarlo en tres variantes de operaciones fundamentales. Según el juicio de este último autor, estas clases son:

- **Elaboración o fabricación:** las operaciones van encaminadas a cambiar la forma de material inicial para obtener el producto final. Ejemplo: inyección de plásticos y embutición de metales.
- **Tratamiento:** para obtener el producto final las operaciones transforman las características del material de partida. Ejemplo: transformación de acero, fabricación de grana de plástico.
- **Montaje:** para obtener el producto final, las operaciones unen unas piezas a otras, materiales sobre las piezas o sobre un material inicial o base. Ejemplos: elaboración de calzado o montaje de automóviles.

Aunque todos los autores consultados en la bibliografía están de acuerdo con los tipos clásicos de distribución en planta, existen desacuerdos en cuanto a las tipologías empleadas. Autores como: Domínguez Machuca, et al. (1995), Gaither & Frazier (2000), Diego Más (2006), Heizer & Render (2007), Greasley (2008), Kumar & Suresh (2009) y Monga & Khurana (2015), hacen referencia a una cuarta clase llamada “distribución celular”, en la que se organizan las maquinarias y los equipos para centrarse en la producción de un único producto o grupo de productos relacionados. Chase, et al. (2009) la identifica como “celda de manufactura” y otros

autores como: Krajewski, et al. (2008) y Porter (2009), entienden esta cuarta categoría como “distribuciones híbridas” o “distribuciones combinadas”.

Según Shim & Siegel (1999) y Kumar & Suresh (2009), el objetivo de este tipo de clase es obtener una distribución que combine los rasgos de las distribuciones clásicas de modo que garanticen un objetivo especial. Un ejemplo, es en las instalaciones que realizan operaciones de fabricación y ensamblaje. Para Naresh Roy (2005) y Heizer & Render (2007), existen otros tipos de distribución en planta como la “distribución de oficina”, en la que sitúan los empleados, sus equipos y espacios/despachos para favorecer el flujo de información; y la “distribución de almacenes” en la que se busca un equilibrio entre necesidades de espacio y manipulación de materiales. En esta investigación, se hará solo énfasis en las tipologías más difundidas en la bibliografía, entendiéndose: *distribución por posición fija o por proyecto; distribución por proceso o por función; distribución en cadena, en serie, en línea o por producto y distribución celular.*

1.3.1 Distribución por posición fija o por proyecto

Este tipo de distribución es recomendada cuando el material base o el componente principal que forma al producto final, no se desplaza por la instalación, dadas las características que posee, como su peso, tamaño, volumen, etc. Los trabajadores, equipos, las maquinarias y demás recursos necesarios en la producción se trasladan a los puntos de operación. Se producen pocas unidades al mismo tiempo, por lo que se requiere poca especialización, pero gran habilidad y obreros calificados. Esta variante suele ser utilizada comúnmente en la fabricación de barcos, aviones, en la fabricación motores de grandes dimensiones y en la construcción de obras públicas.

1.3.2 Distribución por proceso o por función

En este tipo de distribución, el personal y los equipos que realizan una misma función se agrupan en un área en común, denominada “taller”, por donde transita el material en función de la secuencia requerida para cada producto. En estos casos, la producción se organiza por lotes, debido a la amplia gama de productos que requieren pasar por los mismos talleres y el relativamente pequeño volumen de producción de cada uno. También, se emplea cuando los equipos y maquinarias necesarios para la producción son costosos y sumamente restringidos en cuanto al movimiento, por lo que en este tipo de distribución la cuestión es localizar los talleres de modo que el flujo entre ellos sea óptimo.

1.3.3 Distribución en cadena, en serie, en línea o por producto

En este caso, y a diferencia del anterior, se agrupan las maquinarias y los equipos necesarios para la fabricación de una variedad de producto en una misma área, siguiendo la secuencia de actividades requeridas. El producto es quien recorre la línea de producción desde una estación de trabajo a otra. Este tipo de distribución es muy utilizada en la producción de grandes volúmenes de productos estandarizados como en los procesos de embotellamiento, montaje de automóviles y envasados. También, es recomendada cuando la demanda es constante y el suministro de materiales continuo.

1.3.4 Distribución celular o en grupo

Este tipo de distribución, se basa en aprovechar la flexibilidad de las disposiciones por proceso y la eficiencia de las distribuciones por producto. Consiste en la formación de células de trabajo en las que se agrupan las máquinas, equipos y trabajadores que realizan un conjunto de operaciones sobre un producto o grupos de estos. Los productos en la célula de trabajo pueden ser productos finales, componentes del producto final o de otros componentes. La distribución interna de las células puede ser por proceso, por producto o la combinación de ambas, aunque la más utilizada es la distribución por producto. Las principales ventajas y desventajas de los tipos de distribución abordados se pueden encontrar en el **Anexo 2**.

1.4. Aproximaciones metodológicas y métodos para resolver el problema de Distribución en Planta

Las primeras aproximaciones metodológicas orientadas a resolver el problema de Distribución en Planta (FLP) se hallan en la década de los años 50 del pasado siglo, entre las que sobresalen el método de Immer en 1950 y el Análisis Secuencial o *Sequence Analysis* de Buffa en 1955. En el año 1961, Richard Muther presenta el método de Planeación Sistemática de la Distribución o (*Systematic Layout Planning*, SLP). Este último, es el más difundido en la literatura, porque incorpora el flujo de materiales y es común para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta, independientemente de su naturaleza: plantas industriales, hospitales, oficinas, locales comerciales, etc. (Del Río, et al., 2003). Por otra parte, los métodos inmediatamente posteriores al SLP, entiéndase: el método de Reed, 1961; el *Ideal System Approach* de Nalder, 1965 y el de Apple, son en muchos casos variantes de éste, más o menos ampliadas (Diego Más, 2006).

En un principio, la estrategia, pretendía conformar una distribución en planta a largo plazo que evitara modificaciones o redistribuciones que representaran importantes costos, no sólo

económicos sino también temporales, o bien, distribuciones fácilmente adaptables a las variaciones en la demanda del producto fabricado o de los procesos productivos (Diego Más, 2006). Además, es bien conocido que hoy día, las plantas industriales deben ser capaces de responder rápidamente a los cambios en la demanda, los volúmenes de producción y la variedad de productos.

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 (Rivera, et al., 2012). Debido a esta problemática surge dos nuevos enfoques, primero el modelo *Dynamic Facility Layout Problem* (DFLP), introducido por Rosenblatt (1986), donde existen varios períodos de tiempo y se consideran una serie de distribuciones, cada una asociada a un período en específico. Un segundo modelo, desarrollado por Rosenbalatt y Kropp introduce el término de *Stochastic Facilities Layout Problem* (SFLP), donde las demandas, los flujos y las relaciones entre los departamentos no son deterministas (Meller & Gau, 1996).

En la literatura existen diversas taxonomías para desarrollar FLP. Las más abundantes se realizan por la manera de formular el problema y por los métodos utilizados para darle solución (Drira, et al., 2007); o por el carácter de la función objetivo, la forma de generar la solución y por la técnica empleada en ubicar las actividades (Del Río, et al., 2003); o por la dimensionalidad del dominio de ubicación: modelos topológicos, lineales, bidimensionales o tridimensionales (Diego Más, 2006). En este trabajo se seguirá el enfoque planteado por Drira, et al. (2007) y se incluirán otros enfoques que sobresalen por su trascendencia.

1.4.1 Aproximaciones del FLP

1.4.1.1. Planeación Sistemática de la Distribución (SLP)

Este método constituye un procedimiento sistemático multicriterio, relativamente simple y pertenece a los métodos cualitativos empleados en la literatura para resolver FLP de diversas índoles. Consiste en un conjunto de fases y técnicas, que permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos. Para desarrollar esta metodología existen cinco elementos fundamentales que forman la base de todo problema de distribución: producto (P), cantidad (Q), recorrido (R), servicios (S) y tiempo (T). Según Gómez Figueroa, et al. (2008), la metodología propuesta por Muther se basa en siete fases para desarrollar el procedimiento:

1. Análisis Producto-Cantidad.

2. Análisis del recorrido de los productos.
3. Análisis de las relaciones entre actividades.
4. Desarrollo del diagrama relacional de actividades.
5. Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios.
6. Desarrollo del diagrama relacional de espacios.
7. Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto y selección de la mejor distribución.

Retomando a Del Río, et al. (2003), la amplia aceptación de este procedimiento, y la extensión que los tres modelos de distribuciones básicas han tenido, ha sido la causa de que no haya habido posteriores investigaciones de relieve en este contexto. Esto no es indicativo de que el problema de la implantación haya perdido interés en el ámbito de la ingeniería, sino todo lo contrario. Los numerosos estudios posteriores, se han centrado en los dos pasos fundamentales del procedimiento: la generación y síntesis de alternativas, a través de los métodos de generación de *layouts*, y la evaluación y selección de las mismas, por medio del estudio de las técnicas para la optimización de las soluciones (Del Río, et al., 2003).

1.4.1.2. Teoría de Gráficos

La aplicación de la teoría de gráficos como variante de resolución al problema de distribución en planta se asume que la adyacencia deseada entre pares de departamentos es conocida, además el área y la forma de los departamentos son ignoradas, al comienzo, por lo que cada uno se representa con un nodo en una gráfica. Las relaciones de adyacencia de los departamentos son representadas en un arco que conecta los dos departamentos adyacentes (nodos) en el gráfico (Meller & Gau, 1996). Para desarrollar una distribución por medio de esta aproximación se debe seguir tres pasos según (Hassan & Hogg, 1987):

1. Desarrollar una gráfica de adyacencia basada en las relaciones entre departamentos.
2. Construir la gráfica dual de la gráfica de adyacencias: representar departamentos como regiones adyacentes límites específicos.
3. Convertir la gráfica dual a una distribución de bloque, determinando los departamentos con formas regulares y áreas específicas.

La distribución se modela como un grafo plano en el cual los vértices representan las instalaciones, plantas o departamentos, y los extremos representan las adyacencias. El peso en el extremo representa el costo o beneficio de tener dos instalaciones adyacentes. El modelo que se trata de resolver es un arreglo que minimice o maximice el costo o el beneficio total, respectivamente (Martínez González, 2002).

1.4.1.3. Problema de Asignación Cuadrático (QAP)

Koopmans y Beckmann en 1957 fueron los primeros en modelar los FLP de área igual como un problema de asignación cuadrático (*Quadratic Assignment Problem*, QAP), donde se minimiza los costos del manejo de materiales, que causa ubicar cada una de las máquinas en cada una de las localizaciones posibles (Leyva, et al., 2013). Además, Singh & Sharma (2006) considera que otros de sus objetivos pueden ser minimizar el tiempo, la distancia de recorrido y los flujos. La solución de un FLP mediante la aplicación QAP es considerado por su complejidad como un NP-completo según Meller & Gau (1996); Singh & Sharma (2006); Chandratre & Nandurkar (2011), por lo que obtener una solución óptima y en tiempo computacional razonable depende de la cantidad de departamento a localizar.

Dependiendo de la manera en que el problema se formula, ya sea, discreto o continuo, las formulaciones encontradas en la literatura se pueden llevar a cabo mediante QAP o Programación Entera Mixta (Drira, et al., 2007). Las técnicas que formulan el problema de la distribución de instalaciones bajo modelos discretos, parten de una subdivisión del área de planta en una rejilla de cuadrículas de igual área (Leyva, et al., 2013).

1.4.1.4. Programación Entera Mixta (MIP)

El problema de programación entera mixta (*Mixed Integer Programming*, MIP) fue introducido por Montreuil en 1990, donde todas las instalaciones son ubicadas en un lugar dentro del sitio designado para ello y no debe haber solapamiento entre ellas. Las instalaciones en la planta son localizadas por las coordenadas de sus centroides y sus dimensiones o por las coordenadas de su punto inferior izquierdo y sus dimensiones (Drira, et al., 2007). El objetivo de MIP es minimizar también los flujos por distancias así como se proponía en el QAP, la diferencia es que el MIP no supone tamaños iguales de departamentos, y tampoco supone ubicaciones predeterminadas. Se tienen el número y la representación rectangular de los departamentos y se ubican a lo largo de un plano, dependiendo de lo simplificada o compleja que sea la formulación seleccionada se puede tomar la ubicación en el plano como una variable discreta y entera, o se pueden tomar valores continuos, algunos de estos factores se deciden teniendo en cuenta el tamaño de la planta, y el número de departamentos a distribuir (Gómez Segura, 2012).

1.4.1.5. Procedimiento para la proyección de fábricas

Este procedimiento fue desarrollado por los autores Woithe & Hernández Pérez (1986a) como un desarrollo de lo planteado por Woithe y Schimigalla, y constituye una lógica a seguir en la

proyección de instalaciones. Esta metodología está orientada al dimensionamiento de los elementos del sistema y al acoplamiento racional de su estructura interna para el cumplimiento de su función, de forma tal, que posibilite una relación entre el propio sistema y su exterior. El mismo, se divide en seis pasos fundamentales. El paso 1 representa un grupo de operaciones propias de la proyección. Los pasos 2, 3 y 4, reflejan el contenido típico de un proyecto, el 5 y 6, se vinculan con la realización, puesta en marcha y prueba del sistema proyectado. Una de las cualidades de este procedimiento son los fundamentos matemáticos que posee, que respaldan los análisis cualitativos durante la proyección; además, aborda los aspectos elementales y característicos de esta materia específicamente en Cuba.

1.4.1.6. Otras Aproximaciones

- **Redes Neuronales Artificiales (RNA)**

Las RNA pueden considerarse como un grupo de elementos de procesamiento interconectados jerárquicamente, basados en el funcionamiento de su análogo biológico, que aprende, evoluciona y resuelve distintos tipos de problemáticas (Castillo Villegas, 2007). Las RNA es uno de los modelos utilizados para formular el FLP, ya sea estático o dinámico, pues tiene la capacidad de relacionar los diferentes elementos involucrados en él. Generalmente, es usado para sugerir soluciones al FLP, aunque recientemente un sistema de expertos basado en un RNA fue implementado para la construcción de una distribución en planta en un sistema de manufactura como método de resolución de dicho problema (Drira, et al., 2007). Varias investigaciones se han centrado íntegramente en resolver el FLP utilizando esta aproximación, tal son los casos de Martínez González (2002) y Castillo Villegas (2007).

- **Modelos multi- objetivo**

En la mayoría de formulaciones, el objetivo principal está en minimizar la función relacionada al recorrido de las partes, el costo total de manipulación de materiales, el tiempo de recorrido, la distancia recorrida, etc. Algunos especialistas consideran más sensato considerar más que solo un objetivo, por lo que proponen utilizar combinaciones lineales de los diferentes objetivos o combinarlos en uno solo por medio de la metodología Proceso de Jerarquía Analítica o (*Analytic Hierarchy Process*, ANP) (Drira, et al., 2007). En algunos casos, este tipo de formulación puede ser más realista que los métodos mencionados previamente, ya que tiene en cuenta múltiples factores, la mayoría de los problemas formulados de este tipo tienen la forma del QAP, u otros pero tomando varios factores respecto al flujo o costo de manejo de materiales. La gran

diferencia radica en la modificación que se produce al introducir varios posibles objetivos (Gómez Segura, 2012).

De manera general, son diversos los enfoques que mediante la aplicación de un modelo en específico propone agrupar la inmensidad de factores y escenarios para diseñar una buena distribución. La mayoría de las aproximaciones tratadas, pueden ser utilizadas en los casos de DFLP, teniendo en cuenta diversas especificidades, como por ejemplo el QAP, en el que se requiere determinar los costos de rediseñar la distribución en cada horizonte de planeación.

1.4.2 Métodos de resolución

En la literatura existen gran variedad de métodos, herramientas y técnicas para darle solución a los problemas de distribución en planta. En el artículo de Drira, et al. (2007) propone desglosarlos en métodos exactos y métodos aproximados, donde se incluyen la heurística y la metaheurísticas.

1.4.2.1 Métodos Exactos

Estos métodos tratan de obtener la mejor solución global al problema. Son aplicados fundamentalmente a formulaciones del problema como QAP o bien mediante teoría de gráficos. En general, las actividades tienen igual área y las posiciones de asignación están fijadas a priori. Algunos de estos métodos son estrictamente enumerativos, es decir, tratan de evaluar todas las posibles soluciones al problema, lo cual, dado el carácter complejo del mismo, los hacen absolutamente ineficientes y poco operativos para problemas de cierta envergadura. Además de estos métodos enumerativos, los destacables en este grupo son los algoritmos de *Branch & Bound* o ramificación y acotación, los algoritmos de planos de corte y combinaciones de estos dos, por ejemplo *Branch & Curt* o ramificación y corte (Diego Más, 2006). Otros de los métodos exactos utilizados es la Programación Dinámica, esta busca reducir el tiempo de ejecución de un algoritmo mediante la utilización de subproblemas superpuestos y subestructuras óptimas.

Branch & Bound

La idea general es dividir el problema en partes manejables. Si las soluciones de los casos más pequeños se obtienen de forma sencilla, entonces la solución del problema original puede ser obtenida por medio de una combinación de dichas soluciones. Si los casos más pequeños continúan siendo muy difíciles de resolver, entonces pueden ser divididos en instancias aún más pequeñas. Este proceso recursivo continúa hasta que los problemas derivados son tan pequeños que fácilmente se puede obtener una solución (Guerrero Ayala, 2010).

Planos de Corte

El primer autor en aplicar algoritmos de planos de corte o *Cutting Plane Algorithms* fue Gomory, haciéndolo sobre problemas modelados como de MIP. En el ámbito de la distribución en planta comienza a finales de la década de los 70 del pasado siglo. En un problema de optimización lineal con muchas restricciones, el procedimiento consiste en calcular la solución óptima para un pequeño subconjunto de ellas denominado Relajación de las Restricciones. Encontrado dicho óptimo, si es posible localizar las restricciones que son cumplidas por el problema original, pero incumplidas por la solución del problema “relajado”, se dice que esas restricciones son planos de corte del campo de soluciones del problema. Estas restricciones pueden ser añadidas al problema “relajado”, de manera que se “recorta” el campo de soluciones aproximándolo al del problema original. El procedimiento se repite hasta que el óptimo del problema relajado cumple con las restricciones del problema original. (Diego Más, 2006).

