



UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Escuela Superior Tepeji Del Rio Hidalgo

**PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA DE UNA
EMPRESA DEL SECTOR FOTOVOLTAICO**

TESIS

Que para obtener el título de licenciatura en ingeniería
industrial

Presenta

Enrique Pérez Rojas

Asesores

Dra. Ma. De Lourdes Elena García Vargas

Héctor Daniel Molina Ruiz

Tepeji del Rio, Hidalgo

Marzo del 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Escuela Superior de Tepeji del Río
Campus Tepeji del Río



C. Enrique Pérez Rojas
Candidato a Licenciado en Ingeniería Industrial
PRESENTE

Por este conducto le comunico el jurado que fue asignado a su proyecto terminal de carácter profesional denominado: **Propuesta de distribución de planta de una empresa del sector fotovoltaico** con el cual obtendrá el título de Licenciado en Ingeniería Industrial y que después de revisarlo, han decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del jurado

PRESIDENTE: DRA.MA. DE LOURDES
ELENA GARCIA VARGAS
SECRETARIO: MTRO. HECTOR DANIEL
MOLINA RUIZ
PRIMER VOCAL: MTRO. RODRIGO
BARRETO VALDEZ
SEGUNDO VOCAL: ING. LUIS REY RUIZ
RAMIREZ
TERCER VOCAL: MTRO. RAFAEL SOTO
GONZALEZ
SUPLENTE 1: MTRO. ADOLFO MARTÍNEZ
ACOSTA

SUPLENTE 2: ING. GABRIEL REYES
MORALES

(Handwritten signatures on lines)

Sin otro particular reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

ATENTAMENTE
"AMOR ORDEN Y PROGRESO"
Tepeji del Río, Hidalgo, 4 de marzo 2019

(Signature of Ing. Martín Ortiz Granillo)
Ing. Martín Ortiz Granillo
Director



Avenida del Maestro No. 41, Colonia Noxtongo
Segunda Sección, Tepeji del Río de Ocampo,
Hidalgo, México C.P. 42855
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 ext. 5850
estr@uaeh.edu.mx



Agradecimientos

A MI FAMILIA:

Por su apoyo incondicional a través de mi formación académica y que sin ellos esto no habría sido posible, por el esfuerzo y sacrificio que se ha realizado.

A MIS ASESORES, MAESTROS Y COMPAÑEROS:

Por formar parte de mi vida académica, dándome de su apoyo y consejos a lo largo de mi estancia dentro de la institución, siempre estando al pendiente de mi progreso.

A CONACYT:

Debido a que este trabajo fue realizado con el soporte financiero del fondo de proyectos de desarrollo científico para atender problemas Nacionales, a través del proyecto denominado "Propuesta de un modelo de innovación basado en la Economía Nacional del Conocimiento".

Índice

Glosario de términos	7
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1.- Planteamiento del problema	3
1.1.1.- Formulación del problema	3
1.1.2.- Justificación.....	4
1.1.3.- Antecedentes del problema.....	4
1.2.- Objetivos.....	5
1.2.1.- Objetivo general:	5
1.2.2.- Objetivos específicos:.....	5
1.3.- Diseño metodológico	5
1.3.1.- Metodología básica	6
1.3.2.- Técnicas de recolección de datos	10
CAPITULO II: MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL.....	13
2.1.- Historia y desarrollo de la distribución de planta.....	13
2.2.- Historia de la industria fotovoltaica	16
2.2.1.- Historia del efecto fotovoltaico y su implementación	17
2.3.- La industria solar en México	22
2.4.- Distribución de planta	28
2.4.1.- Definiciones de distribución de planta	28
2.4.2.- Principios básicos.....	29
2.4.3.- Ventajas	31
2.5.- Tipos de distribución en planta	32
2.5.1.- Distribución por producto:.....	32
2.5.2.- Distribución por proceso:.....	33
2.5.3.- Distribución por posición fija.....	34
2.5.4.- Distribución celular	35
2.6.- Planteamiento sistemático de la distribución (S.L.P.).....	36
2.6.1.- Fases para el desarrollo de la distribución de planta.....	36
2.6.2.- Proceso del diseño de la distribución	44
2.6.3.- Fundamentos para una distribución óptima.....	45

CAPITULO III: METODOLOGIA, DIAGNÓSTICO Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	49
3.1.- Descripción de la empresa	49
3.1.1.- Reseña Empresarial	49
3.1.2.- Descripción de los procesos de producción	50
3.1.3.- Descripción de los productos	57
3.1.4.- Descripción de los servicios:	57
3.2.- Diagnóstico De La Empresa	58
3.2.1.- Análisis de los problemas de la empresa	58
3.2.2.- Tipo de distribución	62
3.2.3.- Tipo de proyecto de distribución de planta	66
3.2.4.- Alcances y limitaciones	67
3.3.- Distribución general de conjunto.....	68
3.3.1.- Obtención de datos y panoramas globales de la empresa.....	68
3.3.2.- El diagrama de flujo del proceso de producción.....	70
3.4.- Factores.....	71
3.4.1.- Factor material.....	71
3.4.2.- Factor maquinaria.....	76
3.4.3.- Factor hombre	79
3.4.4.- Factor movimiento.....	83
3.4.5.- Factor espera	84
3.4.6.- Factor servicio	88
3.4.7.- Factor edificio	88
3.4.8.- Factor cambio.....	90
3.5.- Desarrollo de la distribución general de conjunto	92
3.5.1.-Factores de proximidad.....	92
3.5.2.- Tabla de relación de las actividades.....	92
3.5.3.- Análisis de las relaciones halladas.....	94
3.5.4.- Desarrollo de la distribución general de conjunto.....	97
CAPITULO IV: DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	100
4.1.- Diseño de las áreas productivas.....	100
4.1.1.- Disposición de los elementos del ciclo productivo.....	100
4.1.2.- Requerimientos de espacio	102

4.2.- Diseño de las zonas de almacenaje dentro del área productiva.....	111
4.2.1.- Fundamentos para los métodos de almacenaje	111
4.2.2.- Equipo de almacenamiento	112
4.2.3.- Consideraciones para el layout del almacén	112
4.2.4.- Propuestas de políticas de gestión de inventarios	114
4.3.- Layout del área de producción	115
CAPITULO V: RESULTADOS.....	117
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	130
6.1.- Conclusiones	130
6.2.- Recomendaciones	132
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	134
ANEXOS	136

Índice de Tablas

Tabla 1: Tabla Comparativa de Muther, Fuente: (Konz, 1991)	6
Tabla 2: Cuadro comparativo del aprovechamiento solar, Fuente: (Portillo, 2017)	27
Tabla 3: Matriz de priorización, Fuente: (Elaboración propia).....	60
Tabla 4: Tabla de colores de los componentes de la empresa, Fuente: (Elaboración propia).....	64
Tabla 5: Tabla descriptiva de las relaciones de la empresa, Fuente: (Elaboración propia).....	69
Tabla 6: Tabla tamaños de los paneles, Fuente: (Elaboración propia)	74
Tabla 7: Tabla número de celdas por panel, Fuente: (Elaboración propia).....	76
Tabla 8: Tabla de la maquinaria, Fuente: (Elaboración propia)	78
Tabla 9: Tabla de herramental y equipo, Fuente: (Elaboración propia)	78
Tabla 10: Tabla del número de operarios, Fuente: (Elaboración propia)	80
Tabla 11: Tabla de zonas de la empresa, Fuente: (Elaboración propia).....	89
Tabla 12: Tabla tamaño de las áreas, Fuente: (Elaboración propia).....	90
Tabla 13: Simbología de la tabla relacional de actividades, Fuente: (Elaboración propia).....	93

Tabla 14: Tabla relacional de actividades, Fuente: (Elaboración propia).....	94
Tabla 15: Simbología del método de Guerchet, Fuente: (Elaboración propia)	104
Tabla 16: Estimación teórica del área de corte, Fuente: (Elaboración propia)	104
Tabla 17: Estimación teórica del área de soldadura, Fuente: (Elaboración propia).....	105
Tabla 18: Estimación teórica del área de montaje, Fuente: (Elaboración propia).....	106
Tabla 19: Estimación teórica del área de laminación, Fuente: (Elaboración propia).....	107
Tabla 20: Estimación teórica del área de marcos, Fuente: (Elaboración propia).....	108
Tabla 21: Estimación teórica del área de empaque, Fuente: (Elaboración propia).....	108
Tabla 22: Tabla comparativa de tamaños, Fuente: (Elaboración propia).....	109
Tabla 23: Tabla medida de las tarimas para paneles de 310W, 260W y 150W, Fuente: (Elaboración propia).....	114
Tabla 24: Tabla medida de las tarimas para paneles de 100W, 50W y 25W, Fuente: (Elaboración propia).....	114
Tabla 25: Anchura de pasillos, Fuente: (Muther, 1970)	116
Tabla 26: Tabla Final de dimensiones, Fuente: (Elaboración propia)	128

Índice de figuras

Figura 1: Radiación solar en México, Fuente: (SOLARGIS, 2017)	24
Figura 2: Porcentaje de viviendas particulares habitadas que disponen de paneles solares, Fuente: (INEGI, 2015) Encuesta Intercensal	26
Figura 3: Esquema del S.L.P., Fuente: (Sandoval, 2013).....	39
Figura 4: Proceso del diseño de la distribución, Fuente: (Elaboración Propia) .	44
Figura 5: Diagrama causa y efecto, Fuente: (Elaboración propia)	61
Figura 6: Situación actual de la empresa, Fuente: (Elaboración propia).....	63
Figura 7: Diagrama de flujo del proceso, Fuente: (Elaboración propia)	70

Figura 8: Diagrama relacional de actividades, Fuente: (Elaboración propia)	95
Figura 9: Diagrama de ensamble, Fuente: (Elaboración propia).....	96
Figura 10: Distribución general de conjunto, Fuente: (Elaboración propia).....	98
Figura 11: Flujo de producción en el DGC, Fuente: (Elaboración propia).....	99
Figura 12: DGC con espacios propuestos, Fuente: (Elaboración propia)	110
Figura 13: Zonas de almacenamiento, Fuente: (Elaboración propia).....	113
Figura 14: Propuesta de distribución final, Fuente: (Elaboración propia).....	129

Índice de Anexos

Anexo 1: Componentes Necesarios Para La Producción

Glosario de términos

Distribución de planta: La distribución de planta implica la ordenación física de los elementos industriales y comerciales. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las actividades del servicio. (Muther, 1970)

Energía Fotovoltaica: se le conoce al tipo de electricidad (energía eléctrica) que se obtiene directamente de los rayos del sol gracias a la foto-detección cuántica de un dispositivo. (Pérez Porto & Gardey, Definición.DE, 2011)

Panel solar: es un dispositivo para aprovechar la energía solar. También se le puede llamar modulo solar. Los paneles solares fotovoltaicos contienen un conjunto de células solares que convierten la luz en electricidad. (Energía Solar, 2017)

Tarima: a veces llamado pallet o paleta, es una estructura de transporte plana que soporta los bienes de una manera estable, para ser levantada por algún medio de transporte. Es la base estructural de una unidad de carga que permite eficiencias de manipulación. (Academy, 2014)

Apilar: amontar, poner una cosa sobre otra haciendo una pila o montón. (WordReference.com, 2005)

Productividad: es una medida económica que calcula cuantos bienes y servicios se han producido por cada factor utilizado (trabajador, capital, tiempo, costes, etc.) durante un periodo determinado. El objetivo de la productividad es medir la eficiencia de producción por cada factor o recurso utilizado, entendiendo por eficiencia el hecho de obtener el mejor o máximo rendimiento utilizando un mínimo de recursos. Es decir, cuantos menos recursos sean necesarios para producir una misma cantidad, mayor será la productividad y, por tanto, mayor será la eficiencia. (Arias, 2017)

Método: es una palabra que proviene del término de *methodos* (“camino” o “vía”) y que se refiere al medio utilizado para llegar a un fin. Su significado original señala el camino que conduce a un lugar. (Pérez Porto & Gardey, Definición.DE, 2008)

Proceso: es una secuencia de pasos dispuesta con algún tipo de lógica que se enfoca en lograr algún resultado específico. Los procesos son mecanismos de comportamiento que se diseñan para mejorar la productividad de algo, para establecer un orden o eliminar algún tipo de problema. (Definición MX, 2015)

RESUMEN

El presente trabajo surge en una empresa del sector fotovoltaico que se especializa en la fabricación de paneles fotovoltaicos, esta al ser reciente en el mercado nacional tiende a tener deficiencias en sus procesos y en el almacenamiento del material en el área productiva.

Es por ello que se propone una redistribución actual de sus componentes, así como plantear alternativas de almacenamiento, esto en conjunto con la aplicación metodológica del Planteamiento Sistemático de la Distribución (S.L.P.), el cual es un método que logra deducir los parámetros o factores, que son los más importantes para realizar la distribución de planta de cualquier lugar, siendo este productivo o no; este método realizado a través de pasos secuenciales servirá de guía para la deducción de los pasos a seguir durante el proyecto de forma que se amoldara a la información disponible.

Inicia explicando los objetivos y los métodos de recolección de la información, los cuales se usaran respectivamente en los capítulos posteriores, se describe la situación actual de la organización, tanto de sus procesos, productos y principales servicios, de forma que se conozcan los factores más relevantes para el estudio, para después poner en práctica la metodología empleada a través de las herramientas necesarias para este caso, utilizando diversos diagramas que nos permitirán un entendimiento más completo respecto a la distribución de la organización, planteando el método a seguir, para que se dé como resultado la nueva distribución planteada, considerando las relaciones y el tamaño propuesto de las áreas de producción.

Finalmente dando como conclusión diversas cuestiones referentes a los resultados, siendo este de carácter lógico y más metódico, optimizando el flujo de espacios entre áreas, considerando los espacios entre pasillos, comparando lo estimado teórico con el resultado expuesto, de acuerdo a las necesidades de cada área.

INTRODUCCIÓN

La distribución de planta es uno de los factores más importantes en considerar para la productividad de una empresa, debido a que determina la posición óptima de los recursos que esta conlleva, pero aun en la actualidad empresas de diferentes ramas no le dan su debida importancia.

La estructura del siguiente trabajo está dividida en siete capítulos que describen los pasos a seguir para obtener la distribución deseada, con el fin de determinar el orden de los elementos dentro del sistema productivo.

El capítulo I nos permite conocer la problemática y la justificación del trabajo, a su vez los objetivos planteados que determinan la esencia del mismo y por último explicando parte de la metodología empleada que nos permite posicionarnos dentro del tema.

El capítulo II nos permite conocer la historia y concepción de la distribución de planta teniendo en cuenta su importancia y el porqué de su utilización, y mostrando igual más conocimiento sobre el efecto fotovoltaico que está impulsándose con más auge en la actualidad. Al igual que se presentarán los conceptos o principios de la distribución de planta, y a su vez los tipos que este posee en diferentes ámbitos, partiendo de conceptos básicos mostrados a través del tiempo por diferentes expositores del tema; posteriormente para describir el método del Planteamiento Sistemático de la Producción (S.L.P.), siendo este el principal método con el que se basara este proyecto, del cual es necesario conocer sus fases, su proceso y fundamentos.

En el capítulo III se ven las condiciones actuales de la empresa haciendo énfasis en la descripción y el diagnostico que esta presenta, describiendo los procesos de producción, conociendo los productos y la descripción de los servicios, a su vez analizando a través del diagrama de causa y efecto el principal problema que se desarrolla dentro de las instalaciones. A continuación, se realiza la distribución general de conjunto descrita dentro de la metodología del planteamiento sistemático de la distribución (S.L.P.), que da inicio a la distribución final del

proyecto, al describir los factores necesarios para su realización y distribuir las principales áreas sin entrar en detalles.

En el capítulo IV termina con el proceso del diseño de distribución, debido a que se plantea el diseño de las áreas productivas teniendo en cuenta la disposición de los elementos del sistema productivo, a su vez las características de los requerimientos de espacio para terminar con el diseño final de la distribución incluyendo las consideraciones del almacenamiento en la planta de producción.

Para posteriormente terminar en el capítulo V con los resultados que permitirán conocer los términos con los que el proyecto dará su conclusión, mostrando los datos realizados a través de los diferentes métodos que fueron propuestos en el transcurso de este trabajo.

Por último, en el capítulo VI se muestran las conclusiones y las recomendaciones finales que dan por terminado el proyecto, y a su vez las referencias bibliográficas utilizada dentro de este trabajo.

CAPITULO I: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.- Planteamiento del problema

1.1.1.- Formulación del problema

Con el paso del tiempo el sector industrial en un entorno actual globalizado se ha desarrollado continuamente, con lo que en consecuencia trae un aumento en productividad y competencia, por lo que las empresas de todo el mundo tienden a desarrollar sus productos para hacerlos más competitivos o también a través de bajar sus costos o aumentar su calidad, con el fin de aumentar sus ganancias, sin embargo muchos de los factores a considerar como en todas las ramas empresariales son los costos que afectan principalmente al producto en cuestión, esto se ve reflejado en uno de los principales objetivos de las empresas que van ganando más mercado, que es bajar los costos de producción, es un factor muy importante a la hora de competir con otras empresas ya que puede determinar el número de clientes que se tienen.

El presente estudio se realizó en una empresa del sector fotovoltaico, facturando paneles solares de diferentes capacidades y tamaños.

De este tema podemos sugerir que la disminución de los costos de producción, disminución de desperdicios y un flujo de materiales adecuado, está ligado a la distribución física de la planta, ya que para poder llevar un mejor control en alguna empresa de cualquier sector se necesita de una buena estandarización de procesos.

Planteando esto, es necesario distribuir de forma eficiente todos los recursos con los que cuenta la empresa, para que cada espacio sea utilizado y aprovechado de la mejor forma, pero como en toda empresa se necesitan descubrir cuáles son los problemas que esta presenta y esto a su vez lo podemos ligar a un patrón ya establecido por su distribución; varias dificultades pueden surgir por esto, como podrían ser: áreas congestionadas, demora de material, rotación de personal, diversos accidentes, control de inventarios insuficientes y necesidad de horas

extra, entre algunas otras; estos y algunos más son los factores que pueden determinar si un producto es rentable o no.

1.1.2.- Justificación

Con los diversos factores presentes que pueden dañar a una organización se hace obvio que, la distribución de planta es una de las tareas más significativas y también una de las más críticas, y aun dicho esto las empresas inicialmente no le toman debida importancia debido que su instalación inicial les puede resultar favorable, pero con el paso del tiempo se presentan diversos cambios que pueden comprometer la funcionalidad de esta, con lo que lleva a los problemas ya antes mencionados en la formulación del problema, aquí radica la debida importancia de realizar un estudio apropiado de distribución de planta, ya que el beneficio es alto cuando se toman en cuenta todas las partes que están ligadas a lo antes mencionado; toda empresa siempre debe estar sujeta al cambio y esta no es la excepción ya que la automatización como la expansión son necesarias en toda organización, lo que permite a este tener un entorno de trabajo más favorable y óptimo.

Las mejoras como en todo proceso productivo nos ayudan a realizar de forma óptima el trabajo; un trabajo cuyos operarios puedan realizar de forma eficaz asegura la calidad y la productividad, además de evitar accidentes dentro de las instalaciones.

1.1.3.- Antecedentes del problema

El presente trabajo surge de la necesidad que tiene la empresa de poder aprovechar de una mejor forma todos los recursos y espacios con los que cuenta, detectando áreas de oportunidad para un posible desarrollo operacional, buscando alternativas que permitan el buen desarrollo en sus líneas de procesos y buscando la posibilidad de un sistema de producción flexible y cambiante determinado por la demanda del mercado, dado que el sector fotovoltaico se ha desarrollado relativamente hace unos pocos años su mercado va en aumento lo cual se podría tomar como principal ventaja; por esto y demás factores es necesario de diversos cambios que afectaran el futuro de esta empresa.

Considerando que la empresa es relativamente nueva en este sector, los procesos que realiza para la elaboración de paneles solares y su liberación pueden llegar a ser deficientes en algunos aspectos.

1.2.- Objetivos

1.2.1.- Objetivo general:

Diseñar una distribución de Planta adecuada de las áreas del proceso de producción para optimizar movimientos y procesos generando un rendimiento dinámico en todos los componentes involucrados.

1.2.2.- Objetivos específicos:

- Determinar la importancia de la distribución física de la planta en el proceso productivo de la empresa.
- Realizar el análisis de la situación actual de la empresa determinando los posibles problemas que esta presenta.
- Investigar y aplicar la metodología seleccionada para la distribución de planta de la empresa, desarrollando planteamientos teóricos.
- Plantear el diseño ideal de la distribución física de la planta que permita solucionar o disminuir los problemas detectados aplicando la metodología seleccionada.

1.3.- Diseño metodológico

Se realizó una investigación teórica por no tener la disponibilidad de realizar una aplicación real en las instalaciones de la empresa, se utilizaron bases y conocimientos de Ingeniería para dar solución a los problemas detectados mencionados.

Se iniciará por la descripción detallada de cada una de las partes de la empresa enfocadas a la producción de los productos y por consiguiente a identificar los problemas o inconvenientes que puedan llegar a tener para luego desarrollar las posibles soluciones y argumentar o justificar la propuesta de la distribución.