1.4.2.2 Métodos Aproximados

La inmensa mayoría de los FLP son sumamente complejos y no existen algoritmos que proporcionen una solución óptima en un tiempo razonable. Esto, ha provocado que la tendencia en los métodos de resolución de dicho problema, evolucionen hacia procedimiento heurísticos que facilitan soluciones aceptables en menos tiempo. Estos métodos aproximados pueden dividirse, según Drira, et al. (2007), en tres grupos: métodos heurísticos, metaheurísticos y métodos híbridos, a su vez los primeros se pueden agrupar en métodos constructivos y de mejora. En Zanakis y otros se define la heurística como procedimientos simples, a menudo basados en el sentido común, que tienden a ofrecer una buena solución, aunque no necesariamente la óptima, a problemas difíciles, de un modo fácil y rápido (Leyva, et al., 2013).

Métodos Heurísticos Constructivos

De manera general los métodos constructivos generan las distribuciones escogiendo una tras otra las actividades a distribuir, y colocándolas en determinadas posiciones del dominio de ubicación. Algunos de estos métodos se muestran a continuación:

- **ALDEP** (acrónimo de *Automated Layout Design Problem*) fue presentado por Seehof y Evans en 1967. Esencialmente actúa colocando las actividades secuencialmente en el dominio siguiendo una curva de llenado de espacios que puede seguir trayectorias diversas: comenzando por cualquier esquina de la planta, zigzagueando vertical u horizontalmente (Diego Más, 2006).

- **CORELAP** o *Computerized Relationship Layout Planning*, desarrollado por Buffa y otros en 1964. A diferencia del ALDEP, no requiere de la definición del entorno del edificio, es decir es libre. Este método permite ordenar hasta 45 departamentos. Las entradas para el CORELAP son la especificación de los tamaños de los departamentos o áreas y algunas dimensiones de la planta. El programa sitúa en el centro de la distribución al departamento que tiene mayor cantidad de relaciones con el resto y mediante sucesivas iteraciones, va colocando los demás departamentos en función de su necesidad de cercanía con los ya ubicados (Tarazona Bermudez, et al., 2014).

- **PLANET** o *Plant Layout Analysis aNd Evaluation Technique* realiza la asignación de los recursos especiales en tres etapas. En la primera etapa se establece el costo del flujo de materiales entre las actividades. Cada actividad lleva asociada un índice de prelación, desde 1 hasta 9 en orden descendente de prioridad para entrar al *layout*. En la segunda etapa, a partir de estos valores, el flujo entre actividades y el índice de prioridad, se establece un criterio para establecer la secuencia con la que las actividades entrarán en el *layout*. La tercera etapa asigna las ubicaciones en las actividades en el orden establecido en la segunda etapa (Diego Más, 2006).

Métodos Heurísticos de Mejora

Los métodos de mejoría parten de una solución inicial del problema, a partir de la cual realizando modificaciones sistemáticas, obtienen diferentes soluciones mejoradas.

- **CRAFT** o *Computerized Relative Allocation Facilities Techniques* parte de una solución inicial al problema que puede generarse por cualquier método. A partir de esa solución, y mediante intercambio de actividades, se trata de localizar una configuración de la distribución que, respetando las restricciones del problema, sea óptima bajo los criterios empleados para la evaluación (Diego Más, 2006). Otros de estos métodos de mejora se pueden encontrar en Drira, et al. (2007) y Leyva, et al. (2013).

Metaheurística

Según Glover & Kochenberger, las metaheurísticas son métodos de solución en los cuales interactúan procedimientos de mejoramiento local y estrategias de alto nivel, para generar procesos de búsqueda robusta escapando de los óptimos locales, en un espacio solución. La investigación en este tipo de metodologías se orienta en lograr escapar de óptimos locales en espacios de solución cada vez más complejos, basándose por ejemplo en la definición de vecindarios y movimientos dentro y entre esos, con el fin de construir soluciones factibles

(García Londoño, 2013). En Loiola, et al. (2004) se muestra un análisis bibliográfico dedicado a las publicaciones que emplean el QAP como formulación al FLP y se muestra que la cantidad de investigaciones que utilizan la metaheurística duplican a los que usan métodos de otra índole. A continuación se abordan estos métodos:

- **Templado Simulado** o *Simulated Annealing* (SA), es un algoritmo que se fundamenta en la analogía con el proceso de enfriamiento lento de los metales sólidos, donde la temperatura del material es variada en orden de cambiar sus propiedades físicas. Por analogía este proceso es aplicado para resolver problemas de optimización. Así en cada iteración, algunos vecinos son evaluados con cierta probabilidad en orden de decidir si cambian a un nuevo estado o permanecen en el actual. El Templado Simulado ha sido aplicado por muchos autores para los FLP. Este algoritmo aplica el método de Búsqueda de Tabú en orden de encontrar una mejor distribución por intercambios de dos formas de los operadores de ramificación (Leyva, et al., 2013).

- **Algoritmos Genéticos** o *Genetic Algorithms* (GA) fueron desarrollados a finales de los años 60 de la mano de Holland y han cobrado gran utilidad en los últimos tiempos debido al bajo coste computacional y que permiten dar una solución muy aproximada a la óptima a numerosos problemas de difícil solución por los métodos hasta entonces (Tarazona Bermudez, et al., 2014). Este enfoque se basa en la analogía biológica con el proceso de la reproducción selectiva de plantas y animales. Es decir, las especies buscan que su descendencia herede características que maximicen su supervivencia, las cuales están determinadas por los cromosomas de los padres. En el caso de los algoritmos genéticos una población de cadenas (soluciones) las cuales se conocen como cromosomas, son combinadas mediante diversas operaciones (mutación y cruce), las cuales se definen de acuerdo con el problema que se esté resolviendo (García Londoño, 2013)

- **Búsqueda Tabú** o *Tabu Search* (TS) es un procedimiento heurístico de memoria adaptativa propuesto por Glover en 1986. TS está siendo aplicado exitosamente en las últimas décadas en multitud de problemas complejos continuos y discretos, lineales y no lineales, convexos y no convexos, etc.; en diferentes áreas científicas. TS explora el espacio de soluciones a través de repetidos movimientos desde una solución a la mejor de sus vecinas tratando de evitar los óptimos locales. Para un problema mono-objetivo, TS realiza una búsqueda por entornos, en la cual se desplaza en cada iteración a la mejor solución no tabú del vecindario de la solución actual. Los principales atributos de cada solución visitada son almacenados en una lista tabú por un determinado número de iteraciones para evitar que estas soluciones sean revisitadas, es decir, para evitar ciclos en la búsqueda por entornos. Así, un

elemento del vecindario de la solución actual es declarado tabú, es decir, es prohibido si alguno de sus atributos está en la lista tabú (G. Hernández-Díaz, et al., 2006).

- **Optimización de Colonia de Hormigas** o *Ant Colony Optimization* (ACO) es una de las técnicas metaheurística más exitosas inspirada en el comportamiento de las hormigas. En ACO se busca asignar los recursos computacionales a una serie de agentes (hormigas artificiales) relativamente sencillos que se comunican por medio de una feromona artificial, encontrando buenas soluciones debido a la cooperación de los agentes. El modo de operación genérico de un algoritmo ACO incluye dos pasos anexos a las hormigas reales: la evaporación de los rastros de feromona y las acciones del demonio (Romero Dessens, et al., 2011).

Métodos Híbridos

Los métodos híbridos, como se nombre lo indican, son la combinación de diferentes heurísticas, incluye técnicas constructivas, de mejora y las propias metaheurísticas, todas para encontrar soluciones factibles en un tiempo acorde a la magnitud del problema.

En general los métodos y técnicas abordadas durante este epígrafe se emplean en función de la complejidad del FLP y del carácter multifactorial que engloba, según la cantidad de departamentos a distribuir, la cantidad de productos del programa de producción y la similitud de su secuencia tecnológica, y los objetivos que se pretenden alcanzar. En el caso de la entidad objeto de estudio estos aspectos no complejizan tanto la situación, por lo que se selecciona el procedimiento elaborado por Woithe & Hernández Pérez (1986a), además, por los fundamentos matemáticos que tiene este, y porque fue desarrollado en base a las condiciones específicas de la proyección de instalaciones en Cuba. En el Capítulo 2 de esta investigación, se abordarán de manera detallada cada una de los pasos que comprende dicho procedimiento.

1.5. Producción de detergentes a nivel mundial

La industria del lavado, que engloba la fabricación del jabón y el detergente, entre otros productos de higiene personal, cuenta con más de 20.000 años de antigüedad. Esta industria prosperó en las ciudades costeras del Mediterráneo, como España e Italia, favorecidas por la abundante presencia del aceite de oliva. Hasta el comienzo del Siglo XIX, se creyó que el jabón era una mezcla mecánica de grasas y álcalis, y fue en esta época cuando se difundió su uso en Europa, para luego ir entendiéndose por todo el mundo. Durante la Primera Guerra Mundial, los alemanes fueron los primeros que produjeron jabones sintéticos o detergentes, este hecho inició el interés mundial por el desarrollo de detergentes y que hoy aún continúa (Guerrero González, 2014).

En la actualidad no son pocas las investigaciones enfocadas en evaluar la factibilidad que existen en este sector, específicamente en Latinoamérica, se destaca Dongo Caycho (2007); Giraldo Ariza (2010); Adame Araque (2013); Zavala Melgar (2015), coincidiendo en todos los casos, en la rentabilidad que existe para desarrollar nuevos proyectos. El tamaño total del mercado de cosméticos y productos de aseo en Latinoamérica ascendió a 701.445 millones de dólares en el año 2010. La participación de Colombia en el mercado de cosméticos y artículos de aseo de Latinoamérica es del 6%, Argentina y Venezuela con el 7% los países vecinos Chile, Perú y Ecuador están entre el 4,3 y 2%. Estas cifras están tendiente al crecimiento ya que se proyecta aumentará en los próximos años dadas las condiciones del mercado actualmente (Adame Araque, 2013).

1.5.1. Producción de detergentes en Cuba

Antes del triunfo de la Revolución, específicamente en 1958, según datos de la Oficina Nacional de Estadística de la República de Cuba, ONE (2009), la producción total de productos de jabonería y perfumerías eran aproximadamente 49 t; en 2008 esta cifra ascendió hasta 85 t. En el desglose de estos artículos el detergente doméstico creció de 14.120 t en 1959 a 21.500 t en 2008. La propia ONE describe los momentos significativos de los productos de jabonería y perfumerías en el país de la forma siguiente:

- 1961. Más del 90% del mercado cubano era abastecido por productoras que eran filiales de las principales transnacionales norteamericanas de este sector.
- 1977. Fecha en que comienza a utilizarse el nombre comercial de “Súchel” como marca paraguas para identificar comercialmente a este grupo de entidades y comenzar un proceso de identificación marcaria, tanto de entidades como de productos.
- 1990. Comienzo de un proceso de reestrategia y redimensionamiento, para la etapa posterior de recuperación de la industria, producto del derrumbe del campo socialista.
- 1995. Marca la etapa cumbre del proceso de auge en la reestructuración y/o modernización tecnológica de la industria de Jabonería y Perfumería, así como un crecimiento de niveles de producción, surtido, marcas, nuevos productos, incremento de entidades de producción y/o servicios.

En Cuba, la primera instalación creada tuvo lugar en 1860 por los hermanos Sabatés Costa. La misma es conocida en la actualidad como Empresa DEBON. A su vez los hermanos Crusellas Vidal se establecen en el año 1863 con los mismos fines, dedicarse al negocio de fabricar jabón. Estas dos empresas se fueron desarrollando hasta lograr en el Siglo XX llegar a ser empresas claves, monopolizando dicho mercado. La crisis que se provocó por el proceso

deflacionario de la posguerra y la penetración de capitales extranjeros, provocó que ambas industrias fueran absorbidas por poderosos monopolios: Colgate-Palmolive-Peet Co. absorbe a Crusellas y la Procter & GambteCo. a Sabatés (ONE, 2009).

En el año 1927 paralelamente a este proceso se funda una nueva empresa cubana; “Laboratorios Gravi S.A.”, la cual aprovechando el éxito de la pasta dental Gravi logra ampliarse hacia la esfera de los jabones, utilizando equipos en desuso de Crusellas y Cía., la que modernizó su equipamiento entre 1930 y 1934 como consecuencia de su fusión con la Colgate-Palmolive-Peet. La Gravi se desarrolla y pudo mantenerse aún en condiciones difíciles y a pesar de sus poderosos rivales, constituyendo en la actualidad la empresa JOVEL de Matanzas (ONE, 2009).

Estas tres empresas lograron dominar más del 95% del mercado nacional, y hasta el triunfo de la Revolución constituían las más importantes de este sector. En la década del 50 se produjo también un notable auge de la Industria de Jabonería y Perfumería, motivando la creación de pequeñas empresas cubanas que se estimularon por las fáciles ventas y ganancias de estos productos. A tal efecto, se crearon así más de mil industrias en este período. Por su parte Crusellas y Sabatés continuaron su desarrollo introduciendo en Cuba los detergentes sintéticos, y construyendo las dos primeras plantas en América Latina entre 1950 y 1953, iniciándose una fuerte competencia entre ambos productos por el dominio del mercado. Otras firmas extranjeras atraídas por el mercado cubano comienzan a crear facilidades industriales en este sector desarrollándose así productos del hogar como betunes, tintas para calzado, insecticidas, desinfectantes, etc.

Ya para el triunfo de la Revolución se apreciaba una significativa concentración industrial en jabones y detergentes; y en perfumería y cosméticos una gran dispersión de pequeñas fábricas, unido a un gran volumen de importación de estos artículos. Según el análisis expuesto por ONE (2009), en ese año la industria estaba representada de la siguiente manera:

- Existían en el país dos plantas de detergentes, las que contaban con equipos de tecnología moderna, aunque la capacidad instalada estaba limitada por el proceso de atomización. Además de estas dos, existía en la capital una pequeña planta que elaboraba detergentes industriales.
- Operaban seis compañías productoras de Jabón de Lavar, las tres grandes (Sabatés, Crusellas, y Gravi) representaban el 90% del total, y presentaban un buen estado técnico.
- Existían cuatro industrias productoras de jabones populares y dos del tipo fino.

Durante más de 20 años la industria no recibió recursos que le permitieran el mantenimiento de su capacidad productiva, la que se fue deteriorando, por lo que a partir de 1981 se compendian los problemas fundamentales que afectaban las producciones de jabones y detergentes, y se comenzó un proceso de recuperación y modernización tecnológica y constructiva que rebasó los límites del período, para ello se aprobó en el año 1986 el programa de Jabones y Detergentes que comprendía: la modernización y ampliación de las plantas de jabones de lavar y de tocador, la rehabilitación de las plantas de detergentes en polvo (doméstico e industrial) y dos nuevas plantas, una de detergentes doméstico líquido, y otra de glicerina refinada (ONE, 2009).

Actualmente es reconocida la Empresa Súchel como estampilla principal de esta Industria, es decir, es la institución que identifica comercialmente al grupo de entidades que conforman la Unión de Empresas de Jabonería y Perfumería a nivel nacional, por lo que constituye la unidad productora y la más importante en el desarrollo productivo de este sector en Cuba, a pesar de que existen otras instituciones como es el caso de LABIOFAM que al diversificar sus producciones y penetrar en este sector se ha convertido también en un gigante de los productos de higiene y limpieza del hogar.

1.6. Conclusiones parciales

Luego de culminada la construcción del marco teórico referencial de la investigación se concluye que:

1. La distribución en planta como función básica de la administración de operaciones, requiere del análisis de un conjunto de relaciones de compromiso, integrada por los objetivos de distribución que persigue la empresa, los principios en que se basan, los factores que la alteran y la naturaleza de los problemas en todo proyecto de distribución.
2. Las consideraciones planteadas por los diferentes autores consultados indican la necesidad del estudio y conocimiento de las diferentes formas de distribuir una instalación, según las ventajas, inconvenientes y los determinados principios que estas optimizan.
3. La bibliografía consultada evidenció la existencia de un amplio número de publicaciones que enfatizan en el desarrollo de aproximaciones y métodos destinados a tratar y resolver los problemas de distribución en planta mediante el uso, fundamentalmente, de técnicas asistidas por ordenador y el empleo de la metaheurística.
4. La búsqueda en la bibliografía proporcionó estudios con experiencias similares en la aplicación de un procedimiento para la distribución en planta, en particular, el autor del

presente trabajo de diploma, se identifica con el procedimiento planteado por Woithe & Hernández Pérez (1986a), por lo que se considera prudente su adecuación y aplicación para validar los resultados en la organización objeto de estudio y resolver el problema de investigación propuesto.

5. La producción de detergentes a nivel internacional y nacional se ha incrementado significativamente, posicionándose como uno de los artículos más rentables dentro del sector de mercado de los productos de aseo y limpieza del hogar.

Capítulo 2.

CAPÍTULO II. APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO SELECCIONADO PARA LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA EN LA EMPRESA OBJETO DE ESTUDIO.

2.1 Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo fundamental aplicar el procedimiento seleccionado (Woithe & Hernández Pérez, 1986a) para desarrollar la distribución en planta en la empresa objeto de estudio, específicamente en la Planta de Productos Químicos perteneciente a la UEB de Producción. Para ello, se realizará una breve caracterización de la empresa LABIOFAM Villa Clara y a continuación se explicarán y desarrollarán cada una de las etapas del procedimiento tomando como referencia dicha entidad.

2.2 Caracterización de la Empresa LABIOFAM Villa Clara

La Empresa LABIOFAM Villa Clara, perteneciente al Grupo Empresarial LABIOFAM y subordinada al Ministerio de la Agricultura (MINAG), con domicilio legal en calle Cuba #172, e/ San Miguel y Nazareno, Santa Clara, Villa Clara; fundada el 4 de junio de 2004 por acuerdo de la Junta de Accionista del Grupo Empresarial (**Anexo 3**).

Misión

Producir y comercializar de forma mayorista en moneda nacional y en divisas, productos biológicos, farmacéuticos, agroquímicos, químicos, de higiene y limpieza y aseo personal, para consumo humano y productos alimenticios, material gastable médico quirúrgico, instrumental médico quirúrgico de uso veterinario, animales menores y de laboratorios de acuerdo a la legislación vigente, servicios técnicos especializados en la producción, control y aplicación de medicamentos, los cuales cumplan con los estándares de calidad para satisfacer las necesidades de la población.

Visión

Una empresa perfeccionada, protectora del medio ambiente, eficiente en su gestión económica, sostenible en sus producciones, con trabajadores y dirigentes motivados y de alta calificación.

Objeto Social

- Comercializar productos naturales y químicos, tanto producidos como adquiridos.
- Brindar servicios de saneamiento ambiental.

Proveedores de la Empresa LABIOFAM Villa Clara

Gran parte de las materias primas y los materiales son importados y distribuidos a través del Grupo Empresarial LABIOFAM, teniendo en cuenta la demanda anual de la empresa. Los mismos se muestran a continuación:

- Suministros Agropecuarios.
- CIMEX.
- EMI Ernesto Che Guevara.
- Almacenes Universales.
- Empresa Materiales de la Construcción.
- Empresa Cárnica.
- Imprenta de Villa Clara.
- Electroquímica de Sagua.
- Electroquímica de Cienfuegos.

Estructura de la Empresa LABIOFAM Villa Clara

Área de Regulación y Control

Dirección General

Dirección Contable y Financiera

Dirección de Personal

Dirección técnico productivo

Puesto de Dirección

Jefe de Seguridad y Protección.

Área de Producción y Servicios.

UEB de Producción

UEB Comercializadora

UEB Logística

UEB Agropecuaria

2.3 Caracterización de la Planta de Productos Químicos

La Planta de Productos Químicos se encuentra ubicada en la Unidad Empresarial de Base (UEB) de Producción de la empresa LABIOFAM de Villa Clara, y sobresale por poseer una fuerza laboral competitiva y calificada, capaz de asumir los diferentes retos productivos que se presentan a diario. En ella, como su nombre lo indica, se producen principalmente productos

químicos destinados a la higiene y limpieza, como es el caso de los detergentes: Multiuso, Fenolado, Clorado y Lavavajillas, en una amplia gama de presentaciones.

La Planta está estructurada en forma rectangular, tal y como se percibe en el **Anexo 4**, con un área aproximadamente de 120 m², resultado de tener 12 m de largo y 10 m de ancho. El techo de la instalación tiene forma triangular y está compuesto por planchas de cinc galvanizado con una altura cercana a los 5 m que descansa en paredes conformadas por estructuras de concreto; el piso es de planchas de cemento sin pulir, lo que genera un mayor agarre ante los embates de cualquier derrame de líquidos. El local posee una puerta principal ubicada en la parte frontal como se expone en el **Anexo 4**, con 2.5 m de largo, 3 m de alto y formada por planchas de acero soldada, por donde entran y se retiran, tanto los insumos como el producto final, además, tiene internamente otra apertura localizada en el lado derecho de la estructura (**Anexo 4**) que da paso a un pequeño local en donde se almacenan algunos medios de pequeñas dimensiones utilizados en la producción. Otro de los elementos con que cuenta la Planta son las aberturas o ventanas, en este caso existen cuatro ventanas de corredera, tres de ella en el lado izquierdo y una en el fondo de la instalación (**Anexo 4**), todas formadas por un marco de aluminio y dos hojas de cristal, que asistidas por los tres extractores industriales ubicados, dos al fondo y de dimensiones pequeñas y un tercero encima de la puerta de acceso y de mayor tamaño, garantizan la entrada de aire limpio al local y la extracción del aire contaminado, común a estas formas de elaboración.

La mano de obra que se desempeña actualmente en la Planta la integran: un jefe de brigada (JB), dos técnicos de producción, tres obreros directos y un obrero auxiliar, lo que suman un total de siete trabajadores. Para llevar a cabo la producción el personal es dotado de batas sanitarias u overoles, botas PVC, delantales, cubre calzado y los medios de protección como guantes y carretas con filtros o tapabocas en otros casos. El JB es quien supervisa todo el proceso desde que se solicitan las materias primas al almacén hasta que se conforman el producto final, en surtido y cantidad, sin que se viole ninguna norma establecida por la empresa. Para ello esta persona posee conocimientos de técnico de producción y es en quien recae la responsabilidad de que se cumplan los planes diarios de producción, en cantidad y calidad. Los técnicos de producción son los encargados de formular en base al tamaño del lote, las cantidades de materia prima necesaria para satisfacer el plan de producción diario, así como inspeccionar e informar al JB el estado de cada una de las actividades por las que ellos responden. Los tres obreros directos tienen como misión concretar respectivamente las actividades de etiquetado, envasado, y embalado del producto final. Por último, el obrero

auxiliar es el encargado de satisfacer las necesidades que se presenten en cada estación de trabajo, llevando por mediación de algún medio de transporte la producción de un puesto al siguiente.

La tecnología que existe hoy en la Planta es una báscula, en donde se pesan las materias primas que conforman la fórmula del producto; cuatro mezcladoras, cada una con una capacidad de 160 litros, ancladas a una estructura de hierro localizada en la parte izquierda de la distribución (**Anexo 4**), a una altura de aproximadamente 2 m y que se utilizan solamente en la elaboración del detergente Multiuso, ya en el caso que se produce para venderse a los propios trabajadores o, para utilizarlo como materia prima en la producción de los detergentes Fenolado y Clorado. También existen 5 tanques plásticos de 1 000 litros cada uno que reposan sobre dos palés, uno de madera y uno plástico, para garantizar el nivel necesario para el proceso de envasado (**Anexo 4**). Estos tanques son utilizados para mezclar manualmente el detergente Multiuso que se utiliza como materia prima con otros componentes y dar como resultado las variedades restantes de detergentes: Fenolado y Clorado. También existen mangueras plásticas, empleadas durante el envasado, y las cajas plásticas donde se depositan los envases para trasladar el producto ya envasado hacia las demás etapas del proceso.

De la variedad de materias primas y materiales se encuentran entre los más utilizados los siguientes: el fenol, glicerina, agua destilada, hipoclorito de sodio, ácido duodecibenceno sulfónico (maranil), hidróxido de sodio (sosa), dietenolamina de coco (cocamina), lauril, formol, sal común y el detergente Multiuso. Además se manipulan los envases principalmente de plástico y los embalajes de cartón. La mayoría de estas materias primarias son importadas y gestionadas a través del Grupo LABIOFAM, que radica en La Habana, por lo que en ocasiones existen déficit que afectan la continuidad de trabajo del sistema productivo, lo que bajo decisiones operativas de la dirección de la empresa en Villa Clara, condicionan a que se elaboren otro grupo de productos en la Planta por contar con la tecnología necesaria y un personal calificado. Para el desarrollo de esta investigación solo se incluirá en el análisis los productos de la familia detergentes, que de por sí constituyen la misión fundamental de la Planta.

2.4 Descripción del procedimiento para la distribución de la Planta de Productos Químicos

El procedimiento que se propone para aplicar en esta investigación, corresponde a la propuesta realizada por los autores Woithe & Hernández Pérez (1986a), el mismo fue diseñado para la proyección de nuevas instalaciones fabriles, por lo que es preciso adaptarlo a las condiciones

especiales de la Planta objeto de estudio y entender la redistribución de una instalación como un nuevo proyecto, en donde se respetan las particularidades del sistema constructivo, los elementos o sistemas parciales que lo componen, y se valoran cuáles de estos permanecerán invariables a la hora de establecer las nuevas soluciones. En la Figura 2.1 se muestra un esquema general que ilustra cada uno de los seis pasos del procedimiento. A continuación se explicarán brevemente cada uno de estos pasos, su nueva contextualización y su aplicación en la Planta objeto de estudio.

2.4.1. Paso 1. Análisis del sistema

Este primer paso se fundamenta a partir de las directivas para el desarrollo económico-social del país, del análisis de la demanda, del plan de desarrollo a largo plazo de la economía, de la vigente implementación de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, PCC (2011), y de un análisis de la fuerza laboral y la planificación regional de la producción. Este análisis del sistema tiene como objetivo elaborar proposiciones técnicas y económicamente fundamentadas, sobre la reproducción ampliada de los activos fijos.

Como actividad central de esta etapa e insistiendo las especificidades de un proyecto de redistribución, el procedimiento considera prudente el análisis de los aspectos siguientes:

- El nivel de demanda perspectiva o el plan de producción en las instalaciones existentes.
- Posibilidad de cubrir esa demanda con la capacidad disponible o mediante diferentes medidas: de racionalización, reconstrucción, o modernización de las capacidades disponibles.

No obstante, el autor del presente trabajo de diploma, considera prudente reflexionar sobre otros elementos, que unidos a los mencionados en la lista anterior, consolidan las deducciones dentro de esta etapa del procedimiento, estos son:

- Analizar la distribución actual del sistema productivo y/o de servicio sobre la base del cumplimiento de los principios de distribución en planta.
- Analizar las causas que pueden dar al traste un problema de distribución en planta (**epígrafe 1.2.1** Naturaleza de los problemas de distribución en planta).

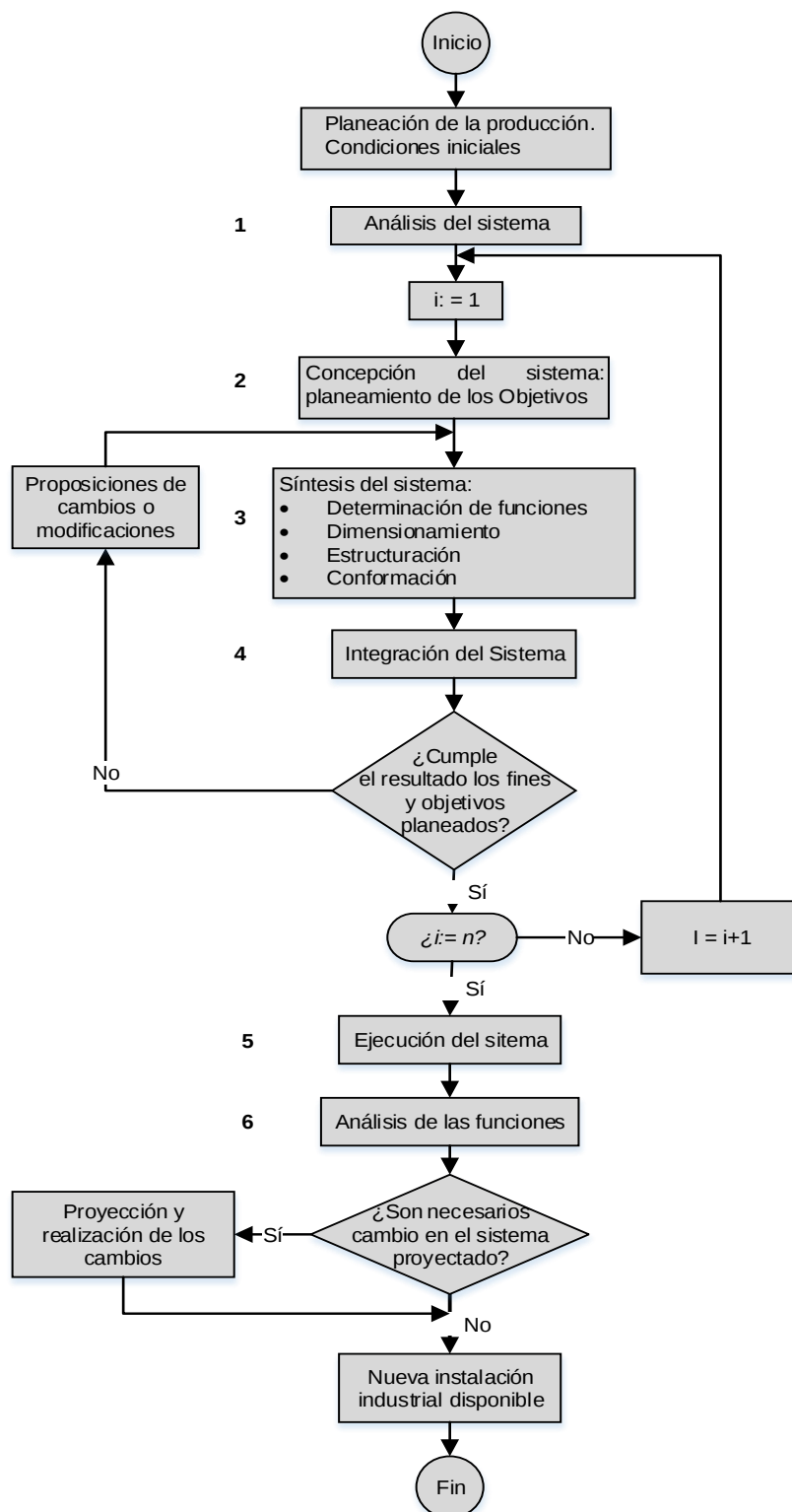


Figura 2.1 Diagrama lógico del proceso de proyección. Fuente: (Woithe & Hernández Pérez, 1986a)

En función del análisis que engloba esta fase del procedimiento, debe ser tomada una decisión fundamentada en la necesidad de modificar o no, la estructura técnico-organizativa de la instalación estudiada, y que tiene como resultado por una parte, y en caso negativo, tomar medidas de adaptación del sistema ante las nuevas necesidades, y por la otra, y en caso afirmativo, fundamentar medidas de inversión para la modificación de la estructura técnico-organizativa del sistema industrial.

En un primer momento, y como fase dentro del *Paso 1: Análisis del sistema*, se pretende examinar el plan de producción del año 2015. En ese año la producción de detergentes se centraba en tres variedades: Fenolado, Detergente Multiuso y Detergente Lavavajilla, y alcanzaba un total de 131.105 unidades físicas, desglosadas en las diferentes presentaciones (formas en las que se comercializan los productos, en este caso está determinado por la capacidad de los envases) que se muestran en la **Tabla 2.1**, lo que se traduce en un total de 211.505 litros procesados de estos demandados productos y equivalía a un importe total de 573.387,62 CUP. Este plan producción fue elaborado con la distribución en planta que aparece en el **Anexo 4**, considerando los recursos humanos y tecnológicos que en ella se ilustran y que fueron abordados durante el **epígrafe 2.3 Caracterización de la Planta de Productos Químicos**, para sobre la base de esta disposición física comprobar el cumplimiento de los principios de distribución en planta.

Tabla 2.1: Plan de producción de la Planta de Productos Químicos 2015

No.	Productos	U/M		Precio	Plan (U)	Plan (L)	Importe (CUP)
1	Detergente Fenolado	L	1	4,1865	63.000	63.000	263.749,50
2	Detergente Fenolado	L	5	16,366	8.400	42.000	137.470,20
3	Detergente Multiuso	L	1	2,15	24.000	24.000	51.600,00
4	Detergente Multiuso	L	5	8,51	6.000	30.000	51.060,00
5	Detergente Multiuso	L	20	30,4	1.200	24.000	36.480,00
6	Detergente lavavajillas	L	1	2,150	2.150	2.150	4.622,50
7	Detergente Multiuso	a granel		1,0778	26.355	26.355	28.405,42
TOTAL					131.105	211.505	573.387,62

Fuente: plan de producción para el año 2015 de la Empresa LABIOFAM Villa Clara.

Análisis de los Principios de Distribución en Planta

Con el fin de diagnosticar la situación actual que presenta la Planta de Productos Químicos, y sobre esta base trazar medidas que propicien, de manera general, un mejor aprovechamiento

del espacio, serán analizados los principios de distribución en planta, mencionados y explicados en el **epígrafe 1.2.3**.

I. Principio de la integración de conjunto.

Este primer principio posibilita evaluar integralmente la distribución de los operarios, los materiales, la maquinaria y cualquier otro factor de la manera más racional posible, de tal forma que funcione como un equipo único. En este caso, si se hace una lectura del **Anexo 4**, se nota que existe una deficiente utilización del espacio, al concurrir el entrecruzamiento y los retrocesos en el flujo de producción, además de que este no sigue un patrón determinado. Si a esto, se le agrega la excesiva acumulación de materiales en proceso, y que la localización de las estaciones de trabajo y áreas de producción terminada no respetan la secuencia tecnológica, es imposible que la existencia de algún tipo de sinergia entre cada uno de los recursos humanos, tecnológicos y materiales que interactúan en la instalación.

II. Principio de la mínima distancia recorrida.

Como se especifica en este principio, es siempre mejor la distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se tratan, o montan los materiales. Analizando el **Anexo 4**, que ilustra distribución en planta actual con que se labora en la Planta, se identifican que existen actividades localizadas relativamente distantes de sus sucesoras, aspecto que pudiera mejorarse. Tal es el caso de la operación de pesado y dosificación, etapa que antecede a la operación de mezclado y que está localizada al extremo opuesto de la misma, incumpliendo con este principio. Otro de las situaciones que se pudiera cambiar y se relaciona con este principio es la localización temporal de los envases, materiales necesarios para el embalaje y productos terminados de modo que se agrupen lo más cercano de la única puerta que tiene la Planta, y no sea preciso ir de un extremo a otro para entrarlos o retirarlos.

III. Principio de la circulación o flujo de materiales.

Este principio se relaciona, en cierto grado, con el principio anterior, aunque enfatiza más, como su nombre lo indica, en el flujo de materiales, planteando que una distribución eficaz es aquella capaz de ordenar las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en la misma secuencia que se tratan. Entonces, cuando se analiza este principio luego de evaluar el principio de distancia mínima se reconocen ciertas insuficiencias, las cuales ya han sido abordadas (**Principio de la mínima distancia recorrida**). Si a esto se le agrega el hecho de

que la Planta posee una sola apertura, hace considerar un diseño espacial representado por un flujo en U para de este modo cumplir con este principio.

IV. Principio del espacio cúbico.

Este principio enfatiza en la utilización de todo el espacio disponible, tanto en vertical, como el horizontal. Cobra más importancia en las distribuciones de almacenes o en centros comerciales, donde existen tecnologías de almacenamientos que garantizan el cumplimiento de este principio. En la Planta, existen instaladas tecnologías que son las denominadas mezcladoras que están ubicadas a 2 m de altura con respecto al suelo, esto no solo le permite utilizar la dimensión vertical, dado que es un requisito necesario debido a que la fórmula mezclada en estas condiciones se vierte mediante la ayuda de la gravedad a los tanques de 1.000 L. Otro de los casos donde se ponen de manifiesto este principio es al almacenar momentáneamente la producción terminada y las cajas que contienen los envases que serán utilizados, apilándose aproximadamente hasta 2 m de altura en el caso de las cajas de plástico y en el caso de los productos terminados de manera tal que no se afecten su apariencia y calidad.

V. Principio de la satisfacción y de la seguridad.

En ocasiones, el que las empresas se propongan cumplir con determinados principios puede, incluso, condicionar que otros se afecten. Sobre este mismo enfoque, en la empresa el aprovechamiento del espacio cúbico lleva a estibar medios unitarizadores, como son las denominadas cajas plásticas, hasta una altura de 2 m, las cuales se pueden derrumbar atentando contra la seguridad de trabajador. Otro aspecto importante en la valoración de este principio es la existencia de una escalera que va desde la planta baja, a la estructura donde están ubicadas las mezcladoras, y por donde los operarios suben y descienden para controlar este proceso de mezclado; la cual puede estar mojada por el propio detergente pudiendo ocasionar serias lesiones a los operarios. Como último aspecto, se puede señalar la desorganización existente producida por la propia acumulación de producción terminada que influye drásticamente en la satisfacción de los empleados y en su desempeño.