En la presente investigación se utilizó la metodología del Planteamiento Sistemático de la Distribución (S.L.P.) para establecer los parámetros necesarios y los pasos subsecuentes para obtener la distribución resultante del proyecto.

Iniciando por realizar la Distribución General de Conjunto que determinara la distribución adecuada de cada área sin entrar en especificaciones, para posteriormente conocer las necesidades de espacio de cada área para asignar su distancia y acomodo.

1.3.1.- Metodología básica

Al analizar una Distribución de Planta se conocen los aspectos más importantes, las partes más relevantes, y las más significativas con las que se determina el funcionamiento de esta, ya que se tiene con esto un proceso esquemático global que determina el estilo sustancial de la empresa, el cual tiene un propósito en particular, la “producción” (como ya se ha mencionado antes) de un proceso o servicio; notablemente se desarrollan varios casos comúnmente aceptados que tienen cierta semejanza con este tipo de temas ya que el hecho de saber que esté es prácticamente un sistema que permite la obtención de un fin determinado, podemos asemejar una cierta similitud como la ya dicha por Muther, el cual dentro de una de sus analogías comparaba lo que sería una empresa con una persona, en términos generales con el cuerpo humano (Konz, 1991), el cual determinaba que una planta industrial tiene partes específicas referentes a un proceso o sistema específico del cuerpo como lo son:

Esqueleto	1	Distribución de la Planta
Sistema Muscular	2	Manejo de Materiales
Sistema Nervioso	3	Comunicaciones, Controles
Sistemas Respiratorio, Circulatorio, Digestivo	4	Servicios Generales y Auxiliares
Carne y Piel	5	Cubierta del Edificio

Tabla 1: Tabla Comparativa de Muther, Fuente: (Konz, 1991)

Con esta tabla se pueden comparar varios aspectos relevantes que permiten el funcionamiento de estos sistemas, y con los cuales podemos hacer una similitud lógica, ya que por ejemplo (y como se abordara durante el transcurso de este trabajo) se hace la comparación del esqueleto con la distribución de planta, los cuales por su parte tienen las siguientes características.

Con el esqueleto humano podemos intuir que es el encargado de sostener completamente todo el cuerpo, al igual que distribuir de forma uniforme cada componente interno, dando hincapié a la resistencia que este presenta y con el cual todo el sistema fluye correctamente.

Con la distribución de planta se sabe por lo ya mencionado anteriormente, que es la encargada de distribuir de forma óptima cada área necesaria dentro de un proceso de producción, conociendo el flujo del proceso, ubicando cada material o instrumento necesario en cada puesto, haciendo que el sistema propuesto funcione correctamente.

Por lo que constatamos que tienen un fin parecido, sino decir que igual; y así con los demás componentes, por lo que la analogía de Muther nos demuestra que una empresa puede basar sus principios de funcionamiento a través de no solo el cuerpo humano sino de varios sistemas que se amolden de acuerdo a las necesidades de esta, de ahí y los varios tipos que se han ido desarrollando y que se verán durante este trabajo que son la inspiración de características vistas con anterioridad, pero dando un giro imprescindible que permite ese aire de diferencia entre cada una.

Con esto expuesto, cada parte tiene una cierta importancia dentro de todo el sistema, por lo que el funcionamiento de este depende de que cada parte realice de forma adecuada su tarea; es de vital importancia conocer cada una de las características y funcionamientos de cada una de estas partes (“Áreas de la producción” en este caso), ya que cada una de estas pequeñas partes determinan el desarrollo y cumplimiento de todo un proceso.

El proceso de la planeación y desarrollo se puede abordar de un modo sistemático y organizado, dado a los diseños aplicados basados en la ingeniería de procesos (A. Tompkins, A. White, A. Bozer, & A. Tanchoco, 2010), por el cual consta de los siguientes pasos:

1. Definir el problema:

Para definir el problema es necesario conocer todos los aspectos dentro del funcionamiento del sistema y cumplir con ciertas expectativas como las siguientes:

- Se define o redefine el objetivo de la instalación: es esencial que se especifiquen y se identifiquen los productos obtenidos o los servicios proporcionados (tal cual sea el caso), al igual que los niveles de actividad recibidos durante el proceso, esto se puede reflejar de modo que se consideraran las razones productivas de la empresa, el ¿por qué? de esta.
- Se especifican las actividades principales y de apoyo durante el proceso: todo lo que se necesita para llevar a cabo dichas actividades, como los requerimientos, el equipo, el personal y los flujos de materiales deben de definirse para tenerse en cuenta durante el análisis, considerando a su vez la relación que estos puedan presentar.

2. Analizar el problema:

Se determinan las relaciones entre las diferentes actividades, esto para identificar si estas dependen unas de otras, normalmente para sacar a relucir los problemas que se presentan en alguna relación.

3. Determinar los requerimientos del espacio de todas las actividades:

Se consideran los requerimientos del equipo, material y el personal que son los elementos clave del proceso, para cada actividad a realizar. Normalmente cada una de estas actividades necesitan ser llevadas a cabo de la forma más cómoda posible considerando todo el espacio disponible.

- Generar planes de instalación alternos: se recomienda realizar planes de instalaciones alternos como vías de apoyo opcional

dependiendo de la situación que se pueda presentar, considerando la disposición, estructura y el manejo de materiales que pueda llegar a ser fluctuante.

4. Evaluar las alternativas:

Una vez considerados cada uno de los factores y espacios necesarios se opta por la realización esquemática de la planeación del proceso, para dar una vista previa de lo que se requiere implementar en las instalaciones.

- Evaluar los planes de instalación alternos: una vez definidos dichos planes se deben determinar los factores que podrían afectar la instalación y operación, al igual la forma de la aplicación.

5. Seleccionar el diseño más apropiado:

Se selecciona el diseño más apropiado y óptimo que permita el máximo aprovechamiento de los recursos empleados después de haber analizado cada aspecto antes mencionado, normalmente no siempre se considera el costo como factor decisivo para la toma de decisiones.

- Elegir un plan de la instalación: seleccionar y determinar cuál de los planes que se consideraron de instalación alternos se adopta de mejor forma a lo que se requiera solucionar como una opción distinta, ya sea por los cambios tanto de producción o de bajas temporadas, entre otras.

6. Implementar el diseño:

- Implementar el plan de instalación: se debe aplicar el diseño considerando varios factores importantes, como supervisar el proceso de implementación y planear la construcción final.
- Mantener y adoptar el plan de la instalación: normalmente durante la instalación y la aplicación del plan pueden surgir modificaciones y cambios que deben tomarse en cuenta, aunque al momento de que surja esto pueden considerarse pequeños cambios ligeros en el equipo y los materiales o en otro aspecto
- Redefinir el objetivo de la instalación: en el caso de las modificaciones o expansiones al momento de la aplicación se

deberán integrar al plan de diseño ya definido como un anexo más de este. Normalmente durante la aplicación de cualquier plan propuesto suelen presentarse varios cambios pero que no deben afectar de forma significativa la esencia de la propuesta ya planteada.

1.3.2.- Técnicas de recolección de datos

Los siguientes métodos se utilizaron para la recopilación de toda la información necesaria para la realización este trabajo, los cuales son:

Matriz de priorización:

Es una herramienta que permite identificar entre un gran número de opciones a base de ponderaciones estimadas, la selección de la problemática central que más peso tenga, a su vez facilita la toma de decisiones estableciendo prioridades. Su realización se lleva a cabo determinando las opciones por las cual decidir y la identificación de criterios.

Diagrama de causa y efecto:

Es la representación de varios elementos por los que se le pueden atribuir a un problema central siendo este el resultado de varias decisiones tomadas, comúnmente llamado Diagrama Espina de Pescado debido a su similitud con el esqueleto de uno, esta herramienta permite la organización de la información y determina las causas principales por las cuales se desarrolló el problema.

Diagrama de flujo:

Este diagrama representa la descripción del proceso o sistema, comúnmente utilizado para documentar, mejorar y planificar los procesos que suelen ser complejos y difíciles de comprender, empleando numerosas figuras para representarse, junto con flechas conectoras para establecer la secuencia que el proceso suele representar.

Análisis de factores:

El análisis de los factores nos permitirá tener una visión clara de las condiciones actuales de la organización, para definir claramente la información relevante de cada uno de ellos que son: Material, Maquinaria, Hombre, Movimiento, Espera, Servicio, Edificio y el Cambio.

Tabla relacional de actividades:

Muestra las relaciones de cada departamento con otro, determinando el nivel de importancia que tienen de estar juntos o no, considerando una simbología que ayuda a realizarlo, esta tabla muestra de manera clara y simple la importancia de la ubicación entre áreas.

Diagrama relacional de actividades:

Representando de forma más visual el diagrama relacional de actividades muestra la importancia de la unión de cada departamento de manera que dependiendo de su consideración estas están unidas por diversas líneas que representan el tipo de conexión encontrada, realizada a través de nodos ajustándose a los lineamientos de prueba y error para ajustar cada unión las más cercanas posibles.

Diagrama de ensamble:

El diagrama de ensamble es una representación visual de las diversas actividades que siguen en el ensamble del producto final acorde a cada material utilizado para la fabricación, muestra los nodos necesarios para la realización del producto final, con el fin de visualizar las actividades necesarias para el análisis de la cercanía de las áreas.

Distribución General de Conjunto:

O también conocido como Diagrama de bloques debido a que comúnmente las áreas o departamentos son representados por cuadrados o rectángulos que simulan bloques acumulados, establece el patrón del flujo dentro del área a ser distribuida, indicando las relaciones existentes sin tomar en cuenta los detalles

de cada departamento, imponiendo referencias de distribución planteadas, considerándose como el bosquejo de la distribución final.

Método *Guerchet*:

Este método es empleado para el cálculo de las áreas de las zonas requeridas, permite delimitar el espacio a través de diferentes superficies como lo son: la superficie estática, superficie gravitacional y superficie evolutiva, lo que correspondería a las superficies de los muebles o maquinas, la de los operadores y la de los desplazamientos, para que se pueda encontrar la distribución total de toda el área.

CAPITULO II: MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

2.1.- Historia y desarrollo de la distribución de planta

Dado que la mirada central de este trabajo estará puesta en el análisis y la mejora de una distribución de planta, es relativamente necesario conocer los grandes impactos que se suscitaron a través de la historia y que dieron a la necesidad de realizar dicho estudio, para esto nos situaremos en los principios de la industrialización que comenzó a surgir dentro de la primera Revolución Industrial.

La primera Revolución Industrial que tuvo lugar en Gran Bretaña entre 1760 y 1860 marcó un antes y un después dentro de la industria manufacturera, ya que desde este evento se comenzaron a tener cambios en los procesos de producción; cabe considerar que la mayoría de la población en ese entonces subsistía de trabajos agropecuarios que solo les permitía el autoconsumo y no de una comercialización como tal, debido a que la productividad era muy baja.

Esta fue una época de grandes proyectos, que poco a poco se fueron innovando con el pasar del tiempo, pero uno de los principales inventos que dieron hincapié a esta etapa fue la invención de la Máquina de Vapor, lo que permitió que varios procesos en los que se requiriera de mucho tiempo se pudieran realizar en periodos cortos; esto resulto en un salto revolucionario que dio como consecuencia la implementación de diversos modelos en el uso de los procesos productivos de esa época. Con el uso de la maquinaria, se mejoró considerablemente la productividad en las fábricas, lo que ocasiono un aumento en los productos realizados, que permitieran la comercialización de estos; además, de pasar de un sector de producción primario, a uno de bienes manufacturados y de servicios, lo que sería pasar de una sociedad que se basaba en la agricultura y artesanía a depender de la industria. Se podría considerar a esta etapa como una de las más importantes, ya que esto se convirtió, de un modo de vida rural a uno industrial (Barja, 2017).

Una de las características más notorias fue la implementación de un sistema de producción mecanizado, lo que hizo que los trabajadores en ese entonces se

tuvieran que especializar en una actividad específica para la realización de un producto manufacturado, esto ocasiono el desplazamiento del trabajo manual por la maquinaria; pero aunque viéndolo por el lado productivo fue beneficioso, aunque durante esta época también se fue dando los abusos de la clase alta sobre la clase obrera, ya que durante este periodo no se estandarizaban lineamientos que fueran justos para los trabajadores que laboraban en las organizaciones, lo que los llevo a realizar jornadas de trabajo de hasta 12 horas diarias, trabajando los siete días de la semana, lo que provoco los primeros movimientos obreros de protesta que dio origen a lo que conocemos hoy en día como los sindicatos.

La productividad resultante tuvo un impacto mayor que no solo beneficio al sector productivo, sino que aumento los conocimientos de todas las ramas, lo que produjo el aumento de la natalidad y el descenso de la mortalidad gracias a la implementación de vacunas y del cultivo de mejores alimentos.

Esta etapa favoreció a la creación de grandes empresas que empezaban a surgir o que empezaban a expandirse; pero como consecuencia varias tareas artesanales empezaron a tener menor relevancia, esto ocasiono la migración de las zonas rurales a las zonas urbanas, lo que provocó un aumento de la población en esta parte.

Durante esta etapa se dieron los cambios más importantes en la organización empresarial, sobre todo en la organización del proceso productivo, ya que gracias a esto las empresas comenzaron a aumentar de tamaño, lo que hizo necesario de un nuevo régimen dentro de estas, y dio surgimiento a un nuevo aspecto a considerar que sería la “productividad empresarial”.

La productividad empresarial comenzó a ser relevante ya que, gracias a la invención de métodos de transporte más rápidos y eficientes, se empezó a competir en sectores más globalizados por lo que la productividad jugaría un papel más importante dentro de las organizaciones a futuro.

Durante la segunda Revolución Industrial que se suscitó desde 1870 y se prolongó hasta el estallido de la primera Guerra Mundial en 1914 se caracterizó por la mejora de la producción gracias a la incorporación de nuevas fuentes de energía como la electricidad y el petróleo que sustituyeron con el paso del tiempo al vapor de agua, esto produjo beneficios considerables y una nueva forma de realizar las cosas ya que esto conllevó a la obtención de nuevos materiales de fabricación como el acero.

La aplicación de nuevas formas de trabajo como el trabajo en cadena y la automatización fueron conceptos desarrollados durante esta época, que poco a poco fueron cambiando las empresas, que pasaron de empresas meramente familiares con un número limitado de trabajadores a ser empresas con complejas organizaciones aumentando su número de trabajadores considerablemente; posteriormente se implementaron sistemas como la cadena de montaje, en el que cada trabajador solo intervenía en una parte del proceso del producto repitiendo sus movimientos constantemente y en este caso no era necesario de conocimiento previo; otro de los sistemas fue la de la producción en serie, en el que cada empresa se especializaba en la elaboración de unas piezas específicas lo que permitía la rapidez y eficacia en la producción de estos productos.

Con estos métodos, se redujeron gastos, se aumentó la producción y se abarató el precio final de los productos, lo que le permitió a la población mayor acceso adquisitivo.

Gracias a esto y al descubrimiento de nuevos combustibles se dio el nacimiento de la industria automovilística, que provocó un crecimiento exponencial a lo que sería la industrialización dentro del territorio estadounidense, a lo que consecuentemente provocó la estimulación del desarrollo de industrias secundarias que servían de apoyo a dicho sector.

Puesto lo anterior se puede concluir que la evolución de la distribución de planta se fue suscitando conforme la tecnología se iba desarrollando y con esto, cambia el tipo de organización empresarial que se aplica a lo largo del tiempo, al igual que, las primeras distribuciones fueron a causa de los trabajadores que llevaban

a cabo el trabajo ya que se tenían que acomodar conforme a sus necesidades sin contemplar algún método adecuado, y a lo que respecta también se iban moldeando a las necesidades del producto a realizar, en este caso desde los planos de construcción donde el arquitecto proyectaba el edificio a construir y aunque se mostraba el objetivo a realizar, no presentaba la aparición de ningún principio objetivo, y como se puede reflejar, desde los comienzos de la primera revolución industrial habían pocos procedimientos reconocidos que fueran a ser significativos para ser tomados en cuenta.

Pero con el paso del tiempo la distribución de planta empezó a ganar mayor importancia ya que los propietarios comenzaron a verlo como un objetivo económico que podía optimizar los costos y elevar la producción, con esto en mente y la implementación de nueva maquinaria se empezó estudiar el tipo de orden que poseían sus empresas. Con esto se empezó a mejorar la mecanización de los procesos como una parte primordial del impacto de los costos de producción y a tomar mayor importancia a lo que sería, “tener una zona de trabajo limpia y ordenada”. Con respecto a la especialización del trabajo tuvo un punto reflexivo que dio como conclusión que el manejo de materiales tiene un gran impacto dentro del proceso ya que el paso de materiales de un punto a otro tiene mayor importancia, debido que un descuido puede provocar un cuello de botella que puede parar la producción.

A través de esto los dueños y propietarios comenzaron a tomarle mayor importancia a este tema, a la par que se comenzaron a crear conjuntos de especialistas para solucionar problemas relacionados a este tema en particular, y gracias a esto se crearon los principios y técnicas que se conocen e impactan hoy en día.

2.2.- Historia de la industria fotovoltaica

Durante el transcurso del tiempo la humanidad ha recurrido a consumir recursos que impulsan su crecimiento, a tal grado de experimentar varias etapas que marcarían un antes y un después dentro de su historia, mayormente reflejado en el sector industrial, esto conlleva a la utilización de combustibles fósiles que en

su momento resultaron ser de gran utilidad ya que provocaron ese impulso que permitió un crecimiento exponencial, cambiando los métodos convencionales a formas más rápidas y productivas; aunque el beneficio fue gratificante, cabe resaltar que el hecho de su utilización provoca repercusiones en contra del medio ambiente, a lo que en años recientes provoca una preocupación alarmante, que en el caso de no corregir ciertos aspectos puede llegar a ser fatal dentro de años posteriores.

Sustituir los combustibles fósiles utilizados en prácticamente cualquier industria podría considerarse un verdadero reto, ya que implican millones de empleos involucrados al igual que millones de dólares, pero las energías renovables hoy en día dejan de ser una necesidad para ser opciones que tienen que ser llevadas a cabo de alguna u otra manera. Hoy en día existen varias opciones amigables con el planeta que con el transcurso de los años pasaron de ser extremadamente costosas, a ser relativamente adquisitivas a cualquiera que quiera obtenerlas.

Como ya se ha presentado, una de las alternativas que en el transcurso del tiempo ha generado mayor avance dentro del sector de energías renovables es la energía fotovoltaica, que con el transcurso del tiempo se ha ido desarrollando hasta ser uno de los sectores con más auge empresarial de los últimos tiempos.

2.2.1.- Historia del efecto fotovoltaico y su implementación

La electricidad es la energía más importante con la que se puede disponer, ya que permite a la humanidad el poder desarrollarse de forma óptima en el siglo XXI, es tanto uno de los aspectos más importantes a considerar para mejorar la calidad de vida de muchos países, pero las formas más comunes de obtenerla no suelen ser las más beneficiosas, desde la generación de energía nuclear, hasta la quema de combustibles fósiles pueden ser más perjudiciales para el medio ambiente que el beneficio que se puede obtener de ellas; por lo que se opta por encontrar nuevas vías en la obtención de esta fuente de energía necesaria para la vida como la conocemos.

Así que considerando las circunstancias actuales una de las vías desarrolladas a través de los años y que ha logrado un impacto significativo es la Energía Solar

producida a través del efecto fotovoltaico, esto por el simple hecho de que es utilizable en la mayor parte del mundo y que su comercialización comienza a ser más accesible hoy en día, y dado que también presenta varios beneficios como lo son, el reducir la dependencia de sistemas de producción de energía contaminantes para el ambiente, y el hecho de ser un recurso autosustentable que permite una producción constante y duradera, su permanencia en el mercado puede ser trascendental.

La historia del Efecto Fotovoltaico está marcada por un desarrollo tecnológico lento pero conciso que fue descubierto por el francés Alexandre Edmond Becquerel en 1838, estudiando la energía fotovoltaica, la electricidad y la óptica, realizando grandes aportaciones que contribuyeron a los inicios de este principio; realizando un experimento con una pila electrolítica, que al exponerla al sol comprobó que aumentaba su corriente eléctrica, con esto en mente se propuso a descubrir los efectos de la reacción de este suceso (Sitiosolar, 2014).

El Efecto Fotovoltaico consiste en la transformación de la energía solar en energía eléctrica o sea convierte la luz en electricidad, a través de un medio. El medio empleado consiste en un material que absorbe los fotones de la luz (energía), y posteriormente emite electrones. Estos electrones se desplazan intercambiando posiciones, y produciendo una corriente eléctrica (Yuste, 2015).

Conociendo esto, la primera celda solar se diseña y se construye en 1883 por Charles Fritts, que generaba una eficiencia del 1%, la cual utilizaba un semiconductor de selenio con una delgada capa de oro, pero dado al costo elevado que esta presentaba se utilizaba para otros fines más viables.

No fue hasta 1940 donde el inventor Russel Ohl crea la primera celda solar fabricada de silicio que permitió que hoy en día sea el material que comúnmente se utiliza para su fabricación a gran escala.

Se estudiaba la fotoconductividad de distintos elementos químicos tales como: el silicio, selenio, cobre, seleniuro de plata, seleniuro de cadmio, de cobre, de indio, germanio, arseniuro de galio, litio, entre otros, donde generalmente se buscaba

la forma en la que su conductividad y coste fuera el adecuado para una comercialización y fabricación rentable.