VI. Principio de flexibilidad.

Cuando fueron abordados los principios de distribución en planta en el Capítulo I, este principio fue el más ponderado actualmente por los especialistas, condicionado por la variabilidad e incertidumbre de los mercados y por los avances en las tecnologías de producción, de almacenamiento y de distribución. Hoy en día no se concibe una buena distribución en planta que no incluya un elevado índice de flexibilidad. En la Planta de Productos Químicos la

flexibilidad se manifiesta cuando por decisiones operativas se debe asumir diversas producciones no muy complejas en cuanto a tecnología y con un simple reordenamiento en la planta se satisfacen las necesidades previstas.

A modo de resumen del análisis de los principios de distribución en planta se puede constatar la presencia de varias deficiencias encontradas que atentan contra el desarrollo eficiente de las actividades productivas que en la instalación se realizan. Entre estas carencias sobresalen la deficiente utilización del espacio, los entrecruzamientos y retrocesos del flujo de productivo, los excesos de materiales en proceso, la ubicación de puestos de trabajo y áreas de producción terminada que no cumple con la secuencia tecnológica, actividades localizadas relativamente distantes de sus sucesoras y productos terminados agrupados en lugares distantes de la única puerta que tiene la Planta.

Como última fase dentro del primer paso que propone la metodología seleccionada se fundamenta establecer un análisis comparativo entre el plan de producción del año 2015 y su semejante para el año 2016 (**Tabla 2.2**). Para este último la empresa persigue nuevas expectativas entre las que sobresaltan la salida de uno de sus productos: Detergente Lavavajilla (1L) y la incorporación de otro como el detergente Clorado (1L y 5L), conjuntamente con la extinción del Detergente Multiuso (5L) y la disminución en las cantidades del Detergente Fenolado en (1L y 5L) para potenciar las cantidades del Detergente Clorado y llegar hasta un nivel de producción total de 251.100 unidades físicas, equivalente a 465.300 litros elaborados de detergentes y con un importe total de 1.434.618,64 CUP superando en más de 200% la producción con respecto al año 2015.

Tabla 2.2: Plan de producción de la Planta de Productos Químicos 2016.

No.	Productos	U/M		Precio	Plan (U)	Plan (L)	Importe (CUP)
1	Detergente Fenolado	L	1	5,0068	36.000	36.000	180.244,80
2	Detergente Fenolado	L	5	25,034	4.800	24.000	120.163,20
3	Detergente Clorado	L	1	3,9673	96.000	96.000	380.860,80
4	Detergente Clorado	L	5	15,535	28.800	144.000	447.398,50
5	Detergente Multiuso	L	1	2,4977	6.000	6.000	14.986,20
6	Detergente Multiuso	L	20	49,954	4.200	84.000	209.806,80
7	Total Detergente Multiuso	a granel		1,0778	75.300	75.300	81.158,34
TOTAL					251.100	465.300	1.434.618,64

Fuente: plan de producción para el año 2016 de la Empresa LABIOFAM Villa Clara.

Este aumento en el volumen de producción, aparejado a los cambios en la nomenclatura o variedad de los productos, sus cantidades y el remplazo de uno de sus productos elaborados en el año anterior, constituye una de las causas que se recogen en la bibliografía consultada (**epígrafe 1.2.1** Naturaleza de los problemas de distribución en planta) y que generar problemas en la distribución en planta. Si a esto, se le agregan las deficiencias encontradas en el análisis de los principios en la distribución actual, fundamenta la necesidad de modificar la estructura técnica-organizativa del sistema productivo. Lo cual no significa que si se modifican los planes deba cambiar la estructura, pues una decisión de este tipo conlleva más que este simple análisis.

2.4.2. Paso 2. Concepción del sistema

Dentro del contexto de las medidas de inversión para el sistema de instalaciones industriales, su actividad fundamental se enmarca en la actividad de concepción del sistema para lograr los objetivos propuestos. Estos objetivos tienen como punto de partida los requerimientos de volumen de producción que se pretenden alcanzar, el crecimiento previsto de la productividad del trabajo, la disminución planificada de los costos de producción, la disponibilidad de la fuerza de trabajo en cantidad y calificación, los criterios de optimización técnico-económico en el dimensionamiento de las instalaciones, entre otros.

La Planta objeto de estudio es un sistema que no fue concebido bajo la óptica que plantea esta metodología para la proyección, surge dada a la necesidad de diversificar las producciones de la empresa LABIOFAM Villa Clara, de la existencia de esta instalación y sino de sistemáticas incorporaciones de equipos e instalaciones en la medida en que la demanda y la variedad de productos crecía. La disponibilidad en la instalación en cuanto a la tecnología, a la fuerza de trabajo, en cantidad y calificación, y a sus características constructivas específicas, se limitan a lo expuesto en el **epígrafe 2.3 Caracterización de la Planta Productos Químicos**, por lo que establecer medidas que tributen a una nueva forma de concebir el sistema estarían, hasta el momento, condicionadas solamente por las deficiencias que arrojó el análisis de los principios, justificando entonces la necesidad de proseguir con el siguiente paso del procedimiento *Paso 3: Factores que determinan la distribución en planta*, y fundamentar estas deficiencias con una base de cálculo que contribuya a establecer estrategias para erradicarlas.

2.4.3. Paso 3. Factores que determinan la distribución en planta

Esta etapa del procedimiento, entendida por sus autores como síntesis del sistema, está integrada por cuatro operaciones fundamentales que conforman la parte esencial en todo proceso de proyección: determinación de las funciones, dimensionamiento, estructuración y

conformación del sistema. Actualmente, producto al auge alcanzado en esta temática cambiaron ciertas terminologías y por consiguiente la expresión que identifica este paso es la de factores que determinan la distribución en planta, compuesta por las etapas siguientes: programa de producción, proceso tecnológico, determinación de las necesidades de máquinas y equipos, determinación de las necesidades de fuerza de trabajo, determinación de las necesidades de materiales, determinación de las necesidades de áreas y distribución en planta. A continuación se desarrolla cada una de ellas en la empresa objeto de estudio.

2.4.3.1. Programa de Producción

Los programas de producción constituyen la información primaria inicial más importante que recibe el proyectista para efectuar la proyección de la producción. Estos ofrecen la información necesaria acerca del tipo (nomenclatura) y la cantidad (volumen) de la producción a elaborar. A su vez, la amplitud de la nomenclatura del programa de producción y las diferentes cantidades de cada tipo de producto, constituyen la base para definir el tipo de producción bajo el cual se elaborará el programa (Woithe & Hernández Pérez, 1986a).

En dependencia de las condiciones y objetivos de la proyección, referente a si es la proyección de una instalación o la redistribución de una existente, la nomenclatura y el volumen de producción, así como las exigencias de la estructura técnico-organizativa, pueden considerarse según Woithe & Hernández Pérez (1986a) tres formas básicas de los programas de producción en dependencia de los tres tipos básicos de producción (**Tabla 2.3**).

Tabla 2.3: Formas de los programas de producción

Formas de los programas de producción	
Programa Detallado	Cuando en un período considerado son conocidas, de forma detallada, la nomenclatura y sus características técnico-económicas. Se emplea preferentemente en producciones masivas y grandes series. Como regla, este se usa en las fases finales de la proyección, cuando las condiciones anteriores son dadas.
Programa Reducido	Cuando la nomenclatura de los programas de producción sea amplia y sujeta a variaciones, y las cantidades a producir de cada tipo no sean altas. Se emplea preferentemente en producciones de mediana y pequeñas series cuando es posible formar grupos de productos en base a la similitud tecnológica constructiva.

Programa Global	Cuando las cantidades a producir de la nomenclatura del programa en su conjunto expresan en unidades de valor o naturales (en peso o en unidades físicas), sin detallar en el surtido de los productos. Se emplean en preferentemente producciones unitarias o en pequeñas series.
------------------------	--

Fuente: elaboración propia a partir de (Woithe & Hernández Pérez, 1986a)

Siguiendo esta línea de trabajo, la concepción del programa de producción de la Planta objeto de estudio, inicia con el análisis de los contratos aprobados por cada uno de sus clientes y las cantidades solicitadas durante un horizonte de tiempo pactado, luego de esta fase, la cual corre a cargo de la empresa LABIOFAM Villa Clara, se envía dicha información al Grupo Empresarial, para que este pueda gestionar dentro de su capacidad importadora; los recursos, los materiales y las materias primas necesarias para establecer el plan de producción. Este plan aprobado para la Planta en el año 2016 (**Tabla 2.2**), se considera según la forma de los programas de producción, como un programa detallado o definitivo (**Tabla 2.3**), pues son conocidas de forma detallada, la nomenclatura y sus características técnico-económicas, así como las cantidades a fabricar de cada tipo de producto.

2.4.3.2. Proceso tecnológico

Al conjunto de técnicas que una determinada secuencia de operaciones de trabajo conforman la fabricación de un producto, se le denomina *proceso tecnológico*. A partir de él se obtienen las exigencias tecnológicas en el parque de máquinas y equipos necesarios para la elaboración de los productos e influye decididamente en el cálculo del gasto de tiempo de trabajo necesario que se invierte en la elaboración de la producción considerada (Woithe & Hernández Pérez, 1986a). Este término da respuesta a la pregunta: ¿Cómo hacer el plan de producción?

El establecimiento de los procesos tecnológicos para la nomenclatura del programa de producción de la instalación que se proyecta o reconstruye, constituye el núcleo de la parte tecnológica de los proyectos. Ésta, forma la base para el cálculo de las actividades de suma importancia en la proyección, como son las mencionadas al principio del **epígrafe 2.4.3 Paso 3. Factores que determinan la Distribución en Planta**, así como la determinación de los procesos y pasos de trabajo que condicionan, en gran medida, la proyección de la organización espacial y temporal de la distribución.

En función de la amplitud de la nomenclatura del programa de producción y su forma, y del nivel de la proyección que se trate, pueden diferenciarse tres niveles de elaboración de los procesos tecnológicos en correspondencia con los tipos de programas de producción (**Tabla 2.4**).

Tabla 2.4: Correspondencia entre los tipos de programas de producción y los niveles de la elaboración de los procesos tecnológicos.

Programas de producción	Proceso tecnológico
Programas detallados o definitivos de producción.	Elaboración detallada de los procesos tecnológicos.
Programas reducidos de producción.	Elaboración detallada del proceso tecnológico para los representantes tipo o tecnología básica del grupo.
Programas globales o indiferentes de producción.	Elaboración de estructuras tecnológicas.

Fuente: (Woithe & Hernández Pérez, 1986a)

En función de lo anterior, el proceso tecnológico con que se produce en la Planta se corresponde con un proceso tecnológico detallado, en correspondencia al programa de producción. A continuación se describe cada una de las operaciones que conforman el proceso tecnológico establecido en la Planta, enumeradas del 1 al 7 como forma de sintetizarlas para análisis posteriores, además, se ilustra mediante un diagrama OPERIN las dos variantes de la secuencia en función del tipo de producto (**Anexos 5 y 6**).

Pesaje y Dosificación (1)

En esta operación se pesan y se dosifican las cantidades que serán mezcladas dependiendo del tamaño del lote, para ello, se utiliza una báscula certificada donde el técnico de producción se encarga de pesar cada una de las materias primas.

Mezclado (2)

Esta actividad se procede en dos modalidades, mecánica y manual. En el primer caso, se emplea en la elaboración del detergente Multiuso, ya sea para utilizarlo como materia prima o simplemente para ser envasado y comercializado directamente, para ello se utilizan mezcladoras, cada una con una capacidad de 160 litros. El mezclado manual se utiliza en la elaboración de los detergentes Fenolado y Colorado, donde un técnico de producción mezcla en un tanque de 1.000 litros con la ayuda de paletas de madera, los materiales necesarios para cada uno de estos dos detergentes, con el ya elaborado detergente Multiuso, que funciona como materia prima (**Anexos 5 y 6**).

Inspección (3)

Una vez finalizada la fase anterior se verifican las propiedades organolépticas del producto final: pH, color, olor, viscosidad, densidad y se comprueba que sea apto para proseguir a la siguiente etapa del proceso.

Reposo (4)

La elaboración de los detergentes Fenolado y Clorado precisan de un tiempo tecnológico de reposo de aproximadamente 20 horas, esto se debe a que si el producto es envasado inmediatamente merman las cantidad dentro del recipiente una vez pasado este tiempo.

Etiquetado (5)

Esta etapa que consiste en colocar una pegatina sobre un costado del envase, se realiza de forma manual, lo que condiciona, que esta operación anteceda al envasado en cuanto al orden dentro de la secuencia, debido a que proceder de forma contraria, puede ocasionar un derrame de detergente sobre el envase y provocar problemas a la hora de etiquetar.

Envasado (6)

El envasado se procede manualmente, por mediación de mangueras plásticas conectadas a los tanques en los que está la formula mezclada, y se van vertiendo el líquido en los envases hasta completar el contenido neto para cada presentación. Esta actividad incluye el sellado del envase, también manual.

Embalado (7)

Por último son embalados los envases, para asegurar la conservación del producto final y evitar que este se dañe durante la entrega al cliente. Como materia fundamental para esta labor se utilizan embalajes de cartón.

La secuencia tecnológica y las normas de tiempo aproximadas para cada producto del programa de producción aparecen en la **Tabla 2.5** expresados en horas al lote, conformado a partir de análisis de las órdenes de producción y comprobado mediante la observación directa en las visitas realizadas a la entidad. Es preciso señalar que el tamaño de los lotes varía en cada una las actividades del proceso tecnológico en función de la capacidad instalada en las operaciones de mezclado mecánico (640 litros) y mezclado manual (4.000 litros) por lo que serán explicadas visiblemente durante el cálculo del gasto de tiempo de trabajo.

Tabla 2.5: Normas de tiempo aproximadas de las operaciones por presentación de producto, expresadas en horas al lote.

Productos	Tiempo de operación (hora/lote)						
	1	2	3	4	5	6	7
Det. Multiuso (a granel)	0,5	2	0,25	0	0	0	0
Det. Multiuso (1 L)	0,5	2	0,25	0	6	4	3
Det. Multiuso (20 L)	0,5	2	0,25	0	0,30	4	0
Det. Fenolado (1 L)	0,5	0,25	0,25	20	6	4	3
Det. Fenolado (5 L)	0,5	0,25	0,25	20	1,2	4	2,4
Det. Clorado (1 L)	0,5	0,25	0,25	20	6	4	3
Det. Clorado (5 L)	0,5	0,25	0,25	20	1,2	4	2,4

Fuente: elaboración propia a partir de los tiempos expresados en las ordenes de producción y constatados mediante la observación directa.

Cálculo de los gastos de tiempo de trabajo

Los gastos de tiempo de trabajo es justamente el tiempo total necesario en cada operación para producir todo el programa de producción, es por ello, que para su determinación se parte precisamente del propio programa y del proceso tecnológico definido para cada producto. Esta etapa constituye la base fundamental de toda una serie de actividades claves del proceso de proyección de una instalación industrial, como son: el cálculo de las necesidades de maquinarias y equipos, fuerza de trabajo, etc.

Dado que se dispone de un programa de producción y un proceso tecnológico detallado, el gasto de tiempo de trabajo se determinan de manera detallada por cada presentación de detergente. Para ello, se utiliza la expresión de cálculo que se muestra en la fórmula 2.1.

$$Tntotal_{ij} = tu_{ij} * \left(\frac{Q_j}{n_j} \right) \quad (\text{h/año}) \quad (2.1)$$

Donde:

$Tntotal_{ij}$: gasto de tiempo de trabajo necesario para la elaboración de la producción prevista, en h/año.

tu_{ij} : es el tiempo de operación i para un lote del producto j en h/lote.

n_j : tamaño del lote en litros/lote.

Q_j : volumen de producción anual previsto para la producción considerada del tipo de producto en litros/año.

Para explicar los cálculos realizados, a modo de ejemplo se muestra el caso del detergente Fenolado (1 L), mientras que el gasto de tiempo de trabajo para el resto de los productos del programa de producción, junto al total por proceso aparece en la **Tabla 2.6**.

Para el detergente Fenolado (1 L)

Operación de Pesaje

$$Tntotal_{1-1} = tu_{ij} * \left(\frac{Q_j}{n_j} \right)$$

$$Tntotal_{1-1} = 0,5 \text{ h/lote} * \left(\frac{36.000 \text{ litros/año}}{4.000 \text{ litros/año}} \right)$$

$$Tntotal_{1-1} = 4,5$$

Operación de Mezclado

Mezclado 2.1 (Mecánico)

En este caso no procede esta operación debido a que la cantidad de detergente Multiuso que se necesita como materia prima para elaborar la producción se considerada dentro del detergente Multiuso a granel.

Mezclado 2.2 (Manual)

$$Tntotal_{2-2} = (36.000 \text{ L/año} * 0,25 \text{ h/tanque}) / 1.000 \text{ L/tanque}$$

$$Tntotal_{2-2} = 9 \text{ h/año.}$$

Operación de Inspección

$$Tntotal_3 = \left\{ \frac{36.000}{4.000 \text{ L/año}} \right\} * 0,25 \text{ h/lote}$$

$$Tntotal_3 = 1,5 \text{ h/año.}$$

En esta actividad no se considera el tiempo de inspección para la cantidad necesaria de detergente Multiuso que como materia prima se utiliza para la elaboración de esta producción, debido a que este análisis se realiza durante la inspección del detergente Multiuso a granel.

Operación de Reposo

$$Tntotal_4 = \frac{36.000 \text{ L/año}}{1.000 \text{ L/tanque}} * 20 \text{ h/tanque}$$

$$Tntotal_4 = 720 \text{ h/año}$$

Operación de Etiquetado

$$T_{ntotal_5} = (36.000 \text{ unidades/año} * 0,006 \text{ h/unidad})$$

$$T_{ntotal_5} = 216 \text{ h/año}$$

Operación de Envasado

$$T_{ntotal_6} = (36.000 \text{ L/año} * 0,004 \text{ h/unidad})$$

$$T_{ntotal_6} = 144 \text{ h/año}$$

Operación de Embalaje

$$T_{ntotal_7} = \left\{ \frac{36.000 \text{ unidades/año}}{20 \text{ unidades/caja}} \right\} * 0,06 \text{ h/caja}$$

$$T_{ntotal_7} = 108 \text{ h/año}$$

En este caso, la cantidad de envases por caja depende de la presentación de cada producto, 20 unidades para los envases de litro y 5 unidades para los envases de 5 litros. Para los envases de 20 de litros se comercializan sin ser embalados.

Tabla 2.6. Gasto de tiempo de trabajo total en h/año por presentación de producto y operación.

Productos	Operaciones							
	1	2.1	2.2	3	4	5	6	7
Det. Multiuso (a granel)	58,83	941,25	-	29,41	-	-	-	-
Det. Multiuso (1 L)	4,69	75	-	2,34	-	36	24	18
Det. Multiuso (20 L)	65,63	1050	-	32,81	-	25,2	16,8	-
Det. Fenolado (1 L)	4,5	-	9	1,5	720	216	144	108
Det. Fenolado (5 L)	3	-	6	2,25	480	28,8	19,2	57,6
Det. Clorado (1 L)	12	-	24	6	1.920	576	384	288
Det. Clorado (5 L)	18	-	36	9	2.880	172,8	115,2	345,6
Totales	166,64	2066,25	75	83,31	6000	1054,8	703,2	817,2

Fuente: elaboración propia

Para este escenario los gastos de tiempo de trabajo calculados son equivalentes al tiempo efectivo total, debido a que no se estiman incrementos considerables en la productividad del trabajo ($k_{pt} = 0$) y se espera un cumplimiento del 100% de la norma ($K_{cn} = 1$), sustituyendo estos valores en la fórmula (2.2) se comprueba lo siguiente: $T_{efecttotal_k} = \sum t_{Ntotal}$.

$$T_{efecttotal_k} = \frac{\sum t_{Ntotal}}{K_{cn}(1+K_{pt}1)} \quad (2.2)$$

Debe reiterarse que los totales por cada una de las operaciones, representan el gasto de tiempo de trabajo o la carga de trabajo por cada uno de los procesos, lo cual constituyen la base para la determinación de la cantidad de puestos de trabajo.

2.4.3.3. Determinación de la cantidad de máquinas, equipos y puestos de trabajo

Unido al diseño del proceso tecnológico para la elaboración de los productos comprendidas en el programa de producción, se seleccionan los tipos de máquinas, equipos y puestos de trabajo en general, que serán los encargados de realizar las operaciones que este comprende, y cuya cantidad o necesidades depende de la relación existente entre los gastos de trabajo necesarios para elaborar la producción considerada y su capacidad de trabajo. En el caso analizado, este cálculo se realiza de manera detallada justificado por la utilización de programas detallados de producción, en correspondencia con el diseño, también detallado, de los procesos tecnológicos y el cálculo de los gastos de tiempo de trabajo mediante normativas, mediante la fórmula

$$Z_{ik}^* = \frac{T_{efectotalk}}{t_{fmk}} \quad (\text{máquinas}) \quad (2.3)$$

Donde:

Z_{ik}^* : necesidades calculadas de máquinas o equipos del tipo k en el paso de trabajo i .

$T_{efectotalk}$: gasto de tiempo efectivo necesario para cumplir con la producción i en la máquina k .

t_{fmk} : fondo de tiempo real de una unidad de maquinaria o equipo (h/año).

Para aplicar la expresión de cálculo (2.3), es preciso determinar el fondo de tiempo real de una unidad de maquinaria o equipo a partir de la fórmula (2.4).

$$t_{fmki} = [D_A - (D_s + D_d + D_F)] * h_s * \%_{(mtto + limp)} \quad (\text{h/año}) \quad (2.4)$$

Donde:

D_A : días del calendario al año (365)

D_s : días sábados al año (52)

D_d : días domingos al año (52)

D_F : días feriados al año (6)

h_s : cantidad de turnos que labora la empresa.

$\%_{(mtto + limp)}$: por ciento del fondo de tiempo destinado al mantenimiento y limpieza de los equipos.

A modo de ejemplo, se determina el fondo de tiempo real para la operación de mezclado mecánico a partir de la expresión (2.4), coincidiendo en la manera de proceder para la otra operación que requiere también de este análisis. Para ello, es preciso señalar que la Planta

tiene destinado un fondo de tiempo de un 8% al mantenimiento y limpieza de las mezcladoras y tanques plásticos.

$$t_{imk} = (255 \text{ días/año} \times 8 \text{ horas/turno} \times 1 \text{ turno/día}) \times 0,92$$

$$t_{imk} = 1.876,8 \text{ h/año.}$$

$$t_{imk} = 1.876 \text{ h/año.}$$

De esta manera se puede constatar que el fondo de tiempo real de maquinaria o equipo para las operaciones de mezclado mecánico y de reposo, se corresponde con el valor determinado en el ejemplo anterior.

En base a los resultados del tiempo efectivo total (**Tabla 2.6**) y el fondo de tiempo total por operación, se procede a calcular la cantidad de equipos y puestos de trabajo para cada proceso mediante la fórmula (2.3). A modo de ejemplo se realiza el cálculo para la operación de mezclado mecánico, procediéndose de manera similar para el resto de las actividades. El resultado final de la cantidad de equipos y los decididos se muestran en la **Tabla 2.7**.

Operación de mezclado mecánico

$$Z_{ik}^* = \frac{2066,25 \text{ h/año}}{1.876 \text{ h/año_equipo}} = 1,10 \text{ mezcladora}$$

Tabla 2.7 Cantidad de equipos calculados y decididos por operación

	Operaciones	
	Mezclado mecánico	Reposo en tanques
Z_{ik}^*	1.10	3.19
Z_{ik}	2	4
η_c (%)	55%	80%
Z'_{ik}	4	5

Fuente: elaboración propia.

El valor de Z_{ik}^* sería la cantidad de equipos o puestos de trabajo calculados, el Z_{ik} la cantidad decididos y Z'_{ik} la existencia disponible de estos medios en la planta. Para determinar los Z_{ik} se aplica la regla de Rockstroh referenciada por Woithe & Hernández Pérez (1986a), basándose en éste, solo fueran necesarias una mezcladora, laborando un 10% del tiempo extra, pero la entidad solo trabaja un turno de trabajo, por lo que se hace preciso utilizar dos.

Conjuntamente al cálculo del equipamiento, se determinó el índice de carga de los equipos o medios (η_c) a partir de la fórmula (2.5), lo que significa en qué medida las máquinas o medios son utilizados para cumplir el programa de producción con respecto a su tiempo disponible.

$$\eta_c = \frac{Z * ik}{Zik} * 100 (\%) \quad (2.5)$$

Contrariamente a los resultados que se muestran en la **Tabla 2.7** en la Planta están instalada cuatro mezcladoras, dos más de las que necesitan, lo que evidencia una subutilización de estos recursos. Sin embargo, si se analiza que la norma de consumo por cada 1.000 L de detergentes Fenolado o Clorado es 251 L del detergente Multiuso, y que la capacidad de cada mezcladora es de 160 L, para lo cual requiere un tiempo de dos horas, se notará que lejos de perjudicar, ya que están instaladas, viabilizan este proceso. Si a esto, se le agrega la variabilidad que han tenido los planes de producción de un período a otro, se fundamenta entonces la disponibilidad de estos equipos. La estrategia que puede seguir la empresa, es valorar en función de la disponibilidad de tiempo de estos equipos e introducir un producto con una secuencia semejante que satisfaga alguna decisión territorial y cumpla con su objeto social, de modo que incremente los índices de carga y el nivel de beneficio.

Situación semejante sucede en el caso de los tanques plásticos, existe una disponibilidad en la Planta de cinco tanques y se necesitan cuatro, sin embargo, esta es una situación común en estos tipos de procesos productivos, como alternativa a los diversos contextos operativos en los suelen desenvolverse.

2.4.3.4. Cálculo de las necesidades de fuerza de trabajo

La determinación de las necesidades de fuerza de trabajo se procede en correspondencia con el proceso tecnológico y con el gasto de tiempo de trabajo necesario para cumplir el programa de producción. Para el caso de la fuerza de trabajo directa se empleó el método detallado basado en el cálculo de los gastos de tiempo de trabajo mediante normativas, que utiliza la expresión de cálculo siguiente:

$$O_{DPI} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{efectij}}{t_{foi}} \quad (\text{obreros}) \quad (2.6)$$

Donde:

O_{DPI} : número de obreros directos de producción correspondientes a la técnica de trabajo i .

$T_{efectij}$: gasto de tiempo para ejecutar la producción tomando como referencia un año.

t_{foi} : fondo de tiempo anual disponible de un obrero directo de la producción en el paso o técnica de trabajo i , en h/año.

Para aplicar la expresión de cálculo (2.6), es preciso determinar fondo de tiempo disponible de un obrero de producción a partir de la fórmula (2.7).

$$t_{foi} = [D_A - (D_s + D_d + D_F)] * h_s - (t_v + t_{enf.} + t_{aus} + t_{de} + t_{otros}) \text{ (h/año)} \quad (2.7)$$

A modo de ejemplo, se determina el fondo de tiempo disponible de un obrero de producción para la operación de pesaje y dosificación, a partir de la expresión (2.7), coincidiendo en la manera de proceder para determinar este parámetro en el resto de las actividades dentro de la secuencia tecnológica.

$$t_{foi} = [365 - (52 + 52 + 6)] * 8 \text{ h/día}$$

$$t_{foi} = 2.040 \text{ h/año.}$$

En base a los resultados del fondo de tiempo disponible de un obrero de producción para cada operación (**Tabla 2.8**) y el tiempo efectivo para cada actividad manual (**Tabla 2.6**), se procede a calcular la cantidad de obreros directos de producción correspondientes a la técnica de trabajo mediante la expresión (2.6). A modo de ejemplo se realiza el cálculo para la operación de pesaje y dosificación, procediéndose de manera similar para el resto de las actividades. La cantidad de obreros directos de producción calculada y los decididos por cada estación de trabajo se ilustra en la **Tabla 2.8**.

Operación de pesaje y dosificación

$$O_{DP \text{ pesaje}} = \frac{T_{efect}}{T_{foi}} = \frac{166,64}{2.040} = 0,081$$

Tabla 2.8: Cantidad de fuerza de trabajo directa para satisfacer el plan de producción en 2016.

Nº de Puesto	Operación	Tipo	Tefect (h/año)	t_{foi} (h/año_obraero)	Nº Obreros	Nº Obreros Decididos
1	Pesaje	Manual	166,64	2.040	0,081	1
2	Mezclado	Manual	75	2.040	0,0367	
3	Inspección	-	83,32	2.040	0,040	
4	Etiquetado	Manual	1.054,8	2.040	0,517	1
5	Llenado	Manual	1.560	2.040	0,764	1
6	Embalaje	Manual	817,2	2.040	0,40	1

Fuente: elaboración propia.

Una vez determinada la fuerza de trabajo directa para las operaciones manuales, se procede a calcular de manera detallada en las actividades mecánicas, específicamente en la segunda estación de trabajo, donde se mezclan las materias primas necesarias para la elaboración del detergente Multiuso. Para ello, se emplea el método de asignación a puestos de trabajos, a través de las expresiones de cálculo (2.8) y (2.9).

$$O_{DPk} = \frac{Zk * dk * Sk}{KmK} \left(1 + \frac{\Delta t_{fk}}{T_{fm}} \right) \quad (2.8)$$

$$\Delta t_{fk} = t_{fmk} - t_{fok} \quad (2.9)$$

O_{DPk} : número de obreros directos de producción asignados al puesto de trabajo k.

Z_k : número de máquinas o equipos del tipo k que tienen que ser atendidas por los tipos de operarios k.

d_k : densidad de obreros directos a producción vinculados al puesto de trabajo k.

s_k : número de turnos de trabajo que labora el puesto k.

k_{mk} : coeficiente de atención a múltiples máquinas o equipos del tipo k.

Δt_{fk} : diferencia entre el fondo de tiempo disponible de la máquina o equipo del tipo k (t_{fmk}) y de un obrero directo que trabaja vinculado a esta (t_{fok}).

Puesto 2 Mezclado (Mecánico)

$$O_{DP}^* 2 = \frac{Zk * dk * Sk}{KmK} \left(1 + \frac{\Delta t_{fk}}{T_{fm}} \right)$$

$$O_{DP}^* 2 = \frac{4 * 1 * 1}{4} \left(1 + \frac{-164}{2040} \right) = 0,9196 = 1 \text{ operario.}$$

$$\Delta t_{fk} = t_{fmk} - t_{fok} = 1.876 \text{ h/año} - 2040 \text{ h/año} = -164 \text{ h/año}$$

Determinada la fuerza laboral directa necesaria en la segunda estación de trabajo, y al ser esta una actividad semiautomática donde no es necesario que el obrero este enfrente de la mezcladora todo el tiempo que esta precisa para cumplir la actividad, solo algunos instantes para evaluar ciertos patrones de su desempeño, se corrobora que la necesidad de fuerza de trabajo en esta estación es de un obrero directo y que puede asumir incluso las actividades de pesaje, mezclado manual e inspección como se muestra en la **Tabla 2.5** igual a un operario.

Fuerza de trabajo indirecta

Los requerimientos de fuerza de trabajo de las restantes categoría ocupacionales que demanda la instalación pueden calcularse mediante métodos de carácter global o detallado. Entre los métodos de cálculo globales más utilizados para la proyección, para determinar las necesidades

de fuerza de trabajo de las distintas categoría se encuentra el basado en índices relativos respecto a los obreros directos de producción, basándose en la expresión (2.10).

$$FT_i = O_{DP} * \frac{K'_{l}}{100 * (1 + K_{pt2})} \text{ (personas) (2.10)}$$

Donde:

FT_i : cantidad de trabajadores de la categoría ocupacional i necesarios en la fábrica que se proyecta o reconstruye.

O_{DP} : cantidad de obreros directos de producción calculados.

K_{pt2} : coeficiente de aumento de la productividad del trabajo previsto para los trabajadores de la categoría ocupacional i .

K'_{l} : índice relativo de la fuerza de trabajo de la categoría ocupacional i respecto a los obreros directos de producción de una fábrica.

En Cuba se respalda el hecho de que la fuerza de trabajo directa represente 80 % del total de trabajadores, lo que dejaría un 20 % a la fuerza de trabajo indirecta, $K'_{l} = 20\%$. Basándose en esta situación, se sustituye en la expresión (2.10), enfatizando que no se tiene previsto incremento de la productividad para los trabajadores de esta categoría ocupacional, por quedaría de la forma siguiente:

$$FT'_i = 4 * \frac{20}{100 (1 + 0)} = 1 \text{ obrero indirecto}$$

En resumen, las necesidades de fuerza de trabajo para satisfacer el plan de producción de detergentes en el año 2016 son de seis trabajadores en total, repartidos de la forma siguiente: un obrero indirecto, que sería el JB y técnico de producción, cuatro obreros directos distribuidos de la forma en que aparecen en la **Tabla 2.8**, de ellos uno será calificado como técnico de producción y será el encargado de las actividades de pesaje, mezclado manual y mecánico e inspección. Por último, existirá un obrero auxiliar responsable de transportar los insumos de un puesto a al siguiente, mediante los medios disponibles en la Planta (cajas plásticas y un gancho); además complementará en actividades secundarias en las operaciones de etiquetado y embalaje. El trabajador disponible puede ser reubicado en otras de las áreas de la empresa, sin embargo, esto no significa que bajo determinadas circunstancias se incremente la cantidad de trabajadores durante un período de tiempo como decisión operativa de la empresa para cumplir con las demandas en los plazos acordados, siempre sobre aquellas actividades que determinan el ciclo de producción y por ser operaciones meramente manuales fundamenta esta decisión, dígame etiquetado, envasado y durante el embalado.

2.4.3.5. Cálculo de las necesidades de materiales

El cálculo de las necesidades de materiales se efectúa sobre la base del programa de producción. En este caso, están determinadas mediante el método detallado de normativas de consumo, debido que este permite obtener resultados con un mayor grado de detalle, de ahí que se utilice en correspondencia con programas detallados.

Antes de proceder con este cálculo, constituye un paso fundamental en todo proyecto formar grupos de necesidades de materiales, ya sea en cuanto a la forma, tamaño o, incluso a la cercanía de los proveedores. Para el caso específico del presente trabajo de diploma la lista de materiales será agrupada en cuanto la unidad de medida que la empresa tiene establecida para cada una de estas materias primas, dígame kilogramos (kg) en el grupo I (**Tabla 2.9**), litros (L) en el grupo II (**Tabla 2.10**) y (unidades) grupo III (**Tabla 2.11**), a partir de la expresión de cálculo (2.11) modificada para las condiciones existentes.

$$M_y = \sum \left(\frac{m_{yj} \cdot Q_j}{n_j} \right) + M_{sy} \quad (2.11)$$

Donde:

M_y : necesidades totales de materiales para el producto y , en kg/año, litros/año o unidades/año.

m_{yj} : normativa de consumo de material para el producto y según el tamaño del lote de producción expresados en kg/lote, litros/lote o unidades/lote.

Q_j : volumen de producción anual del producto j previsto en el programa, en litros/año.

n_j : tamaño del lote en litros/lote

M_{sy} : consumo total anual de materiales para la producción auxiliar y otros fines.

A modo de ejemplo, se determinan las necesidades de maranil utilizado en la producción del detergente Multiuso, ya sea tanto como materia prima, como para producto final (1 L y 20 L), a partir de la expresión (2.10) y la norma de consumo de esta materia prima (**Tabla 2.9**) que pertenece al grupo I de materiales. De esta manera se procede para el resto de las necesidades de materiales, según el grupo de materiales al que pertenecen. Para este caso, se considera ($M_{sy} = 0$), debido a que no existen consumo de este material para otros fines en la empresa.

$$M_{\text{maranil}} = \left(\frac{14,4648 \text{ kg/lote} * (6.000 + 84.000 + 75.3000) \text{ L/año}}{160 \text{ L/lote}} \right) = 14.943,95 \text{ kg/año.}$$

En base a este resultado y conociendo el medio con que la empresa adquiere regularmente este producto (**Tabla 2.9**), tanques de 210 kg para este caso, se determinan la cantidad aproximada de pedidos al año para satisfacer esta necesidad (**Tabla 2.9**), de manera semejante

sucede para los materiales de los grupo I, II y III que aparecen en las **Tablas 2.9, 2.10 y 2.11** respectivamente.

Tabla 2.9: Cálculo de las necesidad de materiales para el Grupo I.

Grupo I de Materiales								
Nº	Material	UM	m_{yj} (U/lote)	q (L/lote)	Q_j (L/año)	$\Sigma(m_{yj} * Q_j)$ (kg/año)	Medios para el pedido	Pedido
1	Maranil	Kg	14,4648	160	165.300	14.943,95	Tanques 210 kg	72
2	Sosa	Kg	2,177	160	165.300	2.249,11	Tanques 170 kg	14
3	Cocamina	Kg	0,9424	160	165.300	973,62	Tanques 170 kg	6
4	Lauril	Kg	9,408	160	165.300	9.719,64	Tanques 170 kg	58
5	Formol 37%	Kg	0,1458	160	165.300	150,63	Tanques 175 kg	1
6	sal común	Kg	2,4696	160	165.300	2.551,41	Bolsas 25 kg	103
7	Fenol	Kg	2,04	1.000	60.000	122,40	Tanques 200 kg	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2.10: Cálculo de las necesidad de materiales para el Grupo II.