En 1954 se fabricó casi accidentalmente (experimentando con semiconductores) la primera celda solar de silicio con impurezas que era muy sensitiva a la luz, a manos de los científicos D. M. Chapin, C. S. Fuller y G. L. Pearson de los laboratorios *Bell Telephone* (EEUU), lo que permitió usar a esta celda en términos más accesibles, ya que esta alcanzaba eficiencias de 4.5 a 6%.

Tras su presentación pública, el diario *The New York Times*, en su número del 26 de abril de 1954 se hizo el siguiente comentario: “Puede marcar el comienzo de una nueva era, permitiendo de la realización de uno de los sueños más queridos por la humanidad: el aprovechamiento de la energía ilimitada de sol para los usos de la civilización” (Mártel, 2016).

Pese a los avances generados en el rendimiento de las celdas solares, los costos eran excesivamente altos y limitaban enormemente su implementación práctica, lo que propicio su poca utilización como suministrador de grandes cantidades de energía; la única demanda de paneles solares en esa época, era para la industria juguetera y electrónica que los empleaban para fabricar pequeños artefactos electrónicos, pero que no sustentaban los recursos necesarios para su innovación y desarrollo.

Pero conforme paso el tiempo y dada a la incipiente carrera espacial que en esa época se encontraba en auge, se encontró una forma de poder dar avance a este tipo de energía debido a que los satélites necesitaban de una fuente de energía que pudiera perdurar durante su recorrido programado, dado que las otras dos formas de energía (baterías químicas y energía nuclear) no respaldaban la duración que ofrecían las celdas solares se terminó por convertirse en la fuente de energía principal que permitió que la configuración establecida de los satélites pudiera estar operando durante 5 años.

Así en 1955 se le asignó a la industria en Estados Unidos la producción de dichas celdas solares, el cual aseguro darle ese impulso al sector fotovoltaico que necesitaba para poder mejorar su eficiencia y su desarrollo tecnológico.

Debido a que la URSS en 1957 lanzo el primer satélite espacial, los estadounidenses lo harían un año después el 1 de febrero de 1958, este contaba con un diseño de celdas solares creadas por Peter Lles con apoyo de la empresa *Hoftman Electronic* (que fue la primera en intentar fabricarlos comercialmente), aunque en esta ocasión con una eficiencia de solo el 3%; este satélite llamado *Vanguard-I* estaría operando durante 8 años y conto con varias celdas solares, las cuales reunían los requisitos perfectos para la operación, ya que se necesitaba contar con baterías de energía eléctrica autónomas, ligeras y fiables; igualmente el costo de las baterías fabricadas con celdas solares era muy bajo con respecto al costo de los demás componentes de los vehículos espaciales por lo que resultaba ser rentable en su utilización (Mártil, 2016).

Después de este acontecimiento, y a la confiabilidad que las celdas solares habían ganado por su empleo en gran número de misiones espaciales, la tecnología en el sector fotovoltaico se impulsó enormemente ya que el desarrollo en el ámbito espacial siguió durante la década de los 60 y 70. Podría afirmarse que gracias al impulso que le dio la carrera espacial a las celdas solares como las conocemos hoy en día no se hubieran desarrollado de una forma tan comercial y su aplicación no sería tan práctica, al igual que de no ser por esto la carrera espacial no hubiera sido posible.

Pero aun después de esto la celda solar y los paneles en el sector fotovoltaico seguían siendo demasiado costosos para actividades terrestres al igual que para hacerlos competitivos para otras fuentes de energía durante esa época, pero esta situación cambio debido fuertemente a la influencia de la crisis del petróleo que se suscitaba en el año de 1973 que hizo tomar conciencia a los diferentes países de la importancia del desarrollo de energías alternativas, al igual del hecho de motivar la conciencia ecológica por todo el planeta tratando de limitar las emisiones de gases en la atmosfera. Por esto y más razones se iniciaron

programas para favorecer la aplicación y desarrollo de energías renovables, en especial la solar. En ese entonces las celdas solares habían pasado de ser contempladas solo como productoras de energía para satélites, para ser contempladas posteriormente en ámbitos más cotidianos como lo fueron principalmente faros y plantas de producción experimentales; esto se vio más reflejado en el año de 1975.

Durante este periodo y dados los acontecimientos antes expuestos se comenzaron a desarrollar varias formas de reducir el costo de las celdas solares, al combinar diferentes aleaciones conductoras; como respuesta se originó la creación de una celda solar cuyo grado de impureza en el silicio era menor y en el cual se utilizaron materiales más baratos, lo que provocó que su comercialización fuese en aumento y lo hizo económicamente más rentable. Pero años más tarde a principios de los años 80 después de la caída del precio del petróleo, varias propuestas fueron canceladas.

Debido a esto el interés expuesto por varios países, que en un principio fue relativamente alto, descendió considerablemente, por lo que el desarrollo de energías alternativas paso a segundo plano, pero aun con esto el desarrollo que las celdas solares habían tenido anteriormente fue suficiente para que varias empresas y laboratorios de investigación en todo el mundo fueran implementando y mejorando su tecnología.

Compañías en Europa y América iban mejorando sus procesos tanto de fabricación como su producción, pero en la industria japonesa gracias a las importantes ayudas gubernamentales comenzaron a realizarse módulos fotovoltaicos de silicio cristalino, así como la fabricación de celdas para aplicaciones de menor medida (juguetes, calculadoras, etc.) por lo que hoy en día (aunque la ayuda gubernamental haya caído) esta ha ganado un puesto importante en cuanto a la producción de módulos solares; inclusive el mercado fotovoltaico en los hogares particularmente ha seguido creciendo de forma notable (NAP, 2002).

Otro de los países asiáticos destacados dentro de este sector es China que hoy en día se posiciona como uno de los primeros productores de paneles solares en el mundo ya que debido a su historia e incremento poblacional, tenía graves problemas de contaminación y su utilización de energía iba en aumento conforme pasaba el tiempo, con lo que para compensarlo utilizaba energía a base de carbón o nuclear que a la larga no funcionaba como propuestas estables para su población, debido a esto y al creciente surgimiento de la energía solar como energía alternativa como ya se expuso anteriormente, opto por el desarrollo y producción, por lo que ahora se puede considerar como uno de los países más desarrollados en lo que respecta al aprovechamiento solar como energía limpia.

Ya lo afirmaba el director técnico Li Tao de JA Solar (proveedora de paneles solares), “Es un área distinta de la energía tradicional, en la que dominan los países occidentales; China tiene la oportunidad de rebasar a los países occidentales en el sector de las nuevas energías” (Bradsher, 2017).

En la actualidad los primeros puestos del ranking mundial de fabricantes de celdas solares los ocupan las empresas asiáticas, como China, siendo de las primeras junto con algunas norteamericanas, y por lo que podemos ver las palabras resaltadas de Li Tao que contrastan a China como uno de los primeros países en producción de energía solar; aunque cabe resaltar que industrias anteriormente europeas que iniciaban su curso en la industria fotovoltaica fueron absorbidas por las grandes empresas asiáticas, las cuales establecieron precios con los cuales fue imposible competir.

En la actualidad la energía fotovoltaica ha seguido creciendo y creciendo hasta ser unas de las energías más representativas y autosustentables que ha ganado más terreno contra otros tipos de energía, y la cual es una de las pocas en las que se tenga un futuro prometedor.

2.3.- La industria solar en México

Durante mucho tiempo México ha sido catalogado como uno de los países con mayor potencial en cuanto a desarrollo se refiere, debido a su gran cantidad de recursos naturales, pero que en varias ocasiones no son aprovechados de la

manera más adecuada, lo que podría no ser de mucha utilidad en cuanto al futuro del país. Normalmente otros países, cuyas condiciones no pueden ser las más beneficiosas, sacan y explotan de forma más práctica de lo que disponen y esto los coloca en una posición de desarrollo más alto; esto puede deberse a diversos factores como la cultura, normativas gubernamentales, condiciones económicas, o algo tan simple como el deseo de impulsar nuevas ideas.

Tanto es así, que una de las formas, como ya se ha venido planteando en el transcurso de este trabajo, es la energía eléctrica uno de los recursos más importantes de los que podemos contar hoy en día, proporcionada a través de la energía solar, lo que a su vez, es el efecto fotovoltaico, siendo uno de las ramas que se han venido desarrollando en el país desde hace pocos años y que está siendo uno de los temas más representativos como energía renovable.

Con el presente aumento de los combustibles y el consecuente aumento de la energía eléctrica junto con demás recursos, aun con la constante disminución de los costos de producción de los paneles fotovoltaicos, lo que los vuelve más accesibles, se hace más evidente un creciente desarrollo e implementación para varias áreas (segmentos) como lo son los servicios públicos, los comerciales, las áreas residenciales e industriales, entre otros.

Más evidente estos hechos que durante el 2016 se dio uno de los más grandes crecimientos en cuanto a capacidad instalada de energía solar se refiere, siendo este del 80%, en comparación con años anteriores, debido a que Latinoamérica ha aumentado la inversión dada a este sector, siendo México y Perú los mercados más desarrollados de esta región, debido a tres diferentes factores, a continuación, se explican:

El potencial de la región: como se mencionó antes México posee zonas con grandes cantidades de recursos naturales y climas diversos y lógicamente es por esto que este posee un gran potencial con la energía solar, ya que constantemente recibe grandes cantidades de emisiones solares, un promedio de 5.5 Kwh/m² (unidad de medición de la radiación solar) diariamente como se observa a continuación:

Mapa De Recursos Solares

Potencial De Energía Fotovoltaica

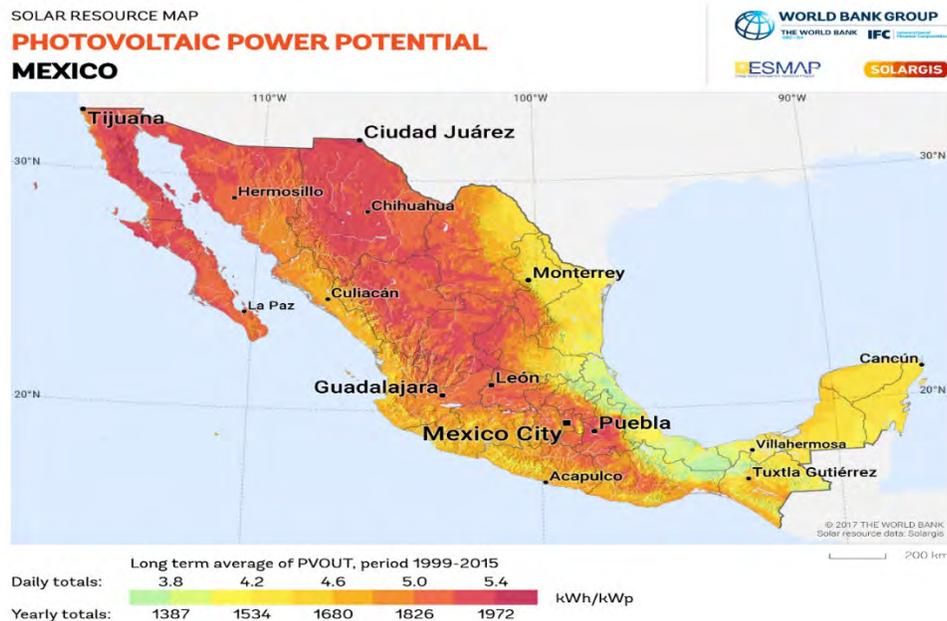


Figura 1: Radiación solar en México, Fuente: (SOLARGIS, 2017)

Debido a esto, México es uno de los países con más potencial con respecto a la implementación de la energía solar se refiere y cabe resaltar que la zona noroeste del país es donde se puede concluir como una zona de mayor potencial siendo excedente de la radiación durante las temporadas de primavera y verano. Aunque la demanda mayor de energía eléctrica está ubicada en el centro del país, México tiene una gran área de oportunidad con respecto a esto.

Un enfoque en reducción del costo de producción de los paneles y nuevas tecnologías: el siguiente factor se refiere a la accesibilidad que los paneles solares están teniendo hoy en día, siendo considerada como una de las energías renovables más competitivas en el mercado y a la que se le está sacando el mayor beneficio, por lo que puede deberse al constante desarrollo tecnológico

que estuvo obteniendo con el transcurso del tiempo, y por otra parte reduciendo los costos de mantenimiento, siendo estos otorgados por la empresa suministradora, siendo un factor clave en su accesibilidad.

Los mecanismos de apoyo gubernamental: indiscutiblemente debido a la creciente emisión de gases invernaderos como se ha mencionado, los gobiernos de todo el mundo han decidido ver más por el lado ambiental, siendo la generación de energías renovables una de las alternativas, debido a esto se ha logrado dar incentivos y dando certeza tanto a inversores como a consumidores, para que el desarrollo de este tipo de energía crezca con el paso del tiempo, siendo este uno de los factores importantes dentro del desarrollo de cualquier industria.

El último censo realizado por el INEGI (2015), demostró el comienzo de la energía solar en el territorio mexicano, ya que como se puede demostrar en la **Figura 2**, en promedio el 0.5% de viviendas mexicanas cuentan con paneles solares instalados que suministran energía eléctrica, siendo Baja California del Sur, Durango y Chihuahua los principales estados en los que se ha comenzado, dado que como se vio en la Figura 1 son los estados con mayor índice de radiación, por lo que los paneles solares son aprovechados de manera muy eficaz.

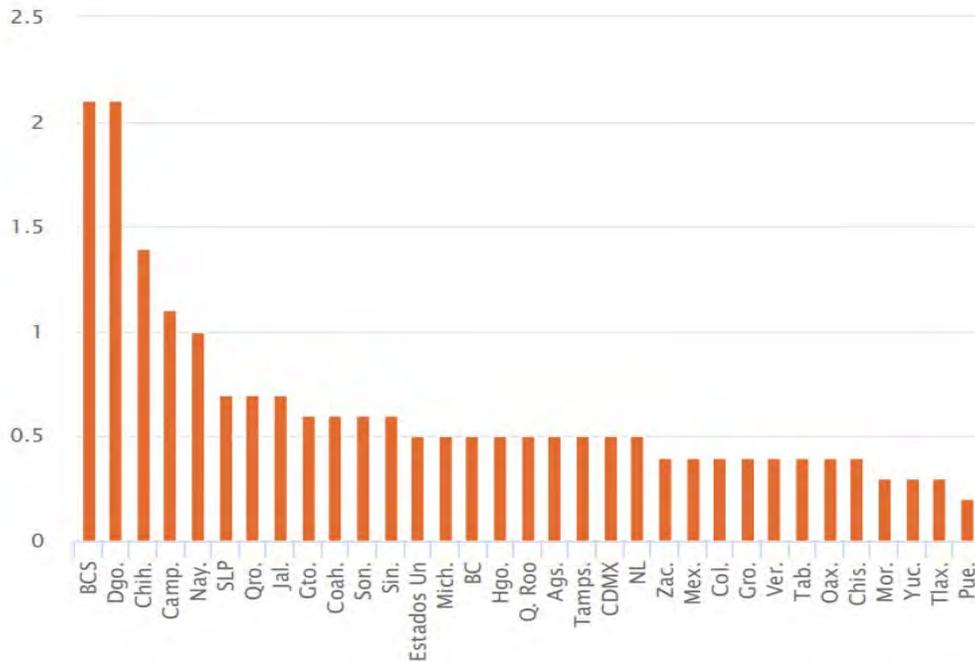


Figura 2: Porcentaje de viviendas particulares habitadas que disponen de paneles solares, Fuente: (INEGI, 2015) Encuesta Intercensal

Pero, aunque se demuestre el interés del país por iniciar en el desarrollo de este tipo de energías renovables no quita el hecho de que aún está muy por debajo con respecto a otros, que llevan años en esta rama y que tienen cierta ventaja, aunque estos no posean lugares tan beneficiosos como México.

Se puede ver que en los estados del país que están en la zona noroeste el auge puede ser alto, pero que en los otros estados el surgimiento es bajo en comparación, pero esto se puede deber a que al ser las zonas con índices de radiación más altos el éxito de estos tiende a considerarse mejor, pero esto no quita el mérito que las demás zonas puedan tener un buen funcionamiento de los paneles ya que cada estado del país recibe cantidades similares que pueden garantizar un buen funcionamiento.

Y aunque el porcentaje de viviendas es relativamente bajo tomando en cuenta los años transcurridos en el momento en el que se realizó este estudio, cabe contrastar que esta rama no ha hecho más que empezar ya que como se ha podido ver en el desarrollo de los demás países se pueden realizar grandes

cantidades de inversiones que ayuden tanto a su implementación como su producción, porque el tema del desarrollo de energías limpias siempre va a ser tomado en consideración.

Por lo que el ánimo que se tiene en este aspecto es favorecedor tanto para empresas que están en la rama del sector fotovoltaico como a las que están por invertir ya que solo es cuestión de tiempo para que este se popularice, como ya lo fue en su tiempo otro tipo de energías sustentables.

Y contrastando con lo antes mencionado la siguiente Tabla 2 elaborada por la CIEP con datos del Bank (2017) y de SOLARGIS (2017) nos muestra una comparativa de los 2 países con los mercados más grandes de paneles solares con México, siendo estos Alemania y China, y por lo que se puede observar y considerando el orden, en el caso de Alemania ya que a pesar de la diferencia descomunal del tamaño territorial con respecto a México, e inclusive dado que este país es más pequeño, este genera al menos 44 veces más la energía solar de la que genera México, por lo que podemos concluir el enorme potencial que posee el país ya que también se puede ver la enorme ventaja con respecto a la radiación solar que esta llega a tener, siendo al menos 5 veces superior.

País	Tamaño del territorio (Km2)	Radiación solar (Kwh/m2)	Generación de energía solar (Gwh)
Alemania	357,376.0	1.1	5,047.0
China	9,597,000.0	4.5	116,500.0
México	1,964,000.0	5.5	114.2

Por disponibilidad de la información, los datos de energía solar son del 2014

Tabla 2: Cuadro comparativo del aprovechamiento solar, Fuente: *(Portillo, 2017)*

Y hablando de China, aunque esta posea un territorio 4.8 veces mayor, se puede distinguir que la radiación solar que esta recibe es menor con la de México, pero aun con esto México no produce ni el uno por ciento de la energía solar que produce China.

Por lo que podemos constatar que México comparado con los 2 países con mayor mercado de paneles solares a nivel mundial tiene un territorio aceptable y con

índice de radicación bastante buena, que al explotar al máximo estos recursos puede llegar a ser superior, pero obviamente dependiendo del interés y desarrollo que en el futuro pueda tener.

2.4.- Distribución de planta

La distribución de planta parte del objetivo de tener la óptima disposición de las maquinas, los departamentos y los equipos, en pocas palabras la optimización de los espacios conforme a los recursos disponibles y a disponer.

La simple ordenación física de todos los elementos, comprender y analizar los espacios necesarios para todos los movimientos existentes realizados por los operarios directos e indirectos y las actividades que con regularidad se realicen en la instalación son unos de los puntos a tratar dentro de todo este conjunto. Una distribución de planta puede aplicarse en una instalación existente o por realizarse.

Pero con el paso del tiempo varios autores han determinado ideas y definiciones que fueron cambiando conforme pasaba el tiempo. Por lo que para entender su complejidad se observaron los diferentes puntos de vista que se fueron suscitando a través del desarrollo humano.

2.4.1.- Definiciones de distribución de planta

Richard Muther define la distribución de planta como: “La distribución de planta implica la ordenación física de los elementos industriales y comerciales. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las actividades del servicio”.

“Es una herramienta propia de la Ingeniería Industrial, donde el ingeniero tiene que poner a trabajar toda su inventiva, creatividad y sobre todo muchas técnicas propias para plasmar en una maqueta o dibujo, lo que se considera que es la solución óptima de diseño del centro de trabajo e incluye los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios como la maquinaria y equipo de trabajo, para

lograr de esta manera que los procesos se ejecuten de manera más racional”. (Muther, 1970) .

Según Apple: “El layout de la planta es planificar el camino que cada componente, parte del producto debe seguir a través de la planta, coordinando las distintas partes para que los procesos de fabricación puedan llevarse a cabo de la manera más económica, luego preparar el dibujo u otra representación de la disposición y finalmente ver que el plan se pone en práctica correctamente”.

Según Mallick y Gandreau: “La distribución de planta permite determinar y disponer la maquinaria y equipos diseñados de una planta en el mejor lugar, para permitir el flujo más rápido de material, al menor costo y con la mínima manipulación posible, desde la recepción de la materia prima hasta la entrega del producto terminado”.

En palabras de Sansonetti y Malilick: “La distribución en planta consiste en planificar el equipo adecuado, junto con el lugar adecuado, para permitir la elaboración de una unidad de producto de la manera más eficaz, a la menor distancia posible y en el menor tiempo posible”.

Según James Lundy: “La distribución en planta implica idénticamente la asignación de espacio y la disposición del equipo de tal manera que los costes operativos totales se reduzcan al mínimo” (Lean Manufacturing 10, 2017).

Para dar una breve conclusión se ha podido determinar que la distribución de planta puede ser vista de formas diferentes, pero el resultado esperado siempre será el mismo ya que siempre estará basada en las instalaciones de la empresa y en los recursos que tenga, por lo que el fin primario es la máxima productividad, que es hacer más con poco, o hacer más con los mismo.