Grupo II de Materiales									
Nº	Material	UM	m_{yj} (U/lote)	q (L/lote)	Q_j (L/año)	$\Sigma(m_{yj} * Q_j)$ (L/año)	M_{sy} (L/año)	Medio para el pedido	Pedido
1	Hipoclorito de sodio	L	51	1.000	244.000	12.444,00	8.265	Tanques 208 L	100
2	Agua destilada	L	727,3	1.000	304.000	221.087,04	-	Autocisterna 7.000 L	32
3	Glicerina	L	10,2	1.000	304.000	3.100,80	-	Tanques 208 L	15
4	Agua purificada	L	140,6	160	165.300	145.291,47	-	Autocisterna 7.000 L	21

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2.11: Cálculo de las necesidades de materiales para el Grupo III.

Grupo III de Materiales						
Nº	Material	Unidad de medida	Q_j (U/año)	$\Sigma(m_{yj} * Q_j)$ (U/año)	Medio para el pedido	Pedido
1	Envases 1 L	unidades	138.000	138.000	Paquetes (130 unidades)	1.062
2	Envases 5 L	unidades	33.600	33.600	Paquetes (30 unidades)	1.120
3	Envases 20 L	unidades	4.200	4.200	Cantidad aleatoria	-
4	Etiquetas 1 L	unidades	138.000	138.000	Paquetes de 2.500	56
5	Etiquetas 5 L	unidades	33.600	33.600	Paquetes de 2.500	14
6	Etiquetas 20 L	unidades	4.200	4.200	Paquetes de 2.500	2
7	Tapas para 1 L	unidades	138.000	138.000	Paquetes de 7.000	20
8	Tapas para 5 L	unidades	33.600	33.600	Cada envase trae su propia tapa	-
9	Tapas para 20 L	unidades	4.200	4.200		

Fuente: elaboración propia.

2.4.3.6. Determinación de las necesidades de áreas

Otro de los elementos a considerar dentro de los factores que determinan la distribución en planta son las necesidades de áreas, sin embargo, en los proyectos de redistribución es más común que la instalación exista, y las determinadas áreas de esta, constituyan una de las restricciones que deben ser analizadas detalladamente por el personal encargado de esta tarea. En la Planta de Productos Químicos sucede similar, el factor edificio, que comprende los elementos y particularidades interiores y exteriores del mismo, ya existen y condicionan el proyecto de redistribución, por lo que se persigue entonces, lejos de ampliar la capacidad de área con un nuevo local, es diseñar una distribución capaz de aprovechar eficientemente las capacidades actuales de área.

2.4.3.7. Distribución en planta

Como última etapa dentro de los factores que determinan la distribución en planta se encuentra el diseño de la organización espacial de la producción. Los autores de la metodología seleccionada para aplicar en el presente trabajo de diploma abordan este concepto como: el ordenamiento de los puestos de trabajo y máquinas, en concordancia con las secuencias de elaboración de los pasos de trabajo del proceso tecnológico de elaboración de los productos y piezas que componen el programa de producción (Woithe & Hernández Pérez, 1986a).

Este paso se fundamenta en los elementos siguientes: análisis de los principios de distribución en planta, análisis de las características constructivas del edificio y la integración de cada uno de los factores que determinan la distribución en planta. Continuando con esta línea de trabajo se deducen ciertas premisas a considerar: 1) respetar en primera instancia la localización de estructuras fijadas o empotradas a diferentes áreas de la Planta; 2) respetar la secuencia tecnológica para sobre la base de esta localizar lo más próximo posible una actividad de su predecesora y su sucesora; 3) localizar las áreas de producción terminada cerca de los puntos de acceso a la Planta; 4) estructurar en función de lo posible un sistema productivo armónico que garantice el mejor ambiente de trabajo, no solo para los trabajadores, sino también en cuanto a los equipos, medios de trabajo y las propias estaciones de trabajos.

Una primera propuesta para la distribución de la planta considera las principales deficiencias durante el análisis de los principios y las premisas antes enunciadas, se ilustra en el **Anexo 7**. Las principales modificaciones, consisten en reubicar las estaciones de trabajo de etiquetado y embalado, hacia el área ocupada por los productos terminados. Esta medida repercute significativamente, al disminuir o minimizar u optimizar, la distancia entre el área de productos terminados y la puerta de salida, lo que reviste gran importancia si se considera que en varias ocasiones estos productos son despachados de la propia instalación. Otro de los aspectos que sobresalen de esta propuesta es que respeta la secuencia tecnológica, si se compara con la distribución original, ordenando de modo eficiente las estaciones de trabajo, lo que garantiza los flujos de personas y de materiales de una actividad a las siguientes.

Una segunda variante y más radical que la anterior, concibe cambios estructurales más significativos encaminados a solucionar de manera más eficiente las problemáticas que arrojó el análisis los principios (**Anexo 8**). En esta, disminuyen las distancias de una actividad a sus sucesoras notablemente, con respecto a la primera variante (**Anexo 7**), y mejora la correspondencia entre las ubicaciones de las estaciones de trabajo con la secuencia tecnológica.

2.4.4. Paso 4. Integración del sistema

En este paso se selecciona la variante que mejor se ajusta a la problemática de la investigación, en base al análisis de los principios de distribución en planta, a las necesidades de recursos humanos, tecnológico y de materiales, determinados durante el *Paso 3. Factores que determinan la distribución en planta*, y a los requisitos para implementar cada una de las propuestas, dígame tiempo, economía, fuerza de trabajo especializada o no, y equipamiento. En función a todo lo mencionado anteriormente, se selecciona la primera variante (**Anexo 7**),

menos compleja en cuanto a los cambios, debido a que no fue necesario aumentar la cantidad de equipos y medios en la planta para satisfacer el plan de producción. Además, esta no amerita una fuerza de trabajo especializada, y los mismos trabajadores de la entidad pueden desarrollarla durante un período de tiempo de la jornada laboral, sin afectar, incluso, el cumplimiento del programa de producción. A continuación se describen los pasos siguientes del procedimiento adoptado como guía durante la etapa de puesta en marcha de la variante de distribución seleccionada en planta objeto de estudio.

2.4.5. Paso 5. Ejecución del sistema

Este paso del procedimiento tiene la misión de gestionar el proceso de implementación y puesta en marcha de la propuesta de distribución en planta seleccionada. Para ello, puede ser útil utilizar un cronograma donde se plasmen cada una de las actividades a realizar y sus objetivos, así como los responsables, el personal que en ella intervendrá y el tiempo que disponen.

2.4.6. Paso 6. Análisis de funciones del sistema

En esta última etapa, se prevé un análisis de la fase de organización de las pruebas de funcionamiento y de la explotación o asimilación de la capacidad de diseño de la instalación, de modo que se logre el cumplimiento de los parámetros técnico-económico de diseño, en función de los requerimientos y objetivos planteados de inicio en el proyecto. Esto se debe a que a menudo es necesario proyectar y realizar cambios o modificaciones. Como resultado final, se obtiene una instalación industrial que en su estructura interna esta lista para la producción.

2.5 Conclusiones parciales

1. El procedimiento planteado por Woithe & Hernández Pérez (1986a), y seleccionado para la ejecución del presente trabajo de diploma, demostró sus potencialidades en los proyectos de redistribución en planta.
2. Las deficiencias derivadas del análisis de los principios de distribución en planta evidenció un incumplimiento de la secuencia tecnológica, así como entrecruzamientos y retrocesos en el flujo productivo.
3. El cálculo de la cantidad equipos y medios necesarios para cumplir el programa de producción en el horizonte de tiempo analizado, reveló que las mezcladoras y los tanques plásticos existentes son subutilizados.
4. El análisis de la fuerza de trabajo demostró la necesidad de reordenar la plantilla laboral de siete trabajadores actuales a los seis propuestos, en función de potenciar los índices de aprovechamiento.

5. El cálculo de las necesidades de materiales proporcionó el total de insumos y la cantidad de pedidos por tipo de material que satisfacen el programa de producción durante el período analizado.
6. La aplicación del procedimiento para la distribución en planta permitió realizar dos propuestas de rediseño en la empresa objeto de estudio basadas en los problemas detectados y en las variaciones del plan de producción.

Conclusiones Generales

CONCLUSIONES GENERALES

Como resultado del presente trabajo diploma pudo arribarse a las conclusiones generales siguientes:

1. La bibliografía consultada evidenció la existencia de un amplio número de publicaciones que enfatizan en el desarrollo de aproximaciones y métodos destinados a tratar y resolver los problemas de distribución en planta, así como estudios con experiencias similares en la aplicación de un procedimiento para la distribución de una instalación.
2. El procedimiento planteado por Woithe & Hernández Pérez (1986a), y seleccionado para la ejecución del presente trabajo de diploma, demostró sus potencialidades en los proyectos de redistribución en planta.
3. El proyecto de distribución en planta permitió comprobar que la cantidad de mezcladoras, de tanques plásticos y de personal disponible son subutilizados en base al programa de producción; además, arrojó el total insumos y la cantidad pedidos por tipo de material que lo satisfacen.
4. La aplicación del procedimiento para la distribución en planta permitió realizar dos propuestas de rediseño en la empresa objeto de estudio basadas en los problemas detectados y en las variaciones del plan de producción.
5. La alternativa seleccionada mejora considerablemente la distribución en planta, eliminando los entrecruzamientos del flujo productivo y reordenado las estaciones de trabajo en función de la secuencia tecnológica; además, para su implementación requiere de menos tiempo y recursos que la otra variante, por lo queda resuelto el problema de investigación y cumplidos los objetivos propuestos.

Recomendaciones

RECOMENDACIONES

1. El procedimiento seleccionado es una herramienta factible para la distribución de instalaciones, es por ello que se recomienda ponerlo en práctica como metodología para elevar la eficiencia en la distribución en planta de diversas organizaciones.
2. Desarrollar los pasos 5 y 6 del procedimiento seleccionado en la Planta objeto de estudio como guía durante la etapa de puesta en marcha y comprobación de los resultados de la variante distribución en planta seleccionada.
3. Evaluar la rentabilidad económica de la segunda variante propuesta durante el presente trabajo de diploma, como estrategia a implementar en la Planta de Productos Químicos en un horizonte a largo plazo.
4. Diseñar un sistema de gestión de inventarios para los materiales utilizados en la elaboración de detergentes que considere la capacidad de almacenamiento disponible en la empresa y el total de pedidos por tipo de material determinado durante la presente investigación.
5. Programar la elaboración de productos tecnológicamente similares que respondan a estrategias territoriales consideradas dentro del objeto social de la empresa e incrementen los índices de aprovechamiento de la mano de obra y la infraestructura tecnológica instalada.
6. Realizar estudios similares en el resto de las unidades productivas de la empresa LABIOFAM de Villa Clara.
7. Proponer el siguiente trabajo de diploma como documento de consulta para los estudiantes que cursen la asignatura de Distribución en Planta y para los empresarios interesados en el tema.

Bibliografia

BIBLIOGRAFÍA

1. Adame Araque, A. L. (2013). *Plan de negocios para la creacion de la Empresa BIOTOX SAS*. Trabajo de Grado presentado como requisito para optar por el título de Especialista en Gerencia de Proyectos. Bogotá, Escuela de Administracion de Negocios.
2. Allahyaria, M. Z. & Azabb, A. (2015). "A Novel Bi-level Continuous Formulation for the Cellular Manufacturing System Facility Layout Problem" en *Procedia CIRP*, Vol. 33, pp. 87-92.
3. Benjaafar, S. & Sheikhzadeh, M. (1997). *Design of Flexible Plant Layouts*. Minneapolis, USA, IIE Transactions.
4. Blanco Fernández, J., Jiménez Macías, E., Martínez Cámara, E. & García Alcaraz, J. L. (2012). "Aplicabilidad de la planificación sistemática de la distribución en planta (layout) en el sector vitivinícola de La Rioja (España)." en *Academia Journals*, Vol. 4, No. 3, pp. 334-338.
5. Bobby John, Jubin James & Rengaraj, R. M. (2013). "Analysis and optimization of plant layout using relative allocation of facilities technique " en *International journal of emerging technology and advanced engineering*, Volume 3, Issue 8, August 2013, pp. 514-520.
6. Cardona, D., Forero, J. D., Cardona, L. F. & Rivera, L. (2012). "El WIP como objetivo estratégico en la distribución de planta" en *Ingenium*, Vol. 6, No. 14, pp. 23-36.
7. Castillo Villegas, A. (2007). *La aplicación de redes neuronales en la distribución en planta*. Monografía para optar por el título de Ingeniero Industrial. Pachuca de Soto, , Universidad Autónomá del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencia Básicas e Ingeniería. Área Académica de Ingeniería.
8. Castro Triay, J. J. (2015). *Proyecto de distribución en planta e instalaciones de una industria dedicada a la producción de pasteles*. Tesis de Grado en opción al título de Ingeniero en Alimentos. Barcelona, España, Universidad Politécnica de Cataluña.
9. Cobo Ortega, Á. & Serrano Bedia, A. M. (2005). "Un algoritmo híbrido basado en colonias de hormigas para la resolución de problemas de distribución en planta orientados a procesos" en *XIII Jornadas de ASEPUMA*.
10. Collazos Valencia, C. J. (2013). *Rediseño del sistema productivo utilizando técnicas de distribución de planta. Caso de estudio planta procesadora de alimentos*. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Magister en Ingeniería Industrial. Manizales, Colombia, Universidad Nacional de Colombia.

11. Correa Castellanos, P. C. & Oliveros Real, D. A. (2015). *Propuesta para el mejoramiento de la distribución en planta de la empresa DERJOR LTDA*. Tesis de Grado en opción al título de Ingeniero Industrial. Bogotá D.C, Colombia, Universidad Militar Nueva Granada. Facultad De Ingeniería. Programa de Ingeniería Industrial.
12. Chandratre, K. V. & Nandurkar, K. N. (2011). "Applying Genetic Algorithm to Dynamic Layout Problem" en *International Journal of Applied Operational Research*, Vol. 1, 3, pp. 1-9.
13. Chaparro Santos, K. C., Sánchez Aguirre, R. A. & Valencia Sanabria, G. L. (2014). *Propuesta de diseño y distribución de planta para la empresa alambres y mallas S.A*. Trabajo de Grado para optar por el título de Tecnólogo en Logística. Soacha, Colombia, Corporación Universitaria Minuto de Dios Regional Soacha.
14. Chase, R., Jacobs, F. & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros*. Duodécima edición, México, D.F, Editorial McGraw-Hill Educación.
15. Del Río, M. G., Martínez, J., Martín, A. & Bravo-Aranda, G. (2003). "Estudio comparativo de las estrategias para la distribución del espacio en planta en los campos de la arquitectura e ingeniería", [En Línea]. disponible en: www.aepro.com/files/congresos/2003pamplona/ciip03_1529_1538.2287.pdf [Accesado 2 de febrero del 2016].
16. Díaz Durán, J. A. (2016). *Rediseño de planta de producción de productos químicos para limpieza*. Trabajo de diploma en opción del título de Ingeniero Químico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala.
17. Diego Más, J. A. (2006). *Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos*. Tesis Doctoral. Valencia, España, Universidad Politécnica de Valencia.
18. Domínguez Machuca, J. A., Álvarez Gil, M. J., Domínguez Machuca, M. Á., Jiménez, A. R. & García González, S. (1995). *Dirección de Operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. Madrid, España, Editorial McGraw-Hill Educación.
19. Dongo Caycho, P. A. (2007). *Estudio de Pre-factibilidad para la implementación de una industria que elabore champú con extracto jojoba*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial. Lima – Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú.
20. Drira, A., Pierreval, H. & Hajri-Gabouj, S. (2007). "Facility layout problems: A survey" en *Annual Reviews in Control*, Vol. 31, pp. 255-257.

21. Fernández Romero, H. (2015). *Proyecto tecnológico de una fábrica de helados por cuenta propia en Esperanza*. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Industrial. Santa Clara, Cuba, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.
22. Fontecha Martín, M. & Velásquez Urrego, H. V. (2013). *Propuesta de un diseño de planta para el envase de productos betalactámicos estériles inyectables*. Tesis de Grado en opción al título de Químico Farmacéutico. Bogotá, Colombia, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Facultad de Química Farmacéutica.
23. G. Hernández-Díaz, A., Guerrero Casas, F. M., Caballero Fernández, R. & Molina Luque, J. (2006). "Algoritmo Tabú para un problema de distribución de espacios" en *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, pp. 25-27.
24. Gaither, N. & Frazier, G. (2000). *Administración de Producción y Operaciones*. Octava edición, Editorial International Thomson.
25. Galindo Álvarez, A. M. (2009). *Desarrollo de un método de Distribución Física aplicable en la Industrias Ecuatorianas*. Previo a la obtención del título de Magíster en Administración de Operaciones. Guayaquil, Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Litoral.
26. García Londoño, A. (2013). *Solución del problema dinámico estocástico de la distribución de planta mediante el uso de un algoritmo genético*. Trabajo de grado para optar por el título en Ingeniería Industrial. Bogotá DC, Pontificia Universidad Javeriana.
27. Garza, R., González, C. & Salinas, E. (2005). "Aplicación de las Técnicas Multicriterio Multiexpertos dentro del perfil del Ingeniero Industrial" en *Ingeniería Industrial*, Vol. XXVI, No. 1, pp. 31- 42.
28. Giraldo Ariza, T. A. (2010). *Plan de negocio para la creación de una empresa comercializadora de productos de belleza capilar y facial en la ciudad de bogotá*. Trabajo de grado para optar al título de Administrador de Empresas. Bogotá D.C., Pontificia Universidad Javeriana.
29. Gómez Figueroa, O., et al. (2007). *Localización y Distribución en Planta de instalaciones de producción y servicios. Apuntes para un libro de texto*. Matanzas, Cuba, Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Facultad de Ingeniería Industrial - Economía. Departamento de Ingeniería Industrial.
30. Gómez Figueroa, O., Pérez Gosende, P. A. & Diéguez Matellán, E. L. (2008). *Metodologías para la resolución de problemas de distribución en planta*. [En línea]. Matanzas, Cuba, disponible en: www.monografias.com/Ingenieria [Accesado 8 de febrero del 2016].

31. Gómez Segura, C. E. (2012). *Metodología para la optimización de la distribución de planta de TECMO Estructuras Metálicas S.A.* Bogotá D.C., Pontificia Universidad Javeriana.
32. González Rivera, D. (2015). "Impactos de la asignatura Distribución en Planta en la formación de estudiantes para la gestión de procesos en Ingeniería Industrial" en *Revista Universidad y Sociedad*, 7, 3, pp. 23-27.
33. Greasley, A. (2008). *Operations Management*. London, Great Britain, Sage Course Companions.
34. Guerrero Ayala, L. B. (2010). *Propuesta de un algoritmo branch and cut para resolver el problema de distribución de planta bidimensional con áreas desiguales*. Tesis para obtener el grado de: Maestra en ingeniería de sistemas - investigación de operaciones. Universidad Nacional Autónoma de México.
35. Guerrero González, C. E. (2014). *Diseño de una planta de fabricación de jabón a partir de aceites vegetales usados*. Tesis en opción al título de Ingeniero Químico. Universidad de Almería. Facultad de Ciencias Experimentales y Escuela Politécnica Superior.
36. Hari Prasad, N., Rajyalakshmi, G. & Sreenivasulu Reddy, A. (2014). "A typical manufacturing plant layout design using CRAFT algorithm" en *Procedia Engineering*, Vol. 97, pp. 1808 – 1814.
37. Hassan, M. M. D. & Hogg, G. L. (1987). "A review of graph theory application to the facilities layout problem" en *OMEGA*, Vol. 15, No. 4, pp. 291-300.
38. Heizer, J. & Render, B. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones estratégicas*. Octava edición, Madrid, Editorial Pearson Educación.
39. Heragu, S. S. & Kusiak, A. (1990). "Machine layout: an optimization and knowledge-based approach" en *International Journal of Production Research*, Vol. 28, No. 4, pp. 615-635.
40. Heragu, S. S. & Kusiak, A. (1991). "Efficient Models for the Facility Layout Problem" en *European Journal of Operational Research*, Vol. 53, pp. 1-13.
41. Hernández Pérez, G. (2007). *Memorias del curso: Distribución en Planta*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad De Ingeniería Industrial y Turismo. Departamento de Ingeniería Industrial
42. Kassir, M. (2015). *Layout planning*. Chapter Four. [En línea]. disponible en: http://uotechnology.edu.iq/dep-production/branch3_files/ch4may.pdf [Accesado 31 de enero 2016].
43. Koopmans, T. C. & Beckmann, M. (1953). "Assignment problems and the location of economic activities" en *Econometrica*, Vol. 25, No. 1, pp. 53-56.

44. Krajewski, L., Ritzman, L. & Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones. Procesos y cadenas de valor*. Octava edición, México, Editorial Pearson Educación.
45. Kumar, S. A. & Suresh, N. (2009). *Operations Management*. Editorial New Age International
46. Kusiak, A. & Heragu, S. S. (1987). "The Facility Layout Problem" en *European Journal of Operational Research*, Vol. 29, No. 3, pp. 229-251.
47. Leyva, M., David, M. & Salas Bacalla, J. (2013). "Una taxonomía del problema de distribución de planta por procesos y sus métodos de solución" en *Industrial Data*, Vol. 16, N° 2, julio-diciembre, 28 de enero del 2016, pp. 132-143.
48. Loiola, E. M., Abreu, N. M. M. d., Boaventura-Netto, P. O., Hahn, P. & Querido, T. (2004). "An analytical survey for the quadratic assignment problem", [En Línea]. disponible en: http://www.seas.upenn.edu/qaplib/QAP_Survey_04.pdf#search='boaventura%20net [Accesado 20 de febrero del 2016].
49. López López, L. A. (2005). *Diseño de una planta procesadora de galletas de solla*. Tesis de Grado en opción al título de Ingeniero en Alimentos. Huajuapán de León, Oax., México, Universidad Tecnológica de la Mixteca.
50. Luna Nova, D. A. (2010). *Diseño y distribución de la nueva planta de vidrio templado y laminado VITELSA S.A. en la ciudad de Bogotá*. Tesis de Grado en opción al título de Ingeniero Industrial. Floridablanca, Bogotá, Universidad Pontificada Bolivariana. Escuela de Ingeniería y Administración.
51. Lutchmana, S. L., Groenwolda, A. A., Gauchéa, P. & Bodea, S. (2013). "On using a gradient-based method for heliostat field layout optimization" en *Energy Procedia*, Vol. 49, pp. 1429-1438.
52. Martínez González, C. L. (2002). *Diseño y simulación de un Red Neuronal aplicada al problema de distribución óptima en planta*. Tesis en opción al grado de Maestro en Ciencias, con especialidad en Ingeniería de Sistemas. México, D.F., Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.
53. Maynard, H. B. (1992). *Manual de ingeniería y organización industrial*. ISPJAE.
54. Mejia, H., Wilches, M. J., Galofre, M. & Montenegro, Y. (2011). "Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución" en *Scientia et Technica*, Año XVI, N° 49, pp. 63-68.
55. Meller, R. D. & Gau, K. Y. (1996). "The Facility Layout Problem: Recent and Emerging Trends and Perspectives" en *Journal of Manufacturing Systems*, Vol 15, N° 5, pp. 351-366.

56. Mohammed, T. I. & Odesanmi, G. A. (2014). "Development of a Flexible Plant Layout System for Small and Medium Scale Industries in Nigeria" en *The Pacific Journal of Science and Technology*, Vol. 15, No. 2, pp. 212-218.
57. Monga, R. & Khurana, V. (2015). "Facility Layout Planning: A Review" en *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology IJIRSET*, Vol. 4, Issue 3, March, pp. 976-980.
58. Moreno, A. D., Álvarez, A. A., Noble, V. M. & López, J. M. (2014). "Optimización multiobjetivo del problema de distribución de planta: Un nuevo modelo matemático" en *Ingeniería y Competitividad*, Vol. 16, No. 2, pp. 257-267.
59. Mulugeta, A., Beshah, B. & Kitaw, D. (2013). "Computerized facilities layout design" en *Journal of EEA*, Vol. 30, pp. 27-32.
60. Muñoz Cabanillas, M. (2004). *Diseño en la distribución en planta de una empresa textil*. Tesis en opción al título de Ingeniero Industrial. Lima, Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
61. Muther, R. (1970). *Distribución en planta*. Segunda edición, Barcelona, España, Editorial Hispano Europea.
62. Naresh Roy, R. (2005). *A Modern Approach to Operations Management*. Editorial New Age International.
63. ONE (2009). Jabonería y perfumería. Momentos significativos.
64. PCC (2011). Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. IV Congreso del Partido Comunista de Cuba. Habana, Cuba.
65. Porter, A. (2009). *Operations Management*. Venus Publishing ApS.
66. Puente, J., Fernández, I. & Monterrey, M. (1999). "La Distribución en Planta como aplicación de un sistema fuzzy de decisión" en *III Jornadas de Ingeniería de Organización*.
67. Rivera, L., Cardona, L., Vázquez, L. & Rodríguez, M. (2012). "Selección de alternativas de redistribución de planta: un enfoque desde las organizaciones" en *Revista S&t*, 10, 23, pp. 9-26.
68. Romero Dessens, L. F., González Anaya, J. A. & Lozano Cota, L. M. (2011). Optimización de Colonia de Hormigas para resolver el problema de Distribución en Planta. In: Rodríguez-Eliás, O. M., Perez-Soltero, A., Barceló-Valenzuela, M. & Serna Encinas, M. T. (eds.) *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*. disponible en: www.irsitio.com/refbasedocumentos18_RomeroDessens_etal2011.pdf [Accesado 22 de febrero del 2016].

69. Rosenblatt, M. J. (1986). "The dynamics of plant layout" en *Management Science*, Vol. 32, No. 1, pp. 76-78.
70. Salazar, A. F., Vargas, L. C., Añasco, C. E. & Orejuela, J. P. (2010). "Propuesta de distribución en planta bietapa en ambientes de manufactura flexible mediante el proceso analítico jerárquico" en *Revista EIA*, 14, pp. 161-175.
71. Schroeder, R. G. (1992). *Administración de Operaciones. Toma de decisiones en la función de operaciones*. Tercera Edición, México, Editorial McGraw-Hill.
72. Shim, J. & Siegel, J. (1999). *Operations Management*. Hauppauge, New York, Barron's Educational Series, Inc.
73. Shukla, V. V. & Waghmare, R. M. (2016). "A Plant Layout Design for a Bamboo Furniture Industry" en *IJSRSET*, Vol. 2, Issue 2, pp. 95-100.
74. Singh, S. P. & Sharma, R. R. K. (2006). "A review of different approaches to the facility layout problems" en *Int J Adv Manuf Technol*, Vol. 30, pp. 425-433.
75. Sortino, R. A. (2001). "Radiación y distribución de planta como gestión empresarial" en *Invenio*, vol. 4, No. 6, pp. pp. 125-139.
76. Tarazona Bermudez, G. M., Rodríguez Rojas, L. A. & Ochoa Rodriguez, J. F. (2014). "Modelos de Optimización de la Distribución en Planta" en *CISTI Iberian Conference on Information Systems & Technologies*, pp. 689-694.
77. Vera Martínez, Y. J. (2006). *Análisis de la distribución de las plantas de una empresa dedicada a la elaboración de chocolates y galletas*. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial. Guayaquil, Ecuador.
78. Vergel Ramírez, J. J. (2009). *Propuesta y análisis del diseño y distribución de planta de Alfering limitada SEDE II*. Tesis de grado en opción al título de Ingeniero Industrial. Santa Marta, Colombia, Universidad del Magdalena.
79. Vivekanand s Gogi, Rohith D, Shashi Kiran K & Shaikh, S. M. (2014). "Efficiency Improvement of a Plant Layout" en *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology IJSRSET*, Vol. 3, issue 4, April 2104, pp. 11203-11209.
80. Watanapa, A., Kajondecha, P., Duangpitakwong, P. & Wiyaratn, W. (2011). "Analysis Plant Layout Design for Effective Production " en *IMECS Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, Vol II, March 16-18.
81. Watanapa, A., Wiyaratn, W. & Kajondecha, P. (2014). "Improvement Printing Industry Plant layout for Effective Production" en *IMECS Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, Vol II, March 12 - 14.

82. Woithe, G. & Hernández Pérez, G. (1986a). *Fundamentos de la proyección de fábricas de construcción de maquinarias*. vol. I, Primera reimpresión, 1990, Ciudad de La Habana, Cuba, Editorial Pueblo y Educación.
83. Woithe, G. & Hernández Pérez, G. (1986b). *Fundamentos de la proyección de fábricas de construcción de maquinarias*. vol. II, Primera reimpresión, 1990, Ciudad de La Habana, Cuba, Editorial Pueblo y Educación.
84. Zavala Melgar, K. M. (2015). *Propuesta para la creación del departamento de producción para Fabricar Concentrados Químicos Dirigidos a La Industria de Productos de Aseo, en la Empresa "Produquimes" ubicada en la Ciudad De Guayaquil*. Tesis en opción al título de Ingeniera en Desarrollo de Negocios Bilingüe. Guayaquil, Ecuador, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

News

ANEXOS

Anexo 1: Diferentes combinaciones de movimiento de los medios de producción.

Elemento movido y su descripción	Ejemplo
Movimiento de material: probablemente el elemento más movido. El material se mueve de un lugar de trabajo a otro, de una operación a la siguiente.	Planta de embotellado, taller mecánico, refinería de petróleo.
Movimiento del hombre: los operarios se mueven de un lugar a al siguiente, llevando a cabo las operaciones necesarias sobre cada pieza de material. Esto rara vez ocurre sin que los hombres lleven consigo maquinaria (al menos sus herramientas)	Estibado de material en almacén; trasiego o mezcla de material en hornos de tratamiento o en cubas, control de la calidad, supervisión de procesos.
Movimiento de maquinaria: El trabajador mueve diversas herramientas o máquinas dentro de un área de trabajo para actuar sobre una pieza grande.	Máquinas de soldar portátil, forja portátil sobre cubierta de un buque.
Movimiento de material y de hombres: el trabajador se mueve con el material llevando a cabo una cierta operación en cada máquina o lugar de trabajo	Fabricación de utillaje; instalaciones de piezas especiales de una cadena de producción.
Movimiento de material y de maquinaria: los materiales y la maquinaria o herramientas van hacia los hombres que llevan a cabo la operación. Raramente práctico, excepto en lugares de trabajo individuales.	Herramientas y equipo moviéndose con el material a través de una serie de operaciones de mecanización.
Movimiento de hombres y de maquinaria: Los trabajadores se mueven con las herramientas y equipo generalmente alrededor de una gran pieza fija.	Pavimentación de una autopista; construcción naval, construcciones de grandes aviones y obras públicas.
Movimiento de materiales, hombres y maquinarias: generalmente es demasiado caro e innecesario el moverlos a los tres.	Ciertos tipos de trabajo de montaje, en los que las herramientas y materiales son de pequeño tamaño.

Fuente: elaboración propia a partir de (Muther, 1970) y (Diego Más, 2006)

Anexo 2: Ventajas e inconvenientes según los tipos de distribución en planta.

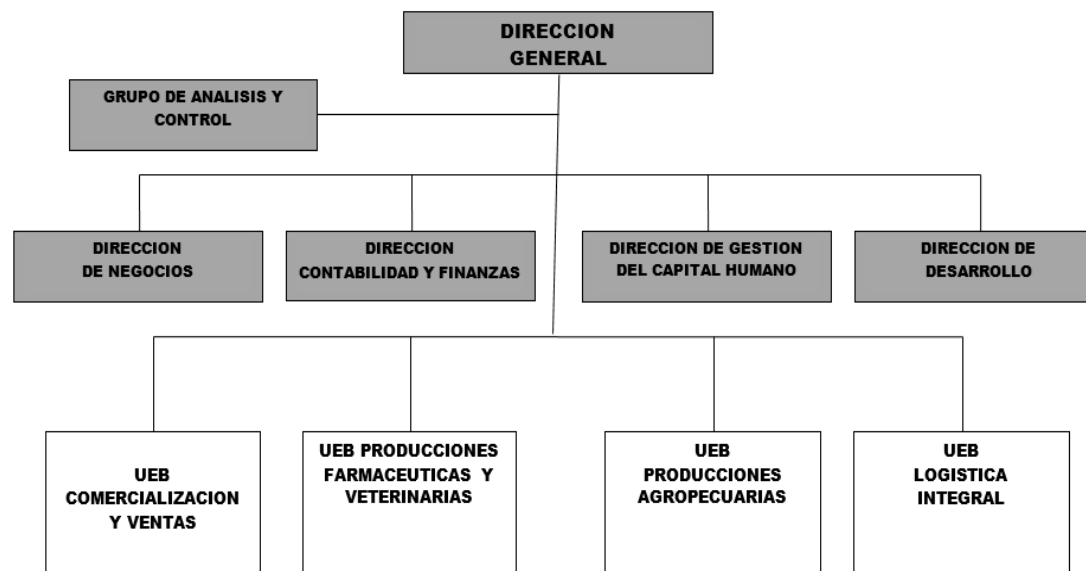
Tipo de DP	Ventajas	Desventajas
Distribución por posición fija o por proyecto	Reduce el manejo de piezas grandes, aunque aumenta el de piezas pequeñas. Responsabiliza al trabajador de la calidad de su trabajo, mientras más hábiles sean estos, menos inspectores se requerirá. Altamente flexibles. Permiten cambios frecuentes en el diseño y secuencia de los productos y una demanda intermitente. No requiere una ingeniería de distribución costosa.	Escasa flexibilidad en los tiempos de fabricación, el flujo de fabricación no puede ser más rápido que la actividad más lenta. Inversión elevada en equipos específicos. El conjunto depende de cada una de las partes, la parada de alguna máquina o la falta de personal en algunas estaciones de trabajo pueden parar la cadena completa. Trabajos muy monótonos que afectan la moral del personal.
Distribución por proceso o por función	Flexibilidad en el proceso vía versatilidad de equipos y personal cualificado. Menores inversiones en equipos. Mayor fiabilidad. El fallo de una máquina o suministro no implica la parada del proceso. La diversidad de tareas asignadas a los trabajadores reduce la insatisfacción y desmotivación de la mano de obra. La supervisión por áreas de trabajo adquiere amplios conocimientos y pericia sobre las funciones bajo su dirección.	Baja eficiencia en el manejo de materiales. En ocasiones los desplazamientos son muy largos y se producen retrocesos y cambios de sentido. Elevados tiempos de ejecución. El trabajo suele quedar en espera entre las distintas tareas del proceso. Dificultad de planificar y controlar la producción. Coste por unidad de producto más elevado. Mano de obra más cualificada y manejo de materiales poco eficiente. Baja productividad, dado que cada trabajo es diferente requiere distinta organización y aprendizaje por parte de los operarios.

Anexo 2: Continuación.