2.4.2.- Principios básicos

Normalmente como en casi todos los temas de investigación se parten de diferentes principios básicos por los cuales se verifica la esencia de este y la caracterización que se tiene durante su transcurso, y por lo que son tomados en

cuenta dentro de todo este ramo, y así la planeación de una distribución de planta cuenta con los siguientes:

1. Principio de la satisfacción y de seguridad:

La mejora de las condiciones laborales por las cuales se desenvuelven los operadores es un principio que explota los mayores potenciales de los espacios y recursos, debido al objetivo de reducir el esfuerzo que se necesita para realizar las tareas y a los aspectos importantes de seguridad.

2. Principio de la integración de conjunto:

La unión de todos los componentes del sistema como los son el material, la maquinaria y los operadores en la distribución de modo que se tenga una mejor sinergia para el uso de la empresa siendo la integración una parte importante.

3. Principio de la mínima distancia recorrida:

Este principio indica la distancia de recorrido ya sea de área a área o de una actividad en específica siendo más considerable que estas reduzcan su tiempo de desplazamiento, lo cual es que la distancia a recorrer sea la más corta posible.

4. Principio de la circulación o flujo de materiales:

Este principio indica la importancia de considerar la circulación de los materiales dentro del sistema el cual es aquella distribución que considere el ordenamiento de las diferentes áreas de trabajo de forma que cada una tenga cierta secuencia que beneficie al proceso considerando la interacción de cada actividad las unas con las otras.

5. Principio del espacio cubico:

Este principio nos indica la importancia de los espacios dentro de las instalaciones ya que se señala que cada espacio que no se aproveche en su totalidad afecta de manera indirecta a lo que es la empresa, siendo que cada área genera un cierto costo, el hecho de no aprovechar los espacios disponibles desaprovecharía el monto invertido en la implantación de la distribución por lo tanto se busca el máximo provecho de lo que se tiene

disponible en espacio siendo este considerado tanto de forma vertical como horizontal.

6. Principio de la flexibilidad:

Cada plan o proyecto que se quiera llevar a cabo siempre tendrá consigo algún costo que se tendrá que considerar y en este principio la distribución más efectiva es la que menos costos genere en el momento de llevarla a cabo, al igual que aquella que se pueda realizar sin mayores inconvenientes, y esto se ve reflejado en aquellas empresas en las que se trasladan a instalaciones ya hechas siendo más fácil acomodarse a estas que implementar dinero o recursos en realizar ajustes estructurales teniendo en consideración el costo-beneficio (Muther, 1970).

2.4.3.- Ventajas

Considerando los principios de la distribución de planta que es lo que esencialmente se deberá de tomar en cuenta en la distribución y con los objetivos y puntos de vista de varios autores dentro del tema, la distribución de planta conlleva a varias ventajas que son las que determinan el hecho de querer realizarla en primer lugar, siendo estas las siguientes:

- Se utiliza de forma efectiva y optima los espacios con los que se cuentan según su grado de necesidad ya que en varias áreas establecidas se pueden determinar los espacios a tener en cuenta para realizar las actividades y los que no son necesarios siendo estos considerados para otras funciones una vez realizado el estudio.
- La disminución del tiempo de fabricación y las demoras o tiempos de espera que son factores clave en cuestiones de productividad siendo una ventaja competitiva en contra de otras empresas del mismo sector.
- Como ya se mencionó dentro de uno de los principios, una de las ventajas es la disminución de las distancias recorridas dentro de la planta considerando la disminución de los recorridos realizados por los materiales, las herramientas y los operarios siendo estos los más beneficiados por la reducción de fatiga dentro de la jornada laboral.

- La disminución de accidentes y la seguridad del personal son las ventajas que se tienen en consecuencia del ordenamiento de materiales siendo estos colocados de forma tal que no afecte a la integridad del personal y puedan realizar sus actividades sin preocuparse de elementos externos, reduciendo pasos peligrosos, lugares inseguros y materiales en los pasillos.
- La circulación que se tiene en consecuencia se adecua de forma tal que el personal los materiales y los equipos de transporte fluyan dentro de todo el proceso sin que estos tengan un impacto en consecuencia a otras actividades independientes.
- Se incrementa la productividad y por consecuencia se disminuyen los costos, debido a la mejor utilización de la maquinaria, los materiales y los operarios.
- Aumenta la calidad del producto separando actividades que son perjudiciales entre sí.
- Tener una completa visión dentro de las diferentes áreas de trabajo ubicando de manera más sencilla los puntos de demora y considerando las operaciones más difíciles o detalladas.

2.5.- Tipos de distribución en planta

Para complementar lo que es el uso e importancia de las distribuciones se presentaran los diferentes tipos de distribuciones básicas que inician la implementación de los modelos de distribución. Cabe resaltar que hay variados tipos de distribuciones que fueron adaptados a la interpretación de diferentes autores y que en ocasiones pueden llegar a variar en los nombres en los que se conocen, pero los principios comúnmente serán los mismos.

2.5.1.- Distribución por producto:

Este tipo de distribución se puede conocer también como distribución de taller de flujo (comúnmente conocido en las empresas para realizar la denominada “producción en línea” o “producción en cadena”). Consta relativamente de colocar los procesos u operaciones tan cerca, las unas de las otras, de acuerdo a la

consecución de pasos para la fabricación de un producto, con esto se da a entender que todos los recursos necesarios para la fabricación serán necesarios (maquinaria, equipos y personal); el producto en cuestión recorre la línea de producción establecida a medida que se realizan las operaciones pertinentes para su elaboración. Contribuyendo a tener un manejo de materiales reducido, con tiempos de fabricación mínimos y simplificando los espacios entre las áreas o departamentos.

Este tipo de distribución se emplea principalmente para la realización de una elevada demanda de uno o varios productos dependiendo del giro de la empresa (se adecua para grandes volúmenes), dado que se especializa en tener un sistema de producción que permite el flujo de materiales más fácilmente.

Considerando todo esto, se puede concluir que consta de unas ventajas considerables, pero que, a su vez, marca limitaciones a la hora de establecer este tipo de distribución, ya que solo es recomendable si la demanda del producto se encuentra razonablemente estable, por lo que, de no ser así, la ausencia de flexibilidad podría costar demasiado en temporadas de producción bajas, debido a que no podría adaptarse con suficiente rapidez a estas.

Otro de los inconvenientes es la alta inversión que se necesita, el cual no sería rentable si la producción es mínima y poco estable; uno de los factores que puede llegar a impactar de forma negativa a la productividad de la misma, es la dependencia de cada una de las estaciones de trabajo, que al tener algún fallo afectaría a toda la cadena dependiente de este proceso, por ello se necesita estar consiente de estas limitaciones para aplicar los principios de esta distribución y determinar si sería beneficioso aplicarlo o no, al igual que determinar diferentes tipos de soluciones a los problemas ya antes mencionados. Este tipo de distribución puede variar desde un centro de trabajo enfocado en los operadores, hasta centros de trabajo totalmente automatizados.

2.5.2.- Distribución por proceso:

También conocido como distribución de taller de trabajo o distribución por funciones.

Implica el agrupamiento de las funciones similares en el proceso, es decir el acomodo de las estaciones de trabajo que realizan procesos similares, generalmente para la realización de diferentes productos, obteniendo así una distribución detallada de las instalaciones, de acuerdo a la secuencia de operaciones ya establecida.

Comúnmente el acomodo de muchas de las instalaciones con este tipo de distribución se realiza de forma adyacente debido a la gran cantidad de tráfico que puedan tener, con el objetivo de minimizar los costos que puede implicar el manejo de materiales entre las diferentes áreas.

Normalmente dado a la separación de determinados tipos de actividades los operarios que laboran tienden a desarrollar mayor experiencia y rendimiento, lo que a largo plazo resulta beneficioso en caso de cambio de productos o volumen de demanda, e inclusive de recuperar la continuidad de la producción en casos de falta de material, maquinaria o equipos averiados y operarios ausentes.

A su vez, para su implementación se deben considerar los espacios de almacenamiento, ya que para producir varios productos implica altos niveles de inventarios y por consiguiente mayor costo de almacenaje, al igual que, la mano de obra tendrá que ser calificada para realizar las actividades específicas que se requieran, lo que podría producir un costo extra en los operarios más importantes.

El número de productos realizados toma relevancia en esta distribución ya que se deberá desarrollar un diagrama de relaciones que pueda demostrar el grado de importancia que debe tener cada área de trabajo con respecto a otra, pero dependerá totalmente de lo que la empresa disponga y considere de acuerdo al número de ventas estándar.

2.5.3.- Distribución por posición fija

Este tipo de distribución como en su nombre lo dice consiste en que el producto a realizar se queda en un lugar fijo debido a diversos factores como lo son el peso, el tamaño o el lugar donde se desea colocar, y debido a esto los materiales, equipo y operadores se mueven constantemente durante su realización, lo que

provoca que los puestos de trabajo se instalen de forma provisional y junto al elemento que se fabrica.

Con estas circunstancias los tiempos que se pronostican pueden llegar a variar, aumentando o disminuyendo las horas de trabajo asignados, por lo que este tipo de distribución puede llegar a ser muy versátil e inclusive afectarle directamente el área demográfica o el estado climatológico del lugar donde se esté fabricando.

Esta distribución logra el mejor aprovechamiento de la maquinaria utilizada ya que esta es especializada para determinado producto y dado esto, se puede adaptar a una demanda intermitente lo que permite una buena flexibilidad; uno de los factores a considerar es que el producto depende considerablemente de la habilidad de los trabajadores por lo que es importante determinar las habilidades y destrezas que deberán tener antes de iniciar la fabricación.

2.5.4.- Distribución celular

Normalmente este tipo de distribución se compone de una agrupación de maquinaria y operadores en centros de trabajo específicos (celdas) con procesos similares o de una sucesión de operaciones asignadas. Este tipo de distribución consiste en la combinación de la distribución por producto y de la distribución por proceso, debido a que se diseñan los centros de trabajo para realizar procesos específicos (por proceso) y se dedica a la realización de un número limitado de productos (por producto); en esencia la flexibilidad de la primera y la eficiencia de la segunda.

Los beneficios más notables de este tipo de distribución es la disminución del material en proceso e inventarios por lo que viajan una menor cantidad de piezas por el proceso; la rapidez de la producción debido a la asignación de tareas a las diferentes celdas, que consisten en un grupo de hombres que forman un equipo de trabajo (esto permite una mejora en las relaciones humanas y de las habilidades de los trabajadores); facilita el control visual y la supervisión por lo que se tiende a un mayor cumplimiento en los tiempos establecidos de producción.

La distribución celular permite un flujo estándar en la producción por lo que se deberá ordenar la maquinaria empleada en cada célula de modo que todas las partes sigan una misma secuencia, esto para obtener un sistema con flexibilidad con el cual se permita obtener menores tiempos de producción.

2.6.- Planteamiento sistemático de la distribución (S.L.P.)

El Planteamiento Sistemático de la Distribución o como se le conoce por sus siglas en inglés “*Systematic Layout Planning*” (S.L.P.) fue desarrollado por Richard Muther en los años 60, basándose principalmente en distintas técnicas empleadas por Ingenieros Industriales, el cual es aplicable tanto a distribuciones nuevas como a distribuciones ya existentes; es una forma lógica y racional cuyo objetivo es la planeación de una distribución (Ramirez, 2013).

Este método consiste principalmente en enfocar de forma organizada un plan de operaciones o normas a seguir, reuniendo los principios ya antes expuestos y de distintas definiciones de diversos autores, el cual está compuesto por fases, las cuales nos permitirán identificar, valorar y visualizar todos y cada uno de los elementos que interactúan dentro del sistema de la distribución.

Debido a que el método comprende este tipo de características, puede ser aplicable para diversas situaciones y no solo encasillándolo para el área productiva, siendo posible para zonas como laboratorios, oficinas y almacenes.

Aunque podría afirmarse que este método es una ciencia basada en un sustento matemático, es considerada más bien un estilo o arte que presenta consideraciones basadas más en el sentido común y en el propio juicio del que realiza dicho proceso, siendo este reafirmado dentro de este trabajo ya que debido al tamaño definido y reducido de la planta se tomaran en cuenta enfoques más apegados a lo ya establecido.

2.6.1.- Fases para el desarrollo de la distribución de planta

Este método cuenta con cuatro fases que se irán desarrollando para preparar el planeamiento de la distribución de planta, aunque cabe resaltar que la forma en las que se nombren en este trabajo puede ser diferentes con respecto a otros, el

fin es el mismo, siendo esto lo más importante; se inicia desde los objetivos iniciales hasta lo que es la implantación física ya realizada.

- **Fase I: Localización**

En esta Fase se tomará en cuenta la ubicación de la planta a distribuir ya considerando si la planta se trasladara a un edificio a otro, considerando la posición geográfica, ambiente climatológico, condiciones estructurales o en lo que se considere relevante para el estudio, en caso de una redistribución se considera el nuevo espacio en el que se realiza la redistribución y las condiciones en las que se encuentra.

- **Fase II: Planteamiento general**

Aquí se plantea la zona a distribuir de modo general considerando los flujos de todos los integrantes del sistema, todas las relaciones y enlaces incluyendo los aspectos importantes de cada zona; lo que se plantea es la obtención de un bosquejo o forma final de la distribución sin entrar en detalles para tomarlo como referencia.

- **Fase III: Planteamiento detallado**

Durante esta fase se determinan todos los aspectos importantes de cada elemento físico, ya sea, mano de obra, maquinaria, equipo y material; se debe preparar un plan de distribución detallado considerando la fase anterior realizando un análisis, así como una planificación y definir todos los lugares donde van a ser situados los componentes. Aquí se concentrará la información que dará como resultado el plan de distribución final.

- **Fase IV: Instalación**

Como en su nombre lo indica en esta fase se dará la implantación física del plan de distribución, que implica todos los movimientos físicos necesarios incluyendo los ajustes que pueden llegar a surgir dentro del plan de distribución.

Para la realización de este método se recomienda seguir consecutivamente las fases, las unas con las otras, siendo así que tanto lo que afecte a una deberá ser

considerada antes de la realización consecutiva de la otra, esto para que se pueda obtener un mejor resultado al momento de la realización del plan de distribución.

Aunque se menciona en la primera fase que se tendrá que determinar la zona en la que se localizara la nueva distribución o redistribución, esto no siempre indica que se deba empezar desde ahí, siendo este trabajo un claro ejemplo, debido a que, lo que se busca en si es una propuesta de una nueva distribución de planta con respecto a una anterior y no su implantación física siendo solo de manera teórica y centrándose en específicamente las Fases II y III.

Este método como se hizo mención con anterioridad, está compuesto por una secuencia de pasos estructurados los cuales se pueden ver en el siguiente esquema:

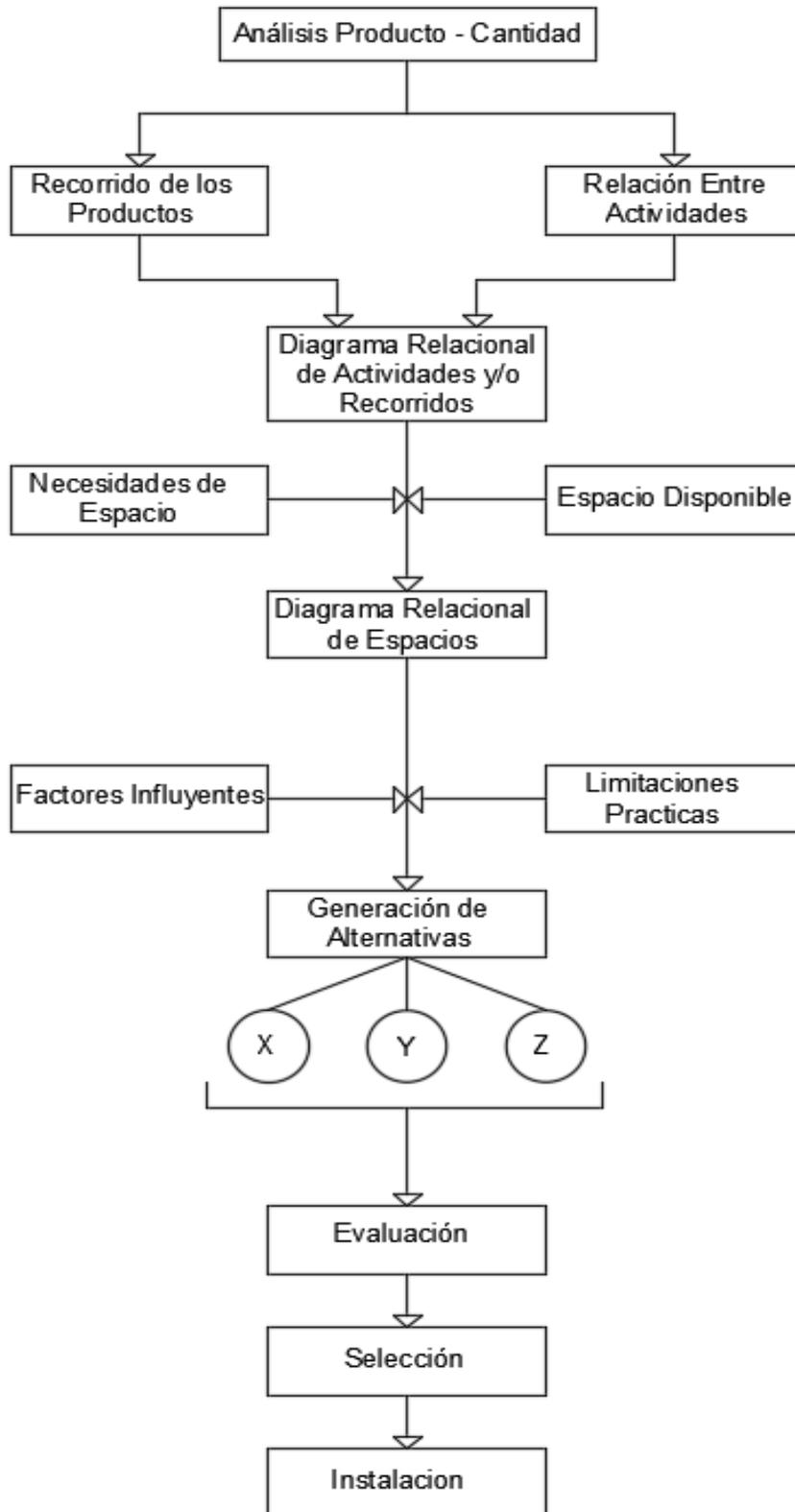


Figura 3: Esquema del S.L.P., Fuente: (Sandoval, 2013)

Descripción secuencial de los pasos a seguir:

Paso 1: Análisis Producto – Cantidad

Se trata de conocer el tipo de productos que se van a elaborar y la cantidad que se va a generar ya que esto es necesario para poder diseñar la distribución y seleccionar su tipo, puesto que las dimensiones del producto pueden delimitar la cantidad de productos a considerarse para producir dentro de la planta por las limitaciones del espacio de almacenamiento.

Aunque es igual de importante considerarse la gama de productos a fabricar ya que esto podría afectar, o en su debido caso considerar otras situaciones en las que se deba reorganizar una distribución ya planteada a otra, dependiendo de esto.

Pasó 2: Recorrido de los productos

En este paso se debe determinar la secuencia de los movimientos empleados de los productos dentro del entorno, normalmente esto es focalizado en un diagrama de flujo que determina los pasos o procesos que se deben realizar para lograr el fin deseado, pero aun con esto se pueden optar por otros tipos de métodos o diagramas que ayuden al fin deseado de este paso.

Pasó 3: Relación entre actividades

Se debe plantear la intensidad de las relaciones existentes entre las diferentes actividades productivas para considerar la cercanía las unas con las otras. En este paso se considera la realización de una tabla relacional de actividades que pueda ser de utilidad, pero ya es parte de la consideración de quien efectuó la investigación si tomar este método u otro más de su agrado o facilidad.

En este punto no solo trata de la consideración del flujo de productos que circulan dentro del sistema lo que afecta la toma de decisiones, sino que se deben considerar otros aspectos o factores que influyan en el acomodo, algunos ejemplos podrían ser el diseño de la planta siendo esta una ya instalada con anterioridad, se deberá considerar su forma y diseño, o en otro aspecto al

considerarse un proceso con determinadas condiciones de higiene que deba colocarse en cierto sitio, o al igual los abastecimientos de energía que se tengan que instalar y el flujo de desperdicio que se deba efectuar.

En la formulación de las relaciones de las actividades se deben de considerar todos y cada uno de los aspectos que se crean necesarios para que no afecte en el diseño final planteado.

Pasó 4: Diagrama relacional de actividades y/o recorridos

Con la información recogida de los pasos anteriores, que son los tipos de productos y la cantidad elaborada, el recorrido que estos comprenden por el sistema y la relación de cada una de las actividades realizadas, se puede elaborar el diagrama relacional de actividades que pretende realizar una representación gráfica de la relación correcta de las diferentes actividades considerando lo anterior, para darnos a constatar la forma relacional de cada una, por consiguiente este diagrama se debe ir adaptando a las pruebas que se empiezan a desenvolver en consecuentes análisis o propuestas futuras que puedan reajustarlo.

Pasó 5: Necesidades de espacio

En este punto se considera la información de los espacios requeridos de cada área siendo este de vital importancia debido a que se reflexiona sobre los espacios necesarios para contrastarlos con los que se tienen, lo que sería la cantidad de superficie a tener en cuenta contra la cantidad de superficie destinada para cada actividad.

Aquí se toma en consideración la manera de ver de él que realice esta investigación, ya que esta debe utilizar un método que se adecue a lo que se requiera, para delimitar los espacios, siendo estos no solo de carácter técnico sino teniendo experiencia dentro de los diferentes procesos debido a que deben de considerarse los detalles más relevantes tomando en cuenta la exactitud de la información.

Debido a esto, los datos obtenidos siempre deberán verificarse respecto a lo disponible real, o en el caso de una nueva implantación a consideración de los responsables del proyecto, realizando ajustes de ser necesario, disminuyendo los requerimientos de la superficie de cada área o aumentándolos con respecto a otras y siendo este un factor decisivo en la realización de la distribución general de la planta.

Pasó 6: Desarrollo del diagrama relacional de espacios

El Diagrama Relacional de Espacios es relativamente similar al Diagrama Relacional de Actividades y/o Recorridos, solo que tomando en consideración el Paso anterior que sería el anexo de las dimensiones de los espacios requeridos representados a escala, en este diagrama es común añadir información, como lo son los requerimientos de equipos, maquinaria o personal, incluyendo factores que afecten a cada uno de estos, siendo las condiciones del suelo, los equipos de transporte, equipos de seguridad, turnos de trabajo entre otros, se trata de poner todas las características necesarias para su entendimiento.

En conjunto con el diagrama se tienen que tomar en cuenta los siguientes pasos como anexos a este, los cuales son:

- **Pasó 7: Factores influyentes**

En este Punto se determinan todos los factores que están involucrados dentro del sistema de distribución, en este caso el sistema productivo, que son: Factor Material, Factor Maquina, Factor Hombre, Factor Movimiento, Factor Espera. Factor Servicio. Los cuales son imprescindibles a considerar en el estudio de la distribución de planta.

- **Pasó 8: Limitaciones prácticas**

En este punto se deberán considerar todas las limitaciones o disponibilidades que se tienen en consideración ya que los alcances del estudio ya están determinados, por lo que es importante como referencia este punto.

Considerando esto, el diagrama nos permitirá reconocer vías posibles para cambios de distribución dependiendo de los productos, o la cantidad de estos, siendo una guía para realizar cambios en consecuencia a problemas o situaciones reales.

Aunque en la actualidad se tengan a disposición softwares con un grado de alto de exactitud cabe resaltar que una solución final en lo que respecta a una distribución se basa más en el sentido común y la experiencia del que lo desarrolla, ya que debido al conocimiento y especificaciones más apegados a la realidad se logra determinar las vías más prescindibles que el simple hecho de basarse solo en datos específicos.

Pasó 9: Generación de alternativas

En este paso como en su nombre lo dice se generan las posibles alternativas que se dispongan en la distribución considerando cada una de ellas a partir de las bases que las sustentan, siendo que puede haber diseños específicos para productos específicos o diseños apegados más al apartado de los costos de instalación o de mejora de la calidad.

Pasó 10: Evaluación, selección e instalación

Una vez que las soluciones fueron desarrolladas en el paso anterior siguiendo los factores decisivos para cada una, se tomaran en comparación, considerando sus ventajas y desventajas, para la selección de la que ofrezca la mejor distribución, evaluándolas respecto a los factores que la organización considere como más relevantes para la toma de decisiones, siendo ejemplos: los costos de implantación, facilidad de movimiento, impacto en el futuro de los planes de la organización, entre otros.

Con esto se selecciona la idónea para el trabajo, y se inicia el proceso de la instalación siendo este un plan programado efectuado por la parte operacional de la empresa, siendo presentado a cada uno de los involucrados para llevar a cabo dicha instalación, pasando de lo teórico a lo físico.

2.6.2.- Proceso del diseño de la distribución

A partir de los pasos secuenciales propuestos por el método del Planteamiento Sistemático y por las herramientas a utilizar se obtuvo el siguiente esquema que refleja las operaciones correspondientes que se seguirán durante el desarrollo de este trabajo.

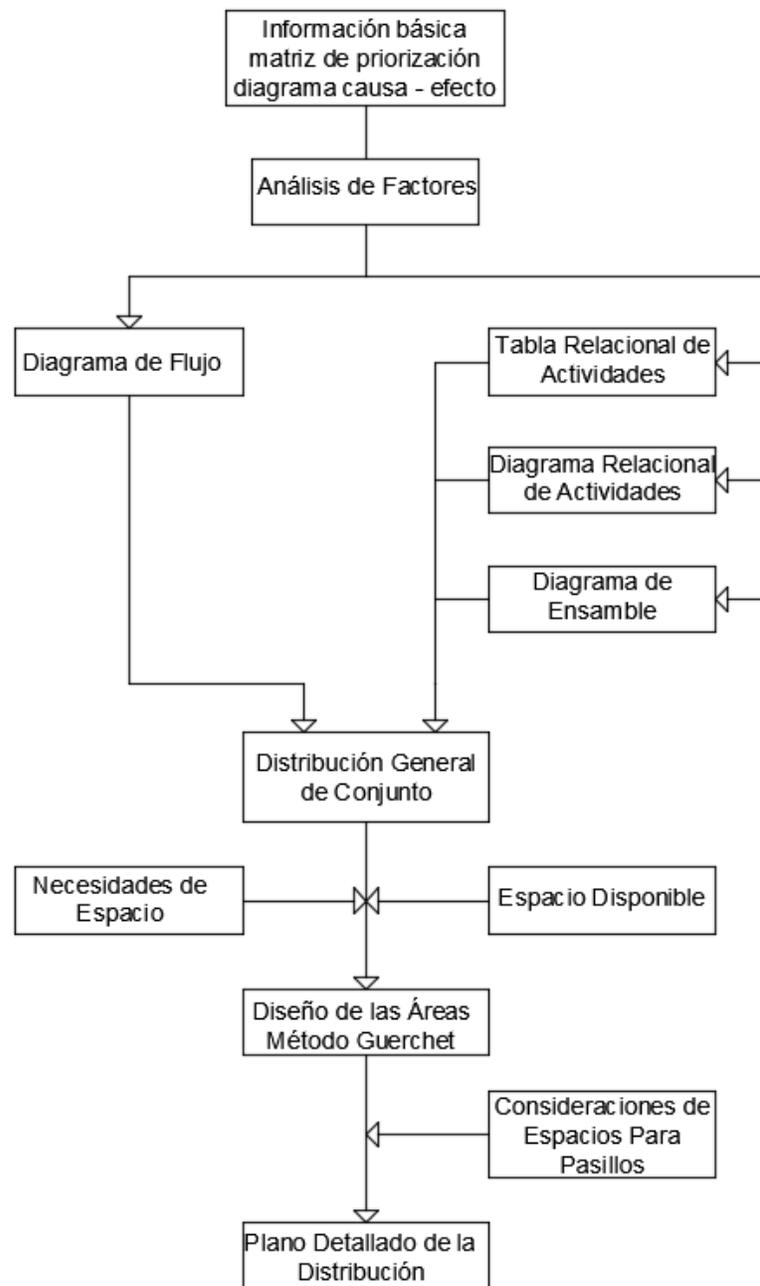


Figura 4: Proceso del diseño de la distribución, Fuente: (Elaboración Propia)

2.6.3.- Fundamentos para una distribución óptima

Muther plantea diversos fundamentos en el inicio de todo proceso de distribución, los cuales a través de los años han perdurado debido a su gran practicidad y versatilidad, las cuales se han aplicado a lo largo de multitud de plantas industriales, y por lo que es necesario mencionar para tener una mejor perspectiva (Muther, 1970).

Planear todo y después los detalles

Este fundamento está basado en uno de los puntos del método S.L.P. el cual como se mencionó con anterioridad, se trata de realizar una distribución de planta de manera global, manteniendo los principios de un artista a la hora de plasmar una pintura, en la que se plasma a tintes generales la estructura del dibujo para después comenzar con los detalles, lo que nos permitirá identificar de manera más practica cada una de las partes que componen el sistema, para establecer el flujo de trabajo ideal, y de esta forma no malgastar tiempo en detalles que perturben nuestro criterio inicial.

Planear primero la disposición ideal y luego la disposición practica

De la mano con el anterior la idea es plantear una distribución ideal sin considerar detalles como los costos o la facilidad del movimiento, aquí se debe plantear y determinar la distribución como si no existiese nada en la planta, de la manera en la que los objetivos básicos planteados con anterioridad sean cumplidos, para que después se puedan adaptar según la disposición real con la que se cuenta.

Lo más importante es considerar esto para evitar los prejuicios que puedan surgir y de esta forma no afecten a lo que pudiera ser la distribución ideal.

Seguir los ciclos del desarrollo de una distribución y hacer que las fases se superpongan

De aquí surge el principio del S.L.P. lo que vendría siendo las cuatro fases del desarrollo de una distribución de planta, Muther consideraba que el Ingeniero a cargo de la distribución actuaba respecto a varios pasos, para esto suponía que debía considerar primero la localización de la distribución, para seguir con la

planeación de la distribución de conjunto, el cual es plantear de manera general todos los puntos importantes, para después entrar en detalles, lo que sería la distribución detallada de cada departamento y para concluir con la instalación de la distribución final.

Planear el proceso y la maquinaria a partir de las necesidades de material

En este fundamento se considera al producto como factor decisivo para plantear el tipo de proceso a emplear y este a su vez determina la distribución de los componentes de la planta, se debe conocer las especificaciones del producto que se va a elaborar y las condiciones por las cuales se puede desenvolver, al igual que el ritmo por el cual puede seguir.

Planear la distribución basándose en el proceso y la maquinaria

Para que se empiece el proceso de distribución, es importante seleccionar un proceso de producción idóneo que se adecue a lo que se crea beneficioso para la organización, y en este caso, considerando la maquinaria como factor para la utilización del espacio; recordando que el espacio y la situación de los procesos de producción y maquinaria constituyen al núcleo del plan de distribución.

Proyectar el edificio a partir de la distribución

El diseño que se va a plantear normalmente se realiza considerando una planta o cimientos ya hechos, pero que normalmente limita las condiciones de toda la estructura debido a que la distribución se tiene que adaptar a esta y no al contrario, pero este fundamento considera el caso de no tener la construcción, por lo que se considerara que la estructura general de la planta se haga con respecto a la distribución prevista para que de esta forma se pueda efectuar de manera más fácil la implantación de la distribución deseada.

Pero al igual es preferible considerar diversos tipos de distribución ya que con el paso del tiempo pueden llegar a haber cambios que se puedan llegar a efectuar.

Planear con la ayuda de una clara visualización

Se debe tener en cuenta que el que realice la distribución deberá tener una adecuada visión con respecto a los puntos clave para realizar la tarea, de modo que se puedan analizar los datos y los hechos de los que se dispongan, esto para ayudar a construir de forma óptima y organizada las posibles equivocaciones que se puedan ver interferidos en la planeación.

Por otra parte, este tipo de visualizaciones pueden auxiliarse con varios métodos que nos ayuden a poder explicar los términos y planes de la distribución a los demás encargados que necesiten conocerla antes de su implementación, estos métodos pueden ser a través de formas, dibujos, modelos, o los que se consideren necesarios.

Planear con la ayuda de otros

En el momento de la aplicación la distribución es un trabajo cooperativo, que no se realizara efectivamente sino se consigue la colaboración de las personas a las que esta les afecte, por lo que antes de realizar la implantación física es de vital importancia conocer las opiniones diferentes que se tengan con respecto a esta, debido a que pueden sugerir ciertos inconvenientes por parte de las varias áreas dentro del sistema de producción que pueden afectar el resultado final, al igual que el poder replantear la propuesta a base de las necesidades de las diferentes partes del sistema.

El solicitar las ideas y opiniones de los demás puede resolver gran cantidad de inconvenientes en la planeación debido a que ellos son los que conocen el sistema y la forma de hacerlo, además de permitirles ayudar en esto lo que mejorara la forma en la que ellos se adapten al nuevo sistema.

Comprobar la distribución

En el momento en el que se realiza la distribución general de conjunto, que es el bosquejo principal en el que se basara, se deberá hacer que la aprueben para su desarrollo, debido a que con esto se ahorraran problemas antes de iniciar con los

detalles, por el hecho de que si no lo aprueben se pueda replantear la forma y desarrollo para ahorrarse trabajo.

A parte de esto se tendrá que comprobar la distribución antes de pedir la aprobación siendo así que se contrastara con los objetivos antes expuestos para la realización, al igual que comparar los factores que se tendrán en consideración y por último comprobarlo con respecto a las dudas o preguntas que puedan surgir por parte del personal implicado, lo que ayudara a poder ver mejoras futuras o comprobar que la distribución este bien planteada.

Vender el plan de distribución

Este fundamento refleja que, al igual que con cualquier producto o mercancía que se requiera implementar o suministrar, una distribución se tiene que vender a quien se requiera, para que se pueda realizar su implementación, lo que se puede llegar a entender, que el que desarrolla esta distribución debe tener habilidades de ventas constatando principalmente los beneficios obtenidos.

CAPITULO III: METODOLOGIA, DIAGNÓSTICO Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

En el siguiente capítulo se abordará la descripción y diagnóstico, presentando la problemática y describiendo los procesos que serán necesarios para la realización de la propuesta de distribución.

3.1.- Descripción de la empresa

A continuación, se presentará una descripción breve de la historia de la empresa, los procesos con los que cuenta y los productos que ofrece.

3.1.1.- Reseña Empresarial

La empresa cuenta con más de 5 años en el mercado nacional dedicándose a la producción y comercialización de paneles fotovoltaicos de distintas capacidades, ya sean las requeridas por el cliente, distribuyéndolas a lo largo del país, considerando también la venta de las herramientas necesarias para su instalación, ofreciendo los servicios para su implementación física y siendo una de las pocas dentro de esta rama; los productos que fabrica están dirigidos al público en general pero debido al costo algo elevado de cada unidad los principales clientes tienden a ser empresas o sectores con altos índices de consumo eléctrico.

Esta empresa siendo de carácter nuevo a través de los pocos años que lleva dentro del mercado, ha logrado gestionar sus recursos para seguir creciendo tomando en cuenta sus altas y bajas.

El proceso establecido que han seguido se ha determinado a lo largo de la experiencia a través de los años de trabajo, pero en este sentido, no se ha expuesto a un estudio que determine la conveniencia de las instalaciones, siendo estas diseñadas para otro tipo de actividades antes de la llegada de la empresa, lo que dificulta su maleabilidad para con el proceso. Las instalaciones cuentan con comedor, vestidores, baños y oficinas cuyas condiciones pueden llegar a ser deficientes por la falta de implementación de recursos para el apoyo de la restauración estructural; por otra parte, las zonas de oficinas están retiradas de

las instalaciones de producción debido a las condiciones estructurales previamente diseñadas para fines distintos. La empresa cuenta con operadores, vendedores y personal administrativo; y subcontrata servicios logísticos debido a los envíos que se tienen que realizar a distintas partes de la república mexicana.

La zona de estudio de este trabajo que vendría siendo el de Producción tiene un área de aproximadamente 1988.58 m^2 , suficientes para las actividades requeridas para la producción de los paneles. Esta zona está compuesta de varias áreas dentro del sistema, las cuales se tomarán en cuenta para la propuesta de distribución, que son: Corte, Soldadura, Montaje, Laminación, Marcos y Caja Conexión, y Área de Empaque

Las áreas no están delimitadas por muros o estructuras por lo que su maleabilidad dentro del sistema tiende a ser eficaz debido a que el instrumental requerido puede maniobrarse con poco esfuerzo, a excepción de la maquinaria; las áreas de Selección de Celdas y Almacén no serán tomados en cuenta debido a que el lugar determinado para dichas actividades está ubicado por estructuras que impiden su desplazamiento con respecto a las demás áreas.

Cabe considerar debido a que las áreas no están delimitadas, los paneles fotovoltaicos facturados están ubicados de forma uniforme colocándolos en cada parte donde se considere necesario de manera aleatoria perjudicando el flujo de materiales y las demoras de traslado.

3.1.2.- Descripción de los procesos de producción

El proceso productivo considerado para el estudio de este trabajo solo abarca el área de producción ya que es donde se centra este estudio, los cuales son los siguientes:

3.1.2.1.- Selección de celdas:

Se realiza la selección de celdas correspondientes al color que estas posean, las celdas que se utilizan para la realización de los paneles solares vienen de tonos diferentes de azulado, esto depende exclusivamente del proveedor de estas ya que debido a su composición cambia su color, normalmente esto no afecta la

eficiencia del panel, pero debido a la estética del producto final se realiza este proceso. Una vez seleccionadas las celdas de los colores correspondientes estas se apilan en pequeños montones de acuerdo al número de celdas correspondientes del panel a fabricar; una vez realizado todo este procedimiento se trasladan a el área de soldadura, ya sea a la maquina especializada de soldadura automática o al área asignada de soldadura manual.

- **corte de celdas:**

Las celdas que en el proceso de selección o de reposición terminen rotas por cualquier motivo, siempre y cuando no rebasen más de la mitad de la celda afectada o estén despostilladas (pequeñas zonas quemadas en las esquinas de las celdas) se apilan en montos diferentes siendo estos los asignados para el proceso de corte de celdas; este proceso se realiza con una maquina especializada en la cual se determina las dimensiones del corte, normalmente este proceso se realiza para el máximo aprovechamiento del material y estas a su vez sirven para realizar paneles de capacidades específicas.

3.1.2.2.- Procedimiento de corte:

Durante este proceso se realiza lo que es el corte del material necesario para el ensamble del panel solar, una vez teniendo el rollo de material para cortar en el área, se verifica si está en buenas condiciones (esto para verificar la calidad del producto), una vez considerando esto se coloca el material en los soportes correspondientes, a continuación las puntas se estiran hasta que el largo estirado alcance las medidas correspondientes, estas colocadas en el largo de la mesa (las medidas dependen del panel a fabricar siendo estos de diferentes tamaños), después se corta el material a esa medida haciendo una limpieza rápida quitando los pequeños residuos que quedan después del corte y colocándolo finalmente en los lugares asignados, para que cuando se solicite la requisición se traslade de forma manual al área de montaje.

- **Preparación y soldadura de la cinta**

Se realiza el corte correspondiente a la cinta que se ocupa para el ensamblado de los paneles, comenzando el proceso colocando los rollos pequeños de cinta en los soportes correspondientes introduciendo la cinta en la máquina, iniciando los cortes determinados por la maquina cuya configuración debe estar programada antes de iniciar todo el proceso; dependiendo del tipo de cinta y de su implementación se envía a:

- **Soldadura:** son las cintas principales que se soldán con pequeñas partes de cinta haciendo una soldadura vertical (caracterizada por tener forma de “L”), esto se logra por el uso de un cautín. Posteriormente una vez teniendo una cantidad considerable se traslada al área de montaje.
- **Remojado y secado:** estas cintas se caracterizan por ser más delgadas que las anteriores y cuyo principal uso es hacer la conexión del circuito total del panel, que vendría siendo la conexión de cada celda con otra; así como en el proceso anteriormente expuesto, las cintas cortadas se colocan en una charola en la cual se vierte un líquido especial (usado para que la cinta se pueda soldar con mayor facilidad a la celda), en el que se deja reposar alrededor de 10 a 15 min, una vez concluido ese tiempo de reposo, a continuación se exprimen y se transportan hacia la secadora, con la que se secan las cintas hasta que estas se encuentren en un estado intermedio y así colocarlas en el área de soldadura manual.

- **Suministro de vidrio:**

En esta parte se suministra el vidrio necesario para la fabricación de los paneles fotovoltaicos al área de montaje, esto realizado por el personal del área de corte.

3.1.2.3.- Procedimiento de soldadura:

Durante este proceso se realiza la soldadura de la cinta en las celdas y estas a su vez en cadenas de celdas para su posterior ensamble, este proceso se realiza tanto de forma automatizada como manual dependiendo del tipo de paneles a realizar.

- **Automatizada**

Este proceso se realiza a través de una maquina especializada en la fabricación de cadenas de celdas, el proceso realizado en esta parte es rápido, teniendo en cuenta que solo se tiene que suministrar los rollos de cinta (se evita el proceso de remojado y secado ya expuesto con anterioridad), el líquido especial y las celdas que vienen del área de selección, solo realizando ciertas regulaciones e inspecciones que puedan afectar al proceso, considerados por el personal operativo; una vez terminado el proceso las cadenas de celdas realizadas se colocan en su lugar correspondiente para que pueda pasar a la siguiente área.

- **Manual**

Como su nombre lo dice, este proceso se realiza de forma manual por el personal operativo utilizando las cintas que se remojaron y secaron en el proceso anterior usando un caudín para la soldadura con las celdas, este procedimiento se divide en dos pasos que son:

- **Soldadura individual:** El cuál es el proceso donde solamente cada una de las celdas son soldadas con las cintas y son puestas nuevamente en montones para la siguiente operación.
- **Soldadura en cadena:** Una vez cumplido con lo anterior, se pasa a la soldadura de cadenas de celdas que vendría siendo la unión de varias celdas para formar tiras grandes, las cuales posteriormente formarían la estructura del panel.