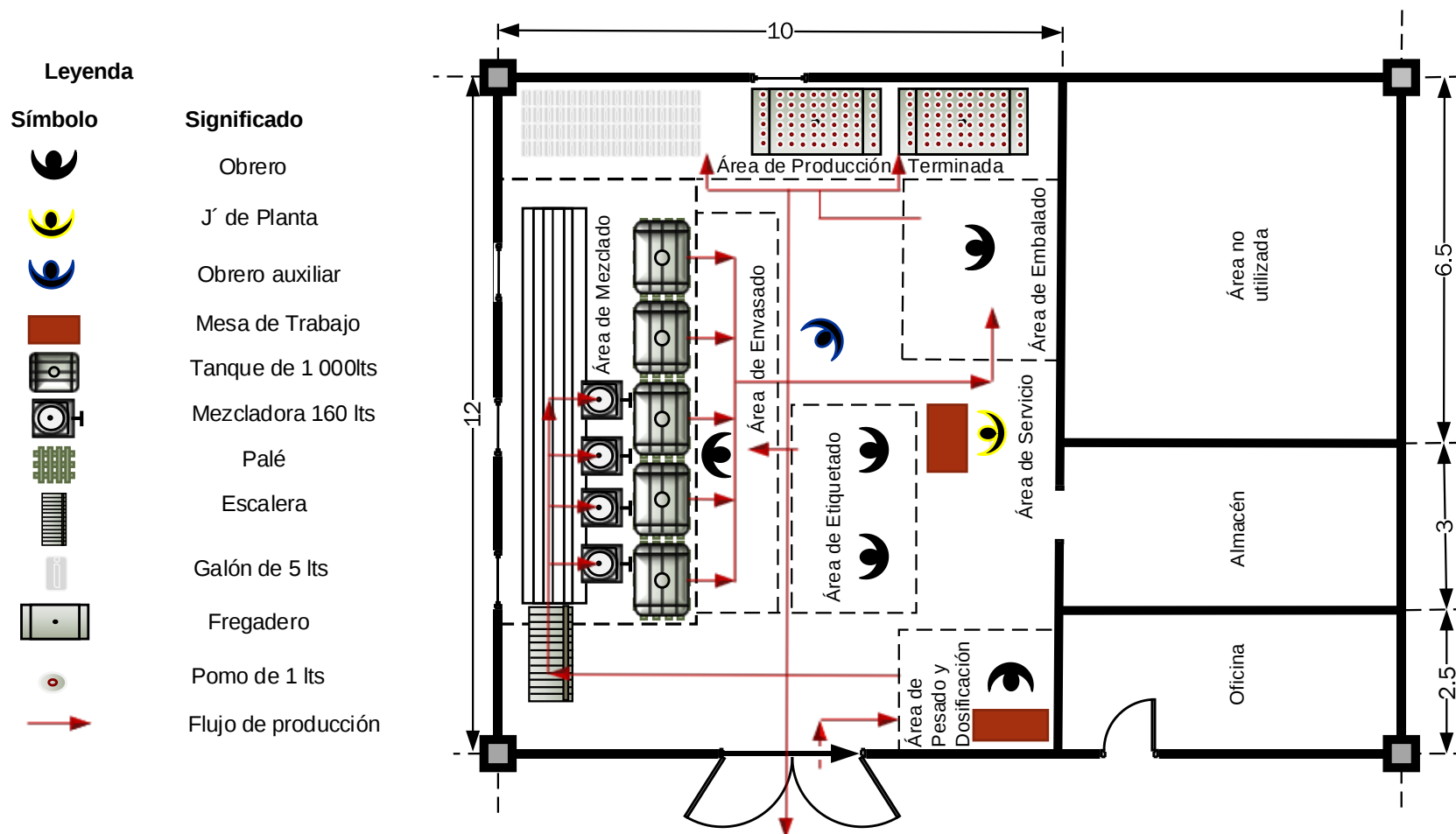
Tipo de DP	Ventajas	Desventajas
Distribución en cadena, en serie, en línea o por producto	Manejo de materiales reducido. Escasa existencia de trabajos en curso. Mínimos tiempos de fabricación. Simplificación de los sistemas de planificación y control de la producción. Simplificación de tareas. El trabajo altamente especializado permite el aprendizaje rápido por parte de trabajadores poco cualificados	Ausencia de flexibilidad en el proceso. Un simple cambio en el producto puede requerir cambios importantes en las instalaciones. Escasa flexibilidad en los tiempos de fabricación. El flujo de fabricación no puede ser más rápido que la actividad más lenta. El conjunto depende cada una de las partes. La parada de alguna máquina o la falta de personal en alguna de las estaciones de trabajo pueden parar la cadena completa.
Distribución celular o en grupo	Mejora de las relaciones humanas. Mejora la pericia de los operarios. El incremento en la repetitividad permite un aprendizaje más rápido. Disminución del material en proceso. Disminución de tiempos de preparación. Hay que hacer menos cambios de herramientas puesto que el tipo de ítems a los que se dedican los equipos está ahora limitado. Disminución de los tiempos de fabricación. Simplificación de la planificación. Se facilita la supervisión y el control visual.	Incremento del coste y desorganización por el cambio de una distribución por proceso a una celular. Normalmente reducción de la flexibilidad de los procesos Potencial incremento de los tiempos inactivos de las máquinas, éstas se encuentran ahora dedicadas a la célula y difícilmente podrán ser utilizadas todo el tiempo. Riesgo de que las células queden obsoletas a medida que cambian los productos y/o servicios.

Fuente: elaboración propia a partir de (Domínguez Machuca, et al., 1995; Muñoz Cabanillas, 2004)

Anexos 3: Organigrama de la Empresa LABIOFAM Villa Clara



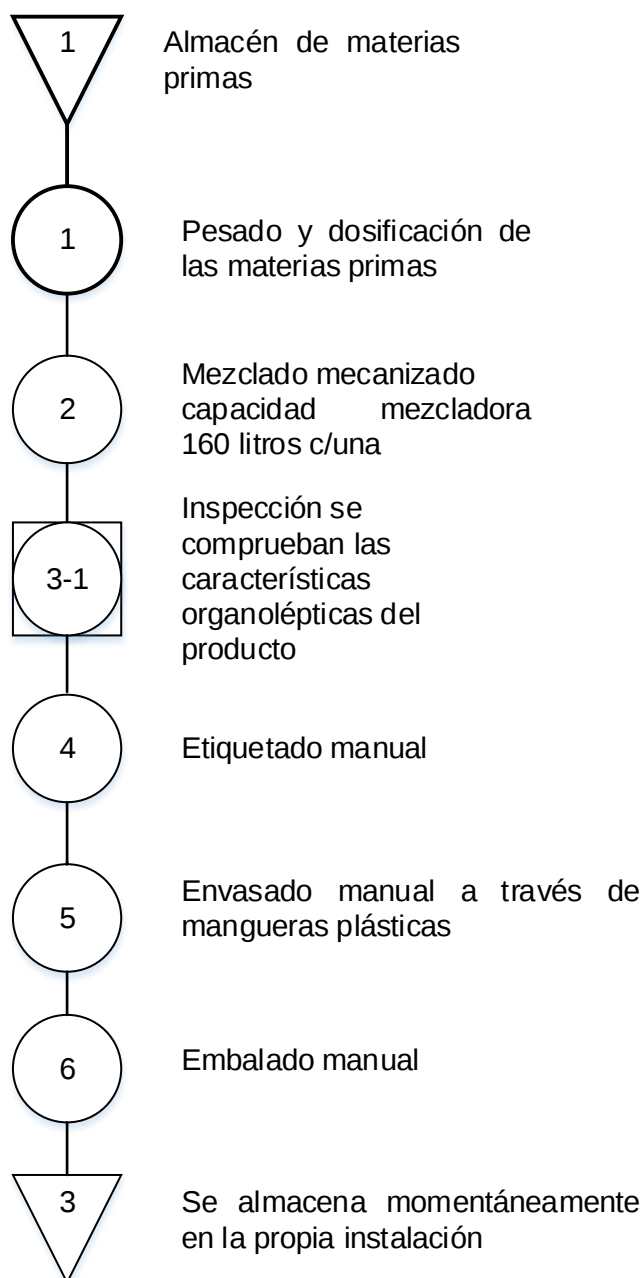
Anexo 4: Distribución actual de la Planta de Productos Químicos.



Fuente: elaboración propia a partir Microsoft Visio TM 2013.

Anexo 5: Diagrama OPERIN para la elaboración de los detergentes Fenolado y Clorado.

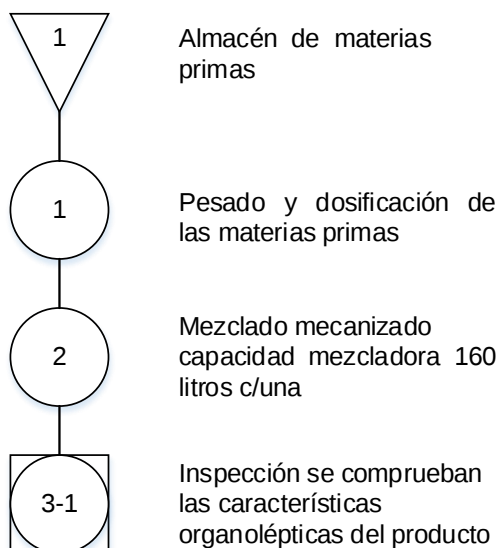
Detergente Multiuso



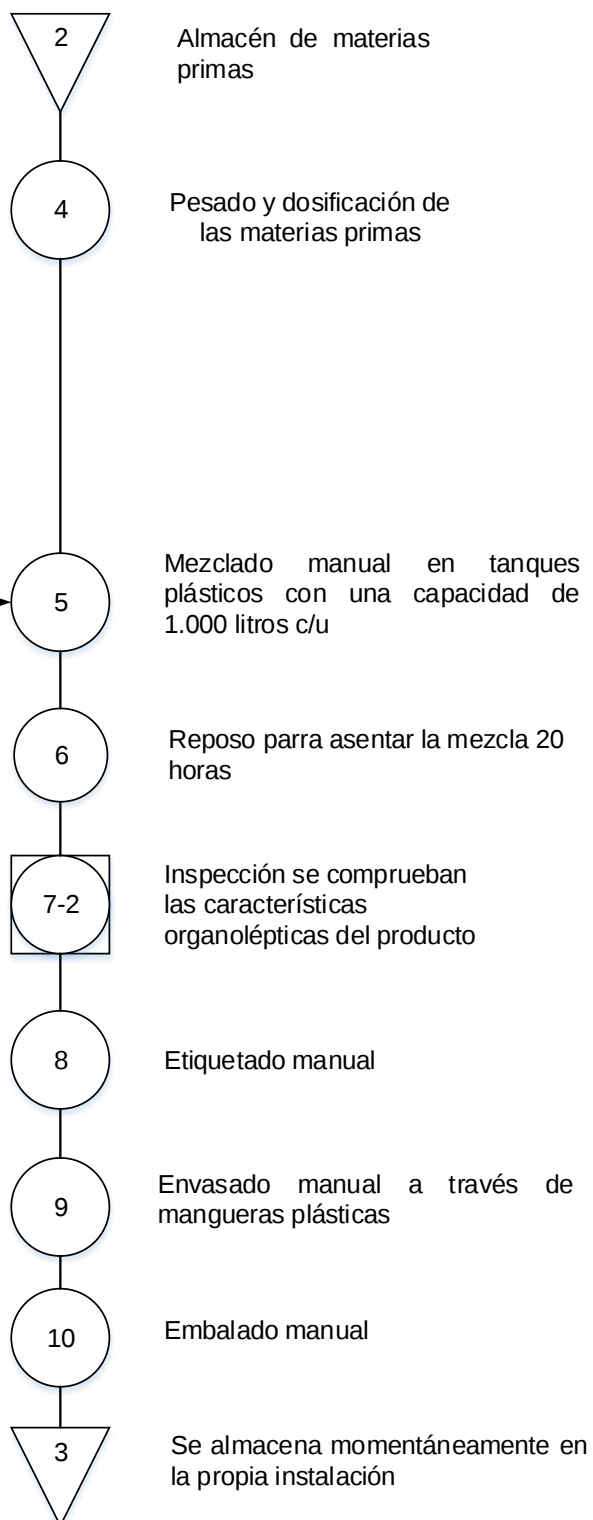
Fuente: elaboración propia a partir de la secuencia tecnológica utilizada en la Planta para elaborar los detergentes Fenolado y Clorado.

Anexo 6: Diagrama OPERIN para la elaboración del detergente Multiuso.

**Detergente Multiuso
como materia prima**

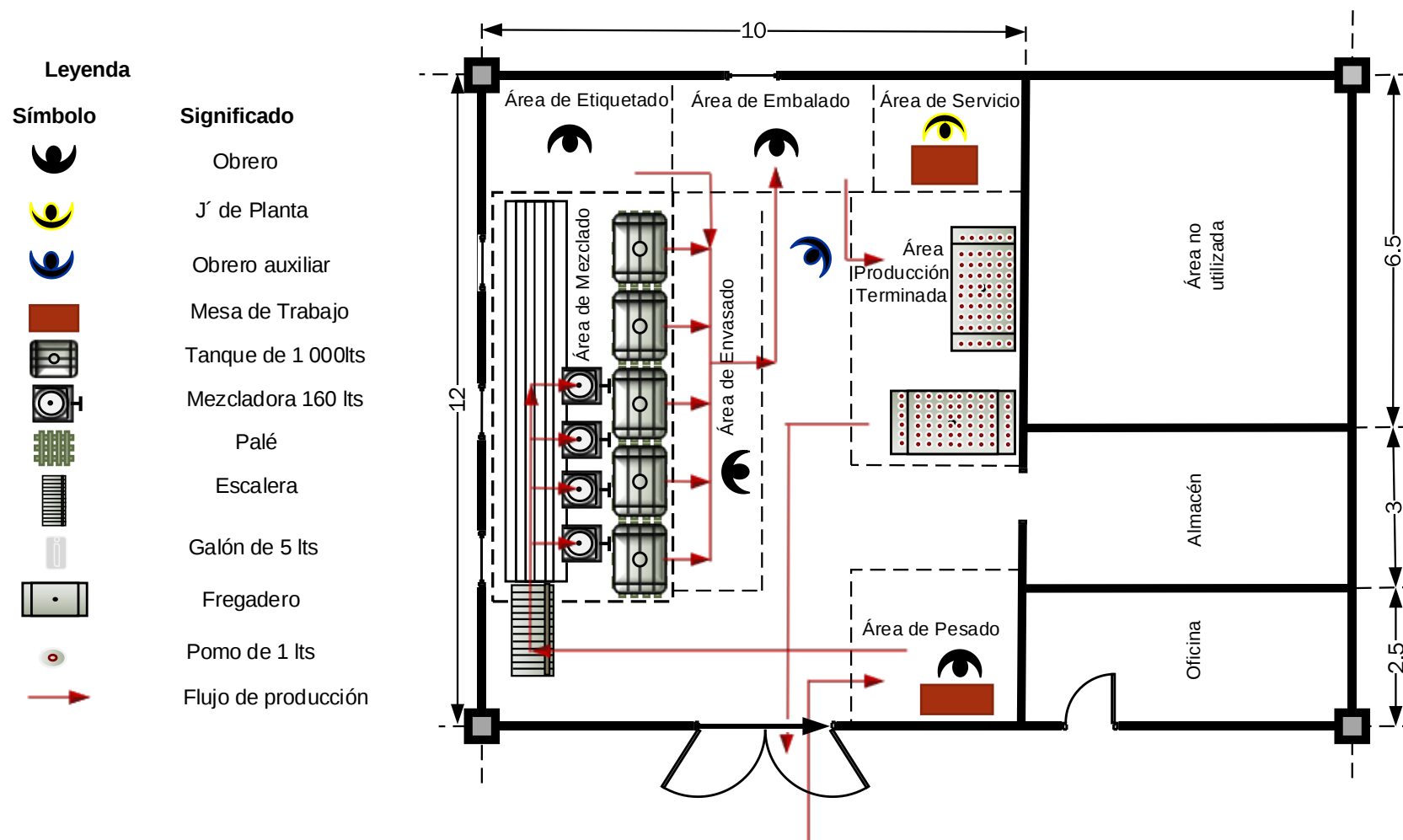


**Detergentes
Fenolado o Clorado**



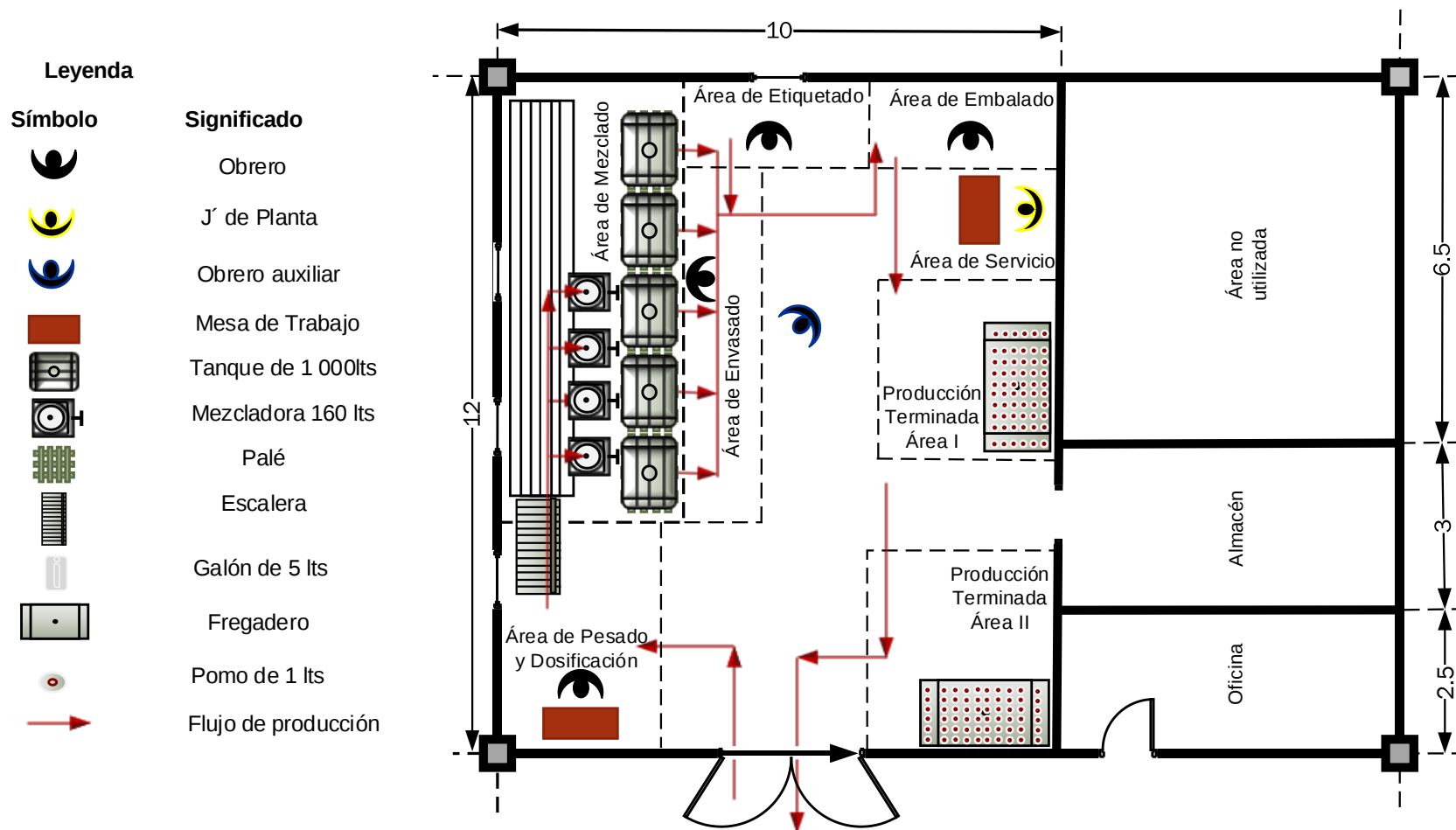
Fuente: elaboración propia a partir de la secuencia tecnológica utilizada en la Planta para elaborar el detergente Multiuso.

Anexo 7: Variante I para distribución de la Planta de Productos Químicos.



Fuente: elaboración propia a partir Microsoft Visio™ 2013.

Anexo 8: Variante II para distribución de la Planta de Productos Químicos.



Fuente: elaboración propia a partir Microsoft Visio™ 2013.