(En esta parte es donde se soldán las celdas provenientes del área de “selección de celdas” que hayan sido cortadas con la máquina de corte de celdas)

Cabe recalcar que la fabricación automática de las cadenas de celdas solo se realiza para hacer los paneles más pedidos en la empresa y, los menos comunes, siendo estos con menor demanda en el mercado se realizan de forma manual o al igual, paneles cuyas características no pueda realizar la máquina.

3.1.2.4.- Procedimiento de montaje

En este proceso, como en su nombre lo dice, se realiza el montaje de los paneles fotovoltaicos, en los que se especializa la empresa. Como ya se explicó anteriormente varias partes de los procesos anteriores son suministrados en este punto, tales como: el material cortado del área de corte, las cadenas de celdas realizadas en el área de soldadura y el vidrio suministrado por el personal del área de corte, en este punto los operadores se encargan de colocar cada parte de forma óptima y eficiente soldando varias partes de la cadena de celdas haciendo un circuito cerrado. Una vez realizado esto, los operarios colocan el módulo ensamblado en los soportes correspondiente para que estos puedan ser recogidos por el personal del área de laminación.

3.1.2.5.- Procedimiento de laminación

En este paso los operarios de esta área se encargan de recoger los módulos ensamblados del proceso anterior para colocarlos en las mesas Reflectoras.

- **Revisión y verificación de la funcionalidad**

Durante este proceso los módulos terminados son pasados a una mesa reflectora cuya principal función es verificar que cada proceso realizado con anterioridad haya sido eficaz y no se hayan cometido errores que afecten su funcionalidad; en este paso dado a la experiencia ya generada por los operarios se realiza de forma rápida y sencilla, para posteriormente ser trasladadas a la máquina de corriente para verificar si hay circulación de la corriente entre las diferentes celdas y que ninguna perjudique a la cadena.

Una vez concluido con lo anterior se colocan en las maquinas laminadoras, cuyo principal función es calentar y unir el módulo para que se consolide como pieza única, este proceso consta de varios pasos, los cuales como se mencionó antes empieza transportando los paneles ensamblados a la maquina laminadora, colocando una hoja de papel debajo del módulo para que no se adhiera al vidrio de la máquina, esta al ya estar programada correctamente realiza su debida operación, se enciende por el operario a cargo y una vez terminado este proceso

se procede por recoger el módulo ya unido, a una mesa para su limpieza, quitando los restos de material sobrante de las orillas del módulo y por último colocándolo en el carrito para transportarlos al siguiente proceso.

3.1.2.6.- Procedimiento de marcos y caja conexión

Una vez terminada la revisión, los módulos se pasan al siguiente proceso donde se consolidan completamente y se realizan los determinados paneles fotovoltaicos; posteriormente, una vez que se verifica si este módulo tiene la tarjeta del proceso de producción correspondiente se procede con el proceso, primero, una vez que el módulo está colocado en esta área, se comienza con la aplicación del silicón en los marcos previamente seleccionados, los cuales son, como se puede imaginar, dos largos y dos cortos, se coloca el módulo en una mesa con la cara hacia abajo, para que se puedan colocar los marcos en las orillas del módulo, una vez hecho esto se transporta a la prensa en la cual se hace un ajuste de acuerdo a las medidas del módulo a enmarcar, con esto realizado se presiona el botón negro de arranque y se espera a que el ciclo de la prensa termine; por último se retira el panel ahora formado y se coloca silicón adentro de un espacio que queda entre el marco y la cara trasera del módulo, sobre la unión de estos últimos.

Una vez realizado el procedimiento de colocación de marcos, los paneles se estivan en tarimas.

Después de esto, comienza el siguiente proceso que es la colocación de la caja conexión, cuyo proceso inicia una vez teniendo dichas cajas en el área, normalmente se colocan cierta cantidad de cajas a las que se le coloca el silicón en su contorno al mismo tiempo y estas a su vez para colocarlas en los paneles, esto se realiza para ahorrar tiempo, pero se debe de tener mucho cuidado para que no se seque el silicón al haber transcurrido mucho tiempo. Se toma los paneles de la estiva y se coloca la caja pegándola cuidadosamente en su parte trasera procurando que los cables de conexión (cintas) vayan hacia la parte inferior del panel, una vez colocada se verifica que la caja conexión esta derecha con respecto al marco, dejando un espacio adecuado entre la caja y el marco,

sucesivamente se deja secar por un periodo de al menos 4 horas verificando que el silicón de la caja este totalmente seco; por último se soldán las cintas del módulo a la caja conexión con un cautín en los conectores correspondientes, y así verter nuevamente cierta cantidad de silicón en la caja conexión previamente soldada para colocar las tapas correspondientes hasta que queden bien selladas; una vez completado todo este proceso se estivan nuevamente en una nueva tarima para su posterior traslado.

El silicón empleado en esta área está especialmente diseñado para que no afecte la corriente que se produce y no provoque problemas futuros.

3.1.2.7.- Procedimiento de empaque

Una vez realizado lo descrito con anterioridad, el último proceso o procedimiento que se realiza es el empaque de los paneles. Normalmente este proceso se realiza por el consentimiento de las áreas administrativas de la empresa que son las que determinan cuantos y cuales productos se envían hacia el cliente final.

Este comienza cuando se realiza una orden de compra del área de ventas, cuya petición es avalada por contabilidad y secuenciada por el área de logística y el área de almacén, este último para dar liberación de los paneles u otros productos que ofrece la empresa.

Este trabajo se concentrará en la producción de los paneles fotovoltaicos, por lo que otros productos y los procedimientos de empaque para estos no serán recalcados a lo largo de este, pero se le dará una especial atención en el momento de hacer el análisis de la distribución ya que al igual que el proceso de producción, este a su vez representa un flujo de materiales.

Con esto una vez realizado se comienza el traslado de los paneles del área de marcos al área de empaque tras haber efectuado los procedimientos ya antes mencionados, por lo que se procede a empacar cada panel de acuerdo a las especificaciones del cliente o del área de logística para su posterior traslado.

Se toman varias consideraciones y se suele rotar el personal de producción en este punto ya que en determinadas temporadas de ventas suele haber una

cantidad grande con respecto a otras, por lo que normalmente se siguen políticas puestas por el gerente de producción.

3.1.3.- Descripción de los productos

La empresa cuenta con una cantidad variada de productos, siendo el principal los paneles fotovoltaicos, con diferentes capacidades como las siguientes: 25W, 50W, 100W, 150W, 265W y 320W

Las capacidades se pueden adecuar a lo que requiera el cliente variando las características de los paneles para su comodidad.

Por lo tanto, se cuentan con Kits completos que incluyen los accesorios necesarios para la instalación del panel, entre las herramientas que más destacan para su implementación son:

Inversores: usados principalmente para monitorear el desempeño del sistema de paneles.

Caja de conexión: utilizado para facilitar la interconexión entre los módulos fotovoltaicos, inversor e interconexión al tablero de distribución.

Cables y conectores MC4: son conectores eléctricos de un solo contacto comúnmente utilizados en los sistemas fotovoltaicos. Son de fácil conexión y protegen los cables contra el medio ambiente.

Estructuras para módulos: diseñadas para colocar los módulos de manera uniforme y en la posición en la que se requiera.

3.1.4.- Descripción de los servicios:

La empresa cuenta con los siguientes servicios:

Traslado del producto hacia el establecimiento destinado por el cliente a no más de 200km a la redonda: este servicio se ofrece a los clientes cuyos establecimientos estén relativamente cerca de las instalaciones y cuyo traslado se realiza de manera gratuita, en condiciones de traslados más lejanos se realiza la cotización del costo y queda a consideración del cliente.

Capacitación de la instalación de los paneles fotovoltaicos: se realizan capacitaciones de la instalación de paneles fotovoltaicos a los clientes o personal interesado para que puedan conocer el producto y estar satisfechos con este, para que puedan realizar sus propias instalaciones.

Instalación de los paneles fotovoltaicos: la empresa tiene un servicio que es la instalación de los paneles fotovoltaicos cuando el cliente así lo requiera, esto para realizar el servicio completo que es la venta de paneles y sus accesorios con su instalación.

3.2.- Diagnóstico De La Empresa

En este punto se detalla cómo se definieron los principales problemas de la empresa, así como su situación actual.

3.2.1.- Análisis de los problemas de la empresa

A continuación, se presenta el análisis de los problemas de la empresa describiéndolos.

3.2.1.1.- Lluvia de ideas y matriz de priorización

La empresa a través de los años ha tenido varios problemas que afectan la productividad de esta, siendo importante analizar y encontrar su origen, aunque la problemática del trabajo es la mejora en la distribución se pueden asociar varias problemáticas con esta y se intentara dar su resolución; a continuación, se realizara una Matriz de Priorización que determinara la causa principal de la problemática referente a la distribución de planta, empezando con los pasos para su realización.

Lluvia de ideas

Se presentarán las causas, por las que, en la planta se detectan los problemas de distribución afectando el flujo de materiales, siendo estos los más considerados; para la aplicación de este método se necesitó de la opinión de los operarios, supervisores de área y personal administrativo dando como resultado los siguientes puntos.

Problemas detectados en la planta:

1. Control de inventarios inadecuado
2. Falta de comunicación entre las áreas
3. Desorganización del almacén
4. Falta de políticas de almacenaje claras y eficientes
5. Falta de planeación de producción
6. Falta de stock de los productos que requiere el cliente
7. Distribución deficiente de los recursos de la empresa
8. Motivación deficiente para el trabajo en equipo
9. Falta de control de las entradas y salidas
10. Espacios reducidos en la planta
11. Falta de planeación en la requisición de materia prima

Definir el criterio o criterios de decisión

Se identificó el criterio de decisión que determinara los puntos más importantes anteriormente mencionados, que es “problemas detectados en la planta con respecto a la distribución” tratando de ser lo más objetivo posible con respecto a esto, se seleccionaron los siguientes puntos como los más importantes, tomado en consideración la relación que hay entre estos:

- Control de inventarios inadecuado
- Falta de comunicación entre las áreas
- Falta de stock de los productos que requiere el cliente
- Distribución deficiente de los recursos de la empresa

Debido a que todos presentan una relación con respecto a la distribución se considerara la que será la que más afectación presente, por lo que se realizara la matriz de priorización.

Matriz de priorización

La matriz de priorización definirá el punto que más afectación presente a la problemática referente a la distribución, comparando los cuatro puntos más

importantes derivados de la lluvia de ideas; se realizara la comparación asignando un valor mostrado en el cuadro de abajo comparando cada uno de los puntos con los otros considerados, si este es menos, igual o más importante que el otro, por último, se realizara una sumatoria para determinar el punto más importante.

consideración de mayor afectación al problema de distribución	control de inventarios inadecuados	falta de comunicación entre las áreas	falta de stock de los productos que	distribución deficiente de los recursos de la empresa	TOTAL
control de inventarios inadecuados		2	1	1	4
falta de comunicación entre las áreas	2		1	1	4
falta de stock de los productos que requiere el cliente	2	1		1	4
distribución deficiente de los recursos de la empresa	3	3	2		8

VALORES:	
1	menos importante
2	igual de importante
3	mucho más importante

Tabla 3: Matriz de priorización, Fuente: (Elaboración propia)

El resultado señalo que el punto “**distribución deficiente de los recursos de la empresa**”, es la problemática que se tiene que abordar y se tiene que resolver ya que es la que mayor problema representa en la planta referente a la distribución, derivado de esto se consideraran los tres puntos que obtuvieron un total igual para la realización posterior del diagrama de Causa y Efecto propuesto a continuación.

3.2.1.2.- Diagrama causa y efecto

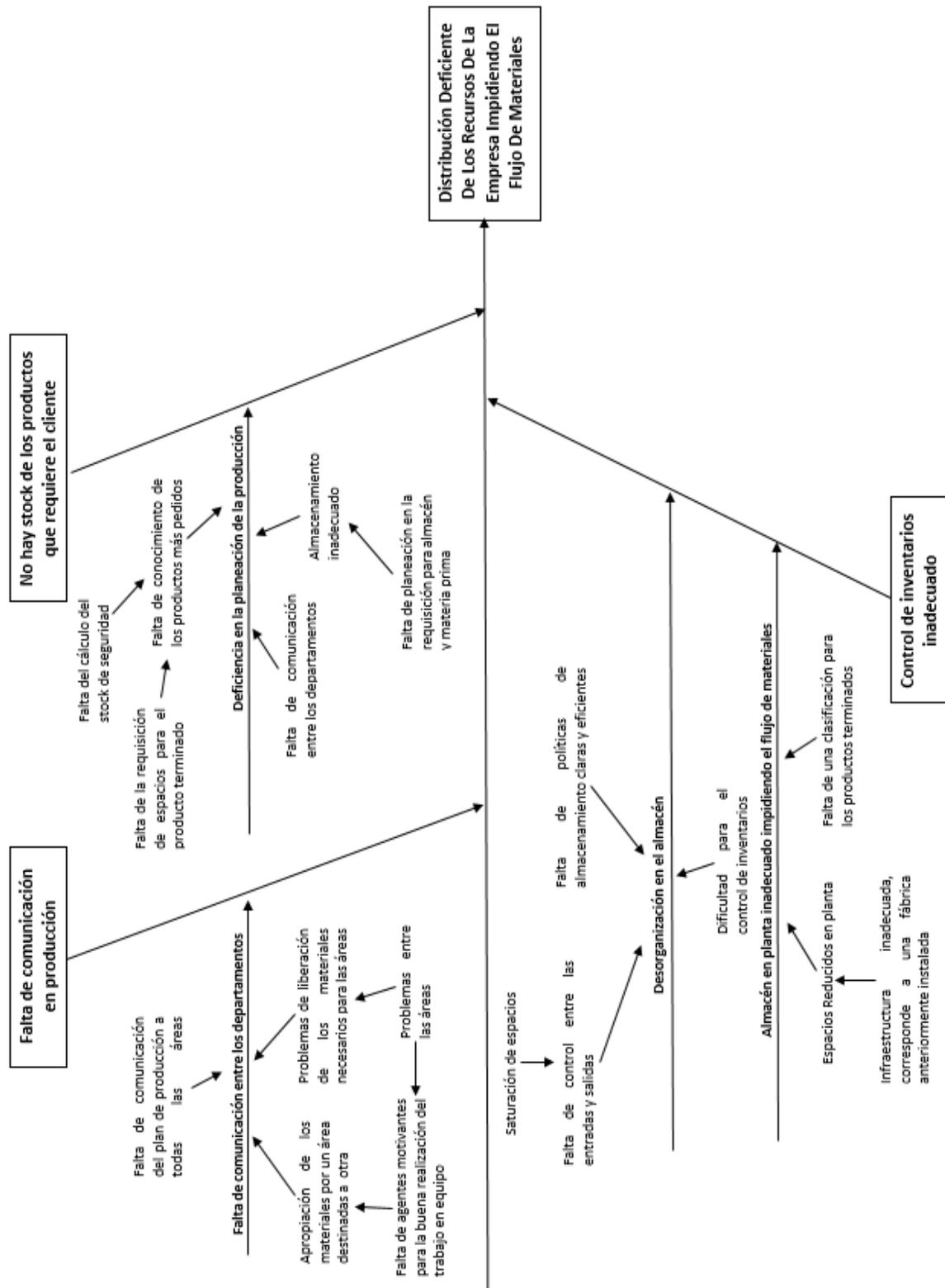


Figura 5: Diagrama causa y efecto, Fuente: (Elaboración propia)

Se muestra en la figura 5 el Diagrama de Causa y Efecto para el problema a resolver que es la “distribución deficiente de los recursos de la empresa”; por consiguiente, se puede observar las causas derivadas de la matriz de priorización consideradas como los puntos principales del problema principal debido a su relación. Así mismo, se observa que el problema logístico se debe a la falta de políticas de los inventarios, la falta de planeación de producción y la comunicación ineficaz entre los departamentos; de esta forma se requiere resolver el problema a través del diseño de la nueva distribución enfocado a la resolución de estos conflictos.

Para la realización del Diagrama se consideró la opinión del personal de la empresa, las áreas de mayor afectación y las inconformidades que se han llegado a presentar de parte del personal, identificando los problemas relacionados entre sí y por consiguiente determinando sus posibles causas.

3.2.2.- Tipo de distribución

El tipo de distribución que presenta la empresa es por producto como ya se explicó anteriormente, debido a que consta de procesos consecutivos que se han colocado lo más cerca posibles a consideración del criterio de la organización y que cada uno de estos depende del otro para seguir su proceso.



Figura 6: Situación actual de la empresa, Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 6 se encuentra la distribución actual de la planta, con condiciones específicas de un día cualquiera, en conjunto se muestra la tabla de tipos para la representación de los componentes del sistema productivo.

TIPO:	COLOR:
MUROS	Black
CARRITOS	Red
MAQUINARIA	Blue
MESAS DE MATERIAL	Green
TARIMAS DE MATERIAL	Yellow
TARIMAS DE PRODUCTO	Grey
OTROS	Cyan

Tabla 4: Tabla de colores de los componentes de la empresa, Fuente: (Elaboración propia)

3.2.2.1.- Principios básicos

A continuación, se presenta un análisis explicando los principios básicos de la distribución en la empresa y como se identifican en esta.

Principio de la satisfacción y de seguridad:

En relación a la seguridad que presentan los trabajadores respecto a la distribución actual se observa lo siguiente:

- Debido a los tamaños reducidos que presentan las instalaciones en el momento que esta se llena de paneles terminados dificultan el tránsito entre las áreas lo que produce altas probabilidades de accidentes o lesiones.
- Respecto a las condiciones de las instalaciones se presentan varias deficiencias referentes al piso o estructuras, debido a que estas presentan varias imperfecciones que hacen difícil el movimiento, sobre todo en los pisos, debido a que tienen que ser transitados por los patines que al

toparse con algunas de estas imperfecciones se detienen o impiden su movimiento.

Por lo que se concluye que en este aspecto no se presentan condiciones adecuadas.

Principio de la integración de conjunto:

En este principio cabe constatar que la empresa determino que cada actividad referente a la producción de los paneles debe estar en forma consecutiva considerando cada espacio necesario a estas, por lo que se considera eficaz en este punto, pero a su vez presenta varias deficiencias que impiden un buen flujo de materiales respecto al traslado de estos, mencionando el almacén de productos terminados repartido a lo largo del área de producción teniendo problemas a la hora de trasladarlos al empaque de productos terminados.

Por lo que en este aspecto podemos considerar que este principio está cumplido a medias.

Principio de la mínima distancia recorrida:

Respecto a lo mencionado respecto a este principio se ha concluido que la empresa ha determinado su distribución acorde a que las áreas estén lo más cerca las unas con las otras por lo que se podría ver que esto está cumplido, pero por obviedad se recalca que no se ha hecho un análisis de este tipo por lo que se podría decir que podría mejorar en este aspecto.

Principio de la circulación o flujo de materiales:

Se ha observado que el flujo de materiales entre un área a otra tiende a ser deficiente por los siguientes aspectos:

- Debido al incremento del producto terminado, la zona de producción tiende a ser menor, lo que con el tiempo dificulta el transito del material.
- Debido al no planear una producción en determinadas temporadas se tiende a no aprovechar el personal y los recursos, al igual que por el mismo

motivo no se tienen zonas asignadas al producto terminado siendo así que no hay un orden determinante.

- Por cuestiones de planeación el material requerido para la producción de los paneles, se terminan inutilizando las áreas que necesitan de este y parando estas, afectando la productividad de la misma.

Por consiguiente, este principio no es cumplido por la distribución actual.

Principio del espacio cubico:

En la planta de producción se ha observado que se ha decidido aprovechar al máximo cada espacio con el que se cuenta, pero que este no ha sido muy recomendable debido a la saturación de estos, debido a la saturación de los espacios provisionalmente para producto terminado se ha optado por colocar en zonas de tránsito o cualquier área restante en la empresa, dificultando la circulación de personal y material. Así mismo la obstrucción de los espacios afecta la seguridad, calidad y productividad de la empresa, por lo que en este aspecto se cumple, pero no realiza beneficios a esta.

Principio de flexibilidad:

Respecto a este principio y por lo visto en la planta, se presenta una adecuada flexibilidad, por lo que se han optado en la realización de varios tipos de productos, siendo así que no dificulta en ningún aspecto su fabricación y cabe mencionar que en el caso de requerirse el traslado de los recursos o materiales debido a su practicidad se pueden mover sin demasiado esfuerzo, esto sin considerar objetos grandes como lo son la maquinaria, aunque en caso de un traslado así, se puede efectuar solo cuando en verdad se requiera.

Por lo tanto, este principio se cumple por la gran facilidad a adaptarse a la situación que se le presente.

3.2.3.- Tipo de proyecto de distribución de planta

El proyecto a desarrollar consiste en el diseño de la distribución de planta de la zona de producción de una empresa del giro fotovoltaico, esto solo incluirá las áreas que están dentro de la zona de estudio, excluyendo aquellas áreas en las

cuales su área de trabajo este delimitado por la infraestructura de las instalaciones.

Los objetivos considerados para realizar la distribución son:

- Reducir el manejo de materiales y la distancia de los traslados.
- Optimizar el uso del espacio cubico de las instalaciones a través de la asignación de los espacios.
- Brindar los espacios adecuados para el buen desempeño del personal, considerando la seguridad de este.
- Evitar la congestión y la saturación de los espacios debido al mal acomodo del material.
- Mejorar el flujo de materiales para evitar distancias recorridas innecesarias.

3.2.4.- Alcances y limitaciones

En este punto se acentúan los alcances del proyecto determinando, la magnitud de este y las limitaciones que determinaran su desarrollo.

Alcances:

El diseño de la distribución de la planta de una empresa del sector fotovoltaico en la zona de producción de paneles, considera las zonas involucradas en este, excluyendo aquellas que debido a su infraestructura no se puedan trasladar a otro lugar; estableciendo la distribución idónea, proponiendo políticas para la gestión de los inventarios de la empresa.

Limitaciones:

Aun después de la toma de datos, debido a que la organización no cuenta con un registro digital de la información de los procesos y por la poca disponibilidad del personal administrativo y operativo, la información brindada no se consigue de forma rápida, y por otro lado se necesita realizar estimaciones de lo que se disponga, tratando de realizar cada proceso detallado en este trabajo de la mejor manera.

Aun después de la propuesta realizada, la empresa no considera necesaria una aplicación física debido a que en estos momentos no lo considera factible para los procesos establecidos, debido a que con esto se podría presentar resistencia tanto por parte del personal operativo como administrativo y que estos no podrían prestar disposiciones varias de la propuesta.

3.3.- Distribución general de conjunto

El Diagrama General de Conjunto o Distribución general de conjunto (DGC) como se ha mencionado antes es el que bosqueja las áreas con sus respectivas proporciones de espacio y los factores de proximidad pertinentes para cada uno, dejando de lado los detalles que después se abordararán en el siguiente paso.

Para conocer y realizar su elaboración se tienen que considerar varios factores y datos que nos ayudaran de forma práctica y que son necesarios tomar en cuenta.

3.3.1.- Obtención de datos y panoramas globales de la empresa

Para iniciar una Distribución de Planta es importante tener en cuenta los problemas con los que nos enfrentaremos durante el desarrollo de este, pero el hecho de tomar datos puede resultar en algunas ocasiones un gran reto, ya que no todos se pueden adecuar a nuestra forma de estudio y análisis; otro aspecto importante es conocer el tipo de terreno o giro empresarial con el que se va a trabajar, ya sea de servicios o de productos, conocer las actividades que se efectúan en cada área, cada proceso que se involucra y cada herramienta necesaria.

Posteriormente conocer condiciones futuras de la empresa en diferentes aspectos como lo son temas de calidad, expansión de la empresa, futura nueva ubicación, políticas ya establecidas, volúmenes de producción establecidos o por establecer, nuevas líneas de producción, adquisición de nueva maquinaria, condiciones ambientales o limitaciones gubernamentales, entre otras.

Estos son algunos de los datos básicos más importantes que necesitan tomarse en cuenta, los cuales deben quedar claros y definidos antes de realizar el análisis de distribución y acomodo.

Relaciones de las áreas de la empresa

A continuación, se presenta una descripción breve de la actividad principal de cada área que está involucrada en el proceso productivo.

Área	Descripción
Selección	Se realiza la selección de las celdas basándose en su color
Corte	Se realizan los cortes pertinentes a las dos materias primas para el panel, el TPT y la EVA
Soldadura	Se realiza la soldadura de las cintas con las celdas y estas a su vez entre sí para formar cadenas de celdas, se realiza de forma manual o automática
Montaje	Se realiza el ensamble de los componentes del panel
Laminación	A través del calor se juntan las piezas en una sola
Marcos	Se le colocan los marcos y la caja conexión a los módulos
Empaque	Se empaacan los paneles terminados para su distribución

Tabla 5: Tabla descriptiva de las relaciones de la empresa, Fuente: (Elaboración propia)

Si bien, el proceso es lineal debido a que consecuentemente las áreas necesitan de las otras para su funcionamiento y estas en algunas ocasiones llegan a depender del buen funcionamiento de cada una; la empresa cuenta con 3 supervisores que están distribuidos en las diferentes áreas de la siguiente forma:

Supervisor 1: siendo el que presenta más peso, está a cargo del área de Selección, Corte, Soldadura y Montaje que es la parte que presenta el ensamblado del módulo.

Supervisor 2: está a cargo del área de Laminación, el cual determina el adiestramiento del personal de esta área y el que determina la calidad del módulo.

Supervisor 3: está a cargo del área de Marcos, normalmente esta área se le atribuyen trabajos como las exportaciones de paneles, debido a que su carga de trabajo respecto a la producción de paneles suele ser menor y es el área que cuenta con un número considerable de operarios comparándolos con las demás.

3.3.2.- El diagrama de flujo del proceso de producción

El proceso productivo abarca desde la llegada del material hasta el panel formando y empackado, como se muestra en el diagrama de flujo de producción visto en la figura 7.

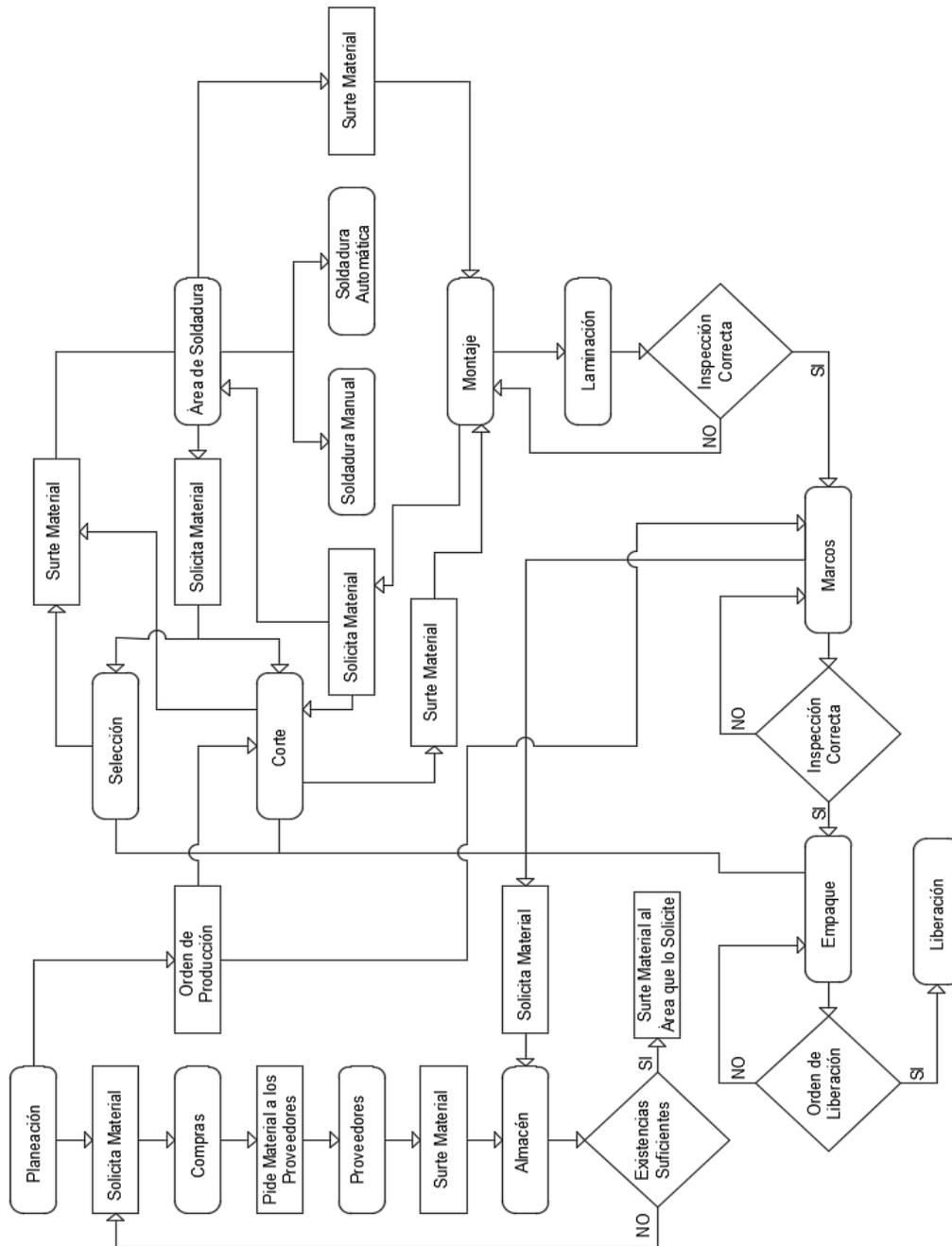


Figura 7: Diagrama de flujo del proceso, Fuente: (Elaboración propia)

3.4.- Factores

Para reunir los datos necesarios sobre las distintas áreas de la organización es necesario tener un orden sistemático, y de esta forma se tomarán en cuenta los distintos factores que afectan directamente a lo que es la planeación de la distribución, esto se hace con el propósito de tener la información relevante y eliminar lo que no lo es. Los factores se pueden clasificar en ocho, que son: material, maquinaria, hombre, movimiento, espera, servicio, edificio y cambio; siendo estos por simple lógica los que se ven incluidos dentro de todo sistema productivo. (Muther, 1970)

3.4.1.- Factor material

Para el análisis de este factor se debe de tomar en cuenta que es uno de los factores más importantes debido a que este está en función toda la distribución y el cual abarca los siguientes elementos: materias primas, material entrante, material en proceso, productos terminados, material saliente, materiales de accesorio, material de rechazo, reproceso, desechos, materiales de embalaje y mantenimiento (aunque en este último no se le dará mayor énfasis dado que el mantenimiento se realiza de forma periódica por parte del personal).

Se tomarán en cuenta los siguientes puntos para determinar las especificaciones del material:

- Especificaciones del producto: se refiere al diseño del producto que se va a fabricar (como su diseño), cuya verificación debe de ajustarse a los métodos de fabricación actuales; normalmente un producto es diseñado para que este sea más fácil de fabricar y cuyo costo sea el menor posible.
- Características físicas y químicas: cuando se habla de algún material tangible se debe reconocer cada aspecto que este conlleva, cuyas características a tomar son las siguientes: forma, volumen, tamaño, peso, entre otras, dado que se consideren otras características que puedan requerir alguna precaución o cuidado.

- La cantidad de productos o materiales: el número de productos que se fabrican es determinante a la hora de la planeación ya que de este se decide en la planeación que se va a seguir.
- La secuencia de operaciones: normalmente dicta la forma y la ordenación de las áreas de trabajo y equipo.

Descripción del material, variedad y cantidad:

Materias primas:

Celdas mono y Poli cristalina

La principal materia prima para la elaboración del panel solar es la celda solar, que es la que realiza la función del efecto fotovoltaico, esta es de grosor delgado que ayuda a el compacto final que se le realiza al panel, normalmente cuenta con una medida estándar de 15.6 cm X 15.6 cm que ayuda a su manejo y practicidad.

Se conoce habitualmente que hay dos tipos de celdas siendo la Mono cristalina y la Poli cristalina.

Los paneles fotovoltaicos realizados con celdas Poli cristalinas son menos eficientes en comparación y para su fabricación se requiere de un proceso previo de selección para alinearlos con montos similares (lo que se realiza en la empresa), pero con relación a los costos estos llegan a ser más baratos tanto así que son el grupo de paneles dominante que se llegan a fabricar en casi todos los lugares.

Los paneles Fotovoltaicos realizados con celdas Mono cristalinas son más eficientes, por lo que resultan en un buen ahorro de espacio respecto a la cantidad y a su vez son más estéticos siendo estos de color uniforme, pero al igual resultan costosos y no tienen un buen desempeño en altas temperaturas por lo que resulta contraproducentes en algunos lugares (Solar, 2018).

La cantidad de las celdas en la empresa la determina el departamento de producción, siendo este el encargado esta función, normalmente y debido a su

diminuto tamaño la cantidad de celdas se coloca en el almacén y son liberadas cuando son requeridas por el área de selección.

La celda más empleada por la empresa es la Poli cristalina debido a su costo (por eso el motivo del área de selección de celdas), utilizando la celda Mono cristalina solo en ocasiones especiales cuando el cliente así lo requiera.

TPT y EVA

Respecto a estos 2 materiales, son los empleados en la realización de los paneles fotovoltaicos debido a que cada uno tiene propiedades y especificaciones que son necesarios para su funcionamiento siendo:

TPT un material con características similares al PVC (utilizado en el drenaje sanitario), de color blanco, cuyo empaque viene en cajas de 30 cm de ancho X 30 cm de alto X 110 cm de largo, debido a su corto transporte dentro del área productiva no se contemplará en el análisis de distribución.

EVA un material con características similares al plástico transparente, con textura rugosa, cuyo empaque viene en cajas de 34 cm de ancho X 32 cm de alto X 104 cm de largo y al igual que el TPT no se considerará dentro del análisis.

Cinta

La cinta necesaria para la realización de los paneles viene en rollos de 15 cm de diámetro y 20 cm de altura, su tamaño es bastante reducido y fácil de transportar, su composición es metálica.

Líquido especial

El líquido empleado con las cintas viene en tambos y son suministrados en pequeños envases para su fácil manipulación.

Silicón

El silicón empleado se transporta en cubetas pequeñas y son transportadas cuando el área de marcos así lo requiera, su manipulación es relativamente fácil.

Vidrio

El vidrio que se emplea es especial para la elaboración del panel siendo de textura rugosa por un lado y de textura lisa por el otro, solo se emplea uno por panel y su traslado y manejo deben ser de mucho cuidado debido a su composición.

Productos terminados (productos que se comercializan)

Los productos que se comercializan, son los paneles solares cuyas medidas varían dependiendo de su capacidad y propiedades, estos productos son facturados y elaborados en la planta.

Panel	No. de celdas	Peso	Alto	Largo	Ancho
310 W	72	22.5 kg	4 cm	195.6 cm	99.1 cm
260 W	60	18.5 kg	4 cm	164 cm	99 cm
150 W	36	12.5 kg	3.5 cm	148 cm	75 cm
100 W	36	9.5 kg	3.5 cm	102 cm	67 cm
50 W	36	5 kg	2.5 cm	67 cm	55 cm
25 W	36	2.5 kg	2.5 cm	51 cm	39 cm

Tabla 6: Tabla tamaños de los paneles, Fuente: (Elaboración propia)

La empresa también realiza exportaciones, que es la llegada de los paneles fotovoltaicos a las instalaciones y se realiza solo una operación que es la colocación de la caja conexión y para posteriormente empacarlos para su venta, siendo este un método utilizado para solventar al mercado cambiante.

Al igual que los paneles, la empresa vende los kits para su implementación, compuesto por otros productos como:

- Inversores
- Caja de conexión
- Cables y conectores MC4
- Estructuras para los paneles

Para cumplir con los métodos e instalarlo en donde se desee. Aunque para el estudio no se consideraran estos componentes debido a su diminuto tamaño en relación a lo facturado en la empresa.

Desechos, mermas y defectuosos

Por diversos factores o condiciones que se llegan a tener en el proceso, provoca ciertos desperdicios en la materia prima siendo esto reflejado en las celdas solares, debido a sus características cristalinas la manipulación que se llega a tener provoca que estas se rompan, en este caso la empresa cuenta con contenedores para su almacenamiento, debido a que este material no se puede reprocesar aún, no se le puede tener arreglo, pero en las situaciones en las que el daño es menor que la mitad, estas aún tienen un reproceso siendo así que son apiladas y apartadas para pasar a la maquina cortadora que realiza los cortes pertinentes para que estas se puedan emplear en módulos de 50W a 25W.

La merma con respecto a la celda solar en la empresa tiende a ser de tamaño diminuto por lo que su almacenamiento no afecta en nada al flujo de materiales de la empresa, y este a su vez está contemplado por el departamento de producción dentro de su requisición de materiales.

En cada área se presentan desechos, pero estos en reducidas cantidades siendo así que no afectan el desempeño laboral y económico, como los siguientes:

- **Área de selección:** Celdas rotas
- **Área de corte:** desperdicios de trozos de TPT, EVA, celda rota y vidrio roto (este último solo en raras ocasiones)
- **Área de soldadura:** desperdicio de celdas con cintas, siendo estas las únicas que se pueden vender al ser desechadas
- **Área de montaje:** celdas con cintas y vidrio roto (este último casi nunca se ha visto)
- **Área de laminación:** paneles con burbujas debido a una mala alineación o soldadura
- **Área de marcos:** silicón desperdiciado por el tiempo de aplicación

- **Área de empaque:** cajas y flete mal empleado o en malas condiciones

Por lo que el desperdicio está en rangos mínimos, siendo inclusive los paneles con mala estética vendidos como sub-estándar para seguir generando ganancias para la empresa.

Productos más solicitados

Para el análisis de la propuesta de la distribución se hará un análisis de los productos más comercializados por la empresa siendo estos:

Panel	No. de celdas	Peso	Alto	Largo	Ancho
310 W	72	22.5 kg	4 cm	195.6 cm	99.1 cm
260 W	60	18.5 kg	4 cm	164 cm	99 cm

Tabla 7: Tabla número de celdas por panel, Fuente: (Elaboración propia)

Los paneles de 310W y 260W son los productos más comercializados hoy en día por la empresa siendo estos en índices de ventas en al menos 5 meses, juntando ambos es del 85%, con respecto a los demás paneles poco solicitados durante el resto del año.

Por lo que se seleccionara a estos como los productos decisivos para el acomodo, al igual que se considera como una mejor alternativa debido a que son los paneles cuyas medidas son las más grandes de todas.

3.4.2.- Factor maquinaria

Este es el factor que está relacionado con el equipo que se utiliza como herramienta para la producción, al igual que es considerado como el segundo más importante después del factor material ya que sin este no se podría realizar el proceso productivo, y tal como el factor material comprende de los siguientes elementos: dispositivos especiales, máquinas de producción, equipo de proceso o tratamiento, herramientas, moldes, aparatos de medición, maquinaria de repuesto, y entre otras que se crean puedan entrar en este espacio.

Se toman en consideración los siguientes puntos:

- Maquinaria, utensilios y equipo: son la cantidad de unidades a utilizar considerando también las herramientas de producción y equipos.
- Proceso o método: el proceso de producción a utilizar determina el tipo de maquinaria por lo que definir tu proceso y las cantidades a producir te ayuda a determinar el tipo de maquinaria a emplear y las cuales tendrán que ser distribuidas.
- Requerimientos de la maquinaria: especificaciones de la maquinaria, tanto su forma, altura y el espacio que ocupa, al igual si estas necesitan de condiciones especiales que se deban cumplir deben tomarse en cuenta.
- Utilización de la maquinaria: la maquinaria a emplearse debe ser empleada con toda su capacidad o la requerida por la empresa, que cumpla con su funcionalidad y eficacia, considerando cada aspecto que pueda conseguir el cumplimiento, desde su óptima colocación dentro del espacio de trabajo hasta un balanceo de línea correcto.

Descripción y tipo de maquinaria

La maquinaria empleada dentro de las instalaciones es relativamente necesaria para la elaboración de los paneles fotovoltaicos, siendo cada una importante en su actividad y comprende de las siguientes:

Área	Cantidad	Maquinaria	Estado	No. de personas operándola
Soldadura	1	Máquina de soldadura de celdas	Funcionamiento	2
Laminación	1	Máquina de corriente eléctrica	Funcionamiento	1
Laminación	3	Maquinas laminadora	Funcionamiento	2
Marcos	2	Prensas	Funcionamiento	2

Empaque	1	Flejadora	Funcionamiento	1
---------	---	-----------	----------------	---

Tabla 8: Tabla de la maquinaria, Fuente: (Elaboración propia)

Equipos y herramientas

La siguiente tabla se muestra el listado de los principales equipos y herramientas con los que cuenta la empresa:

Área	Cantidad	Equipos y herramientas	Estado
Montaje y laminación	9	Racks de material	Funcionamiento
Soldadura	6	Estantes	Funcionamiento
Empaque	1	Flejadora	Funcionamiento
Montaje	4	Mesa de montaje	Funcionamiento
Corte y montaje	3	Mesas de material	Funcionamiento
Laminación	2	Mesa reflectora	Funcionamiento
Laminación	5	Mesitas de laminación	Funcionamiento
Corte, soldadura, laminación, marcos y empaque	18	Mesas	Funcionamiento
Montaje y laminación	5	Carritos	Funcionamiento
Corte, marcos y empaque	12	Tarimas para el material	Funcionamiento
Empaque	1	Montacargas	Funcionamiento
Áreas que lo requieran	4	Patines	Funcionamiento
Corte	1	Diablito	Funcionamiento
Corte	1	Maquina cortadora	Funcionamiento
Corte	1	secadora	Funcionamiento
Corte	1	Maquina cortadora de buses	Funcionamiento
Soldadura	4	Charolas para las tiras	Funcionamiento

Tabla 9: Tabla de herramental y equipo, Fuente: (Elaboración propia)

3.4.3.- Factor hombre

Este es uno de los factores más relevantes y determinantes en la producción (claro está, que esta varía por el tipo de producción que se establezca) y está conformado por dos tipos, la mano de obra directa y la indirecta cuyas consideraciones son las siguientes:

- Utilización del hombre: se considera el puesto de trabajo de cada operador basado en estudios de tiempos y movimientos para que este pueda desarrollar sus actividades de forma óptima y eficaz.
- Necesidad de mano de obra adicional: dependiendo de la actividad a realizar y en determinadas temporadas se considera mano de obra adicional para compensar el gran flujo de producción que se pueda llegar a requerir.
- Condiciones de trabajo y seguridad: en toda distribución se debe considerar la seguridad y el desenvolvimiento de los operarios en sus áreas de trabajo.

En la siguiente tabla se clasifico el cuadro por el número de áreas establecidas dentro de la organización, reflejando el número de operarios en cada área actualmente, cabe resaltar que el área de Marcos tiende a utilizar su personal para apoyo extra de las diversas áreas de acuerdo a lo que el supervisor crea que sea, debido a que la carga de trabajo en esta área tiende a ser menor que en las otras.

Áreas	Operarios
Almacén	2
Selección de celdas	2
Procedimiento de corte	3
Procedimiento de soldadura	2
Procedimiento de montaje	8
Procedimiento de laminación	3

Procedimiento de marcos y caja conexión	8
Procedimiento de empaque	4

Tabla 10: Tabla del número de operarios, Fuente: (Elaboración propia)

El área de Producción de la empresa trabaja de lunes a sábado de 7:00 a.m. a 3:00 p.m., dando en total 48 Horas a la semana, trabajando durante todo el año, descontando los descansos establecidos, aunque en ocasiones cuando la demanda de producción así lo requiera se implementan horas extra que van desde las 7:00 a.m. hasta las 4:30 p.m.

Tipo de personal dentro de las áreas

El personal que realiza las operaciones en las diferentes áreas es capacitado con anterioridad, siendo así, que desenvuelve sus operaciones de una forma más funcional y rápida, considerando que algunas actividades son más fáciles debido al proceso que es menos riguroso con respecto a otras empresas de diferentes giros, y al mismo tiempo se tiene en consideración que el personal tienda a realizar la mayoría de las operaciones para que en diferentes ocasiones en las que el personal de una área específica no se presente, ya sea por ausencia o incapacidad sea suplida por otro de un área diferente y de esa forma no retrasar el flujo de producción.

Condiciones de las áreas de trabajo

La distribución de planta debe ofrecer un ambiente de trabajo adecuado para el desarrollo de los operadores que van a ejercer sus actividades considerando entre las más importantes la iluminación, ventilación, ruido, el calor, entre otros. Por ello se describirán las condiciones actuales en las que se encuentra la empresa:

- **Orden y limpieza:** las áreas no cuentan con un buen orden debido a que los materiales no parecen tener un lugar específico que generalice las zonas donde debe colocarse y estos pueden ser algunas razones:

- Es difícil el movimiento del producto terminado debido a las deficientes condiciones del piso que impiden el movimiento de los patines para transportarlos.
- No se han definido los espacios de ubicación y almacenamiento temporal de los paneles durante el proceso.
- No existen políticas de almacenamiento o un método que ubica de manera uniforme el material, las diferentes áreas especialmente el área de Marcos ubica sus unidades conforme lo vea conveniente.

Respecto a la limpieza las áreas de Selección, Corte, Soldadura, Montaje y Laminación, debido a que su proceso no presentan niveles altos de polvo o suciedad y respecto a esto se le pide al personal que antes de que termine la jornada ordenen y limpien sus áreas de trabajo, correspondiente a esto las áreas de Marcos y Empaque no mantienen un orden o limpieza altos debido principalmente al desinterés de estos por realizar actividades de limpieza y por las actividades que realizan que requieren de materiales que dejan más residuos que los demás.

- **Ventilación:** debido a la infraestructura que posee la empresa, no cuenta con ventanas, impidiendo que haya una ventilación aceptable para el personal que en algunas ocasiones y debido principalmente al montacargas que utilizan, se acumula el humo en las instalaciones siendo una condición in-favorable para los operadores.
- **Iluminación:** las condiciones de iluminación dentro de las instalaciones son favorables, ya que en algunas áreas la luz debe estar aceptable para que el personal pueda realizar sus actividades adecuadamente considerando que no se cuentan con ventanas o de algún medio que permita el paso de luz natural, principalmente en las áreas de Selección y Montaje cuyo proceso depende considerablemente de una buena iluminación.
- **Ruido:** en lo que respecta al ruido debido a que solo se cuenta con una máquina que produce el único ruido considerable dentro del área de

producción y de las instalaciones, no afecta de manera física a ningún operador debido a que el sonido es bajo y no produce consecuencias como en otras empresas donde es necesario usar tapones; aunque el ruido del montacargas llega a ser molesto en algunas ocasiones, debido a que su uso es relativamente bajo, no se considera como un peligro para el personal.

- **Fatiga:** en este punto la fatiga es un aspecto importante a considerar ya que de eso depende el desempeño del operador dentro de las instalaciones, debido a esto la empresa presenta condiciones estructurales y distribuciones físicas que permiten un buen desempeño del personal, pero en los casos en los que se desee transportar algo, esta llega a ser deficiente debido a que los pisos en lo que se desenvuelven las actividades tienden a tener diversos agujeros o desprendimientos de suelo que en ocasiones llegan a hacer que los patines se detengan y requieran de un esfuerzo mayor para moverlos; enlazado con esto las condiciones del herramental de traslado llega a ser deficiente debido a que las condiciones en las que se encuentran no llega a ser las mejores, por diversas causas, como por ejemplo que no lleguen a subir el material porque no funcionan o que de tanto uso llegan a estar inclinados de un lado.
- **Infraestructura:** como ya se hizo mención, la infraestructura de la empresa no tiende a estar en buenas condiciones, regularmente debido a que esta llega a tener deficiencias en los siguientes aspectos:
 - Techos: los techos con los que cuenta llegan a tener goteras o en otros puntos de las instalaciones llegan a caerse debido al mal acomodo de la estructura (cabe resaltar que la empresa consta de un techo superior de lámina y otro inferior).
 - Pisos: los pisos llegan a tener agujeros que afectan el traslado del material.

3.4.4.- Factor movimiento

Con respecto a este factor se considera los movimientos de 3 principales elementos que son los determinantes en la distribución, que son: material, maquinaria y recurso humano, y que como se ha visto con anterioridad, son factores considerados para la toma de datos; normalmente se requiere diseñar una distribución con el objetivo de reducir las rutas de traslado, pero no siempre debe ser el objetivo final ya que lo que se debe tomar en cuenta como objetivo decisivo es que cada traslado deba estar dirigido hacia el fin determinado, en este caso hacia la terminación del producto manufacturado, considerando esto, este factor considera los siguientes elementos: montacargas, ascensores, vehículos industriales, transportadores, conductos y todo aquel equipo o medio por el cual se pueda transportar o facilitar el transporte. Las necesidades son las siguientes:

- Espacio para el movimiento: en determinadas ocasiones se debe contar con el espacio requerido para que la maniobra requerida sea realizada sin ningún tipo de obstáculo ya que se requiere que se efectúe de la forma más adecuada, por lo que podemos considerar los espacios para pasillos, para maniobras en el proceso y el espacio exterior del edificio como el espacio que tenemos disponible.
- Reducción del manejo innecesario: con respecto a este punto se debe considerar que el diseño de la distribución sea de tal forma que la operación realizada con anterioridad termine en el momento en el que empieza la siguiente (esto dependiendo del tipo de distribución), o que en determinado caso el material fluctuante sea colocado de tal forma que se pueda tomar fácilmente.
- Manejo combinado: se refiere a una combinación de funciones que puedan servir para el desarrollo del proceso, como por ejemplo un transporte en el que se suministra material sirve como medio de transporte y como medio de almacenaje siendo este llevado al siguiente proceso.
- Patrón o modelo de circulación: se considera al patrón que se refleja a través del proceso de producción en el cual el material es el objeto de

observación siendo este el considerado para las entradas y salidas con respecto al movimiento hombre y máquina.

Patrón de circulación de la empresa

Respecto a este factor la empresa cuenta con un flujo de materiales de una sola línea debido a que su proceso es secuencial, lo que hace que sea más sencillo seguir a los diferentes productos que se manufacturan aquí debido a que todos constan del mismo flujo, el problema radica en el producto terminado que al ser demasiado en algunas ocasiones tienden a colocarlo en las zonas donde se circula el material lo que produce demoras en los traslados, y este problema lo ve más reflejado el sitio de empaque debido a que el producto terminado debe llegar a esta área, esto también se ve cuando la empresa realiza las exportaciones provenientes de otro país siendo esto paneles ya facturados que necesitan de la colocación de la caja conexión y de ser empacados para venderse, normalmente se producen estos problemas debido a no tener un pronóstico de ventas y una planeación anticipada.

Transporte interno

La empresa cuenta con cuatro patines, un diablito y un montacargas para el traslado del material, pero como se mencionó con anterioridad estos tienden a tener deficiencias en su desempeño debido a su condición física afectando los tiempos de traslado.

Transporte externo

La empresa cuenta con una camioneta cerrada con una carrocería de 3.5 metros de largo con una capacidad de hasta 3 toneladas, solo para envíos cercanos a las instalaciones.

3.4.5.- Factor espera

Este factor representa la espera del material en las diferentes áreas del sistema de producción, en el caso de que el material sea colocado aparte de este sistema se le conoce como almacenamiento, el cual se determina su posterior traslado hasta una requisición; pero cuando el material espera en un área del sistema de

producción esperando ser trasladada a otra, se le conoce como demora o espera. Considerando esto la espera o almacenamiento en determinadas situaciones puede resultar beneficioso, siendo esta aprovechada cuando la demanda de producción es alta y se necesite de varias unidades ya facturadas, esto para no demorar en retrasos.

Este factor cuenta con los siguientes elementos que son: almacenaje de materia prima, almacenaje de productos terminados, recepción de material entrante, almacenaje de material en el proceso, almacenamiento de herramientas, entre otras.

Las consideraciones son las siguientes:

- Método de almacenaje: se refiere al método en el que se coloca el material en el proceso o almacén, ya que afecta directamente el espacio y la ubicación de los demás componentes.
- Dispositivos de seguridad y equipos destinados al almacenaje o la espera: podemos decir que los dispositivos y equipos adecuados para el almacenaje varían dependiendo del tipo de giro empresarial en el que se requiere hacer el estudio, pero siempre debe contar con ciertas características tales como, ser de fácil accesibilidad, seguro, fuerte, ajustable y móvil, para servir de protección en contra de varias variables que puedan afectar su integridad tales como la humedad, polvo, fuego, corrosión, entre otros.
- Espacio para cada punto de entrega: como en puntos anteriormente vistos, se debe contar con el espacio suficiente para el acomodo y posterior transporte del material considerando cantidades y métodos de acomodo y almacenaje.

Almacenamiento

El almacenamiento en la empresa no está definido, por lo que no existe una política de inventarios bien definida, se podría decir que con respecto a la materia prima se tiene cierto orden con respecto al material, pero en algunos casos llega

a ser deficiente debido a que en situaciones en las que no se dispone del espacio o del tiempo, tienden a colocarse en lugares inapropiados (cabe resaltar el acomodo del vidrio); la zona del almacén de las materias primas pequeñas esta fijamente ubicado y con respecto al producto terminado o el material que es transportado con tarimas es acomodado a lo largo de las instalaciones, a preferencia del área a cargo o del almacén.

Así mismo no se cuentan con cantidades establecidas para la compra del material ni de los pedidos de las exportaciones, lo que dificultan su ubicación una vez estas llegan a las instalaciones.

Gestión de inventarios actual

La estrategia de inventarios actual de la empresa está completamente basada de la experiencia ya que no se cuentan con un método o plan que lo defina, dicho esto se presentan problemas como la saturación del producto terminado, lo que trae consigo la saturación del almacén o de las zonas de espera; la frecuencia de entrega es otro de los factores que traen consigo la saturación debido a que no se tiene un análisis de la demanda del producto, y los acuerdos de ventas con los clientes no llegan a ser definidos en su totalidad, lo que provoca costos elevados de almacenamiento por parte de sus pedidos, que en ocasiones llegan a estar en el área de empaque hasta un mes, esperando al cliente o su forma de envió, debido a esto es necesario reformar la forma en la que la empresa realiza sus acomodos.

Recepción y despacho

La recepción de la materia prima dentro de lo que cabe resaltar llega en camiones que estacionan en el andén de la planta, siendo así que son descargados por el montacargas de la empresa y colocados donde el encargado de almacén o el gerente de producción así lo requieran, posteriormente son desempacados cuando así el personal lo requiera.

El despacho de la empresa se realiza con la camioneta con la que se cuenta, y su traslado es determinado por los encargados del área de logística debido a que

se tienen que cerciorar que el traslado es necesario o conveniente para la organización.

Ubicación de los puntos de espera

Debido a que las áreas tienen una dependencia secuencial, estas cuentan con varios puntos de espera donde el material en proceso tiene que esperar hasta su momento de ser requerido por la siguiente, a continuación, se describirán los varios puntos de espera con los que cuentan las diferentes áreas:

- **Área de Selección:** la mesa de Selección de las celdas se convierte en un punto de espera debido a que, al apilar las celdas estas esperan hasta que sean requeridas ya sea por la maquinaria o por el personal para la soldadura manual.
- **Área de Corte:** el punto de espera de esta área es la mesa y la tarima del material que están a un lado del área, en los que se coloca el material que son el TPT y la EVA respectivamente.
- **Área de Soldadura:** el material a la espera en esta área son las cadenas de celdas que son aplicadas en montos diferentes dependiendo de la capacidad del panel a fabricar, en charolas de metal para que posteriormente sean colocadas en los estantes hasta que sean solicitados por el personal de Montaje.
- **Área de Montaje:** una vez que el módulo este ensamblado es colocado en los Racks del material para que el personal de Laminación lo pueda tomar para su siguiente proceso.
- **Área de Laminación:** los paneles formados y unidos son apilados de manera horizontal en los carritos para que estos puedan trasladarse al área de Marcos.
- **Área de Marcos:** una vez que se colocan los marcos y la caja conexión al panel, estos son apilados en tarimas que a su vez son colocadas en una zona adjunta al área de empaque.

- Área de Empaque: el punto de espera de esta área está definido por las tarimas que se ubican dentro del área esperando a ser entregada al cliente.

3.4.6.- Factor servicio

Comprende los servicios que se van originando dentro de la planta de acuerdo a las necesidades, tales como los elementos y el personal que dan apoyo a la producción cuyo fin es la conservación de las actividades de tres factores importantes, personal, maquinaria y materiales. Algunos ejemplos que se pueden deducir son la iluminación, vías de acceso, el control de la producción o el mantenimiento de la maquinaria.

Servicios dentro de la organización

La empresa cuenta con los siguientes servicios:

- Servicios higiénicos: la empresa cuenta con dos baños para los operarios que cuentan con los elementos necesarios para su uso.
- Servicios de limpieza: la empresa contrata a un trabajador que realiza las funciones de limpieza dentro de las instalaciones regularmente.
- Servicios básicos: la empresa cuenta con servicios de agua y luz.
- Alimentación: si bien no se cuenta con servicios de comida dentro del lugar, la empresa tiene un respectivo espacio para el comedor, además considerando que permite la entrada de vendedores de comida a las instalaciones.
- Servicios de acomodo: la empresa cuenta con 2 vestidores en los cuales se le ha asignado un casillero a cada operario.

3.4.7.- Factor edificio

El factor edificio es el que determina principalmente a la distribución ya que de aquí se parte, debido a que consta de una construcción de grandes dimensiones fabricada de diversos materiales resistentes que tiene como función cubrir a la maquinaria, operadores y los materiales que se guardan o se transitan ahí.

Y debido a esto se deben conocer la estructura de las instalaciones y el espacio con el que se cuenta para iniciar con el proceso de la distribución.

Las instalaciones de la empresa tienen los rasgos característicos de una nave industrial siendo esta conformada por:

Zonas	No. de zonas
Oficinas	3
Baños	2
Vestidores	2
Zona de desperdicios	1
Zona de almacén de materia prima	6
Área de pruebas	1
Andén de carga y descarga	1

Tabla 11: Tabla de zonas de la empresa, Fuente: (Elaboración propia)

Debido a que la empresa prácticamente está dividida en 2 partes que son la zona de producción que consta de la anterior y la zona administrativa que consta de las instalaciones ubicadas en la parte superior del terreno que no se consideró en este punto.

Estructura:

La estructura inicial fue diseñada para una empresa de un giro diferente, y debido a eso las instalaciones dificultan el flujo de materiales en algunos casos, a pesar de las implementaciones por parte de la organización para adecuarse a la infraestructura.

A continuación, se muestra las dimensiones de las áreas divididas en la zona de producción, debido a que estas no se encuentran divididas por muros o cualquier otro material exceptuando el área de empaque, almacén y selección, la división de las áreas se realizó de forma en la que, al terminar la ubicación o el tamaño de la operación de un área, comenzara la otra, por lo consiguiente se tomaron las siguientes medidas como referencia de las áreas establecidas:

Área	Tamaño (m^2)
Almacén	66.4
Selección de celdas	27.6
Corte	67.7
Soldadura	137.7
Montaje	122
Laminación	321.3
Marcos	399.68
Empaque	443.4

Tabla 12: Tabla tamaño de las áreas, Fuente: (Elaboración propia)

Siendo las áreas de Laminación, Marcos y Empaque las que poseen más magnitud respecto a las otras, debido a que en estas zonas se tiende a resguardar el producto terminado y la materia prima (en este caso el vidrio para los paneles), lo que en algunos casos tiende a ser contraproducente.

3.4.8.- Factor cambio

Las condiciones de trabajo tienen constantes variaciones debido a diversas situaciones, este factor determina los cambios que se deben tomar en consideración, para prever diferentes situaciones, para que el plan de distribución pueda adaptarse, normalmente considerado como “Flexibilidad de la Distribución”, a continuación, se mostraran los tipos de cambios:

Cambio de los materiales (diseño del producto, materiales, demanda)

Respecto a este punto la empresa mantendrá el diseño del producto, debido a que es el tamaño estándar que esta maneja, considerando que sus métodos se adaptaron a esto, por el momento no se desea cambiar el diseño del producto; los materiales que se consideran pueden variar debido a cada proveedor, pero este siempre mantiene el mismo tamaño y proceso por lo que tampoco se considera un cambio a corto plazo.

La demanda que presenta la empresa va aumentando conforme se va popularizando el tema de las energías renovables, pero debido a que las

instalaciones a si no lo permiten, la expansión de la empresa es un tema que será abordado posteriormente cuando así se requiera.

Cambios en la maquinaria (procesos y métodos)

Debido a la nueva implementación de la maquinaria en este año no se ha considerado un cambio a corto plazo, por lo que el proceso con el que se maneja en la actualidad se mantiene; respecto a los métodos que se manejan hoy en día se mantendrán ya sea por la consideración del gerente de producción hasta que este considere lo contrario.

Cambios en el personal (horas de trabajo, organización o supervisión, habilidades)

En el estado actual de la empresa la rotación del personal es un factor variable que se ha presentado constantemente durante el periodo de este estudio, debido a diversos factores, por lo que en este punto se considerará que el personal ira cambiando conforme pasa el tiempo, por lo que la empresa deberá considerar un plan para medidas como esta, debido a que el personal tarda cierto tiempo en adaptarse al plan de trabajo.

El turno de trabajo que manejan ha variado respecto pasan los años debido a diferentes factores como el exceso de los productos, malos manejos de las inversiones, entre otros, pero el turno que manejan hoy en día se ha mantenido constante desde hace algunos años, por lo que, a no ser que se presente algún factor que cambien la demanda, el espacio o los métodos de trabajo se mantendrá por el momento.

Cambios en las actividades auxiliares (manejo, almacenamiento, servicios, edificio)

Debido a que el edificio tiene una estructura definida, el manejo de materiales que presenta ya está establecido por lo que se mantendrá igual al menos a corto y mediano plazo.

El almacenamiento del material como se ha mencionado antes permanecerá de la forma en la que la están manejando, debido a que no se considera un método ni el interés por parte del personal operativo y supervisor.

Cambios externos y limitaciones debidas a la instalación

Debido a que no se les toma la debida importancia a las condiciones estructurales de las instalaciones no se ha contemplado algún cambio tanto externo como interno y en ese caso las limitaciones que esta presenta se mantendrán constantes hasta que la gerencia determine lo contrario.

3.5.- Desarrollo de la distribución general de conjunto

Una vez conocidos los datos globales de la organización, así como los factores y sus condiciones actuales, se llevará a cabo el desarrollo de la Distribución General de Conjunto que dictara la distribución propuesta global, generalizando la distribución adecuada de la planta, considerando las relaciones que existen con las diferentes áreas.

3.5.1.-Factores de proximidad

Uno de los primeros pasos para desarrollar el Diagrama General de Conjunto es conocer la relación de las áreas y cuales tienen que estar localizadas cercas las unas con las otras; la localización de estas se puede determinar por métodos cualitativos como cuantitativos, realizando diversos tipos que nos pueden servir como herramientas para la toma de decisiones. En este proyecto se consideró la utilización del Diagrama Relacional de Actividades que dictara la importancia de que un área este cerca de la otra, considerando el tipo de proceso que sigue la empresa; este se realizó con la ayuda del personal de la empresa contemplando las consideraciones que ellos planteaban durante la investigación.

3.5.2.- Tabla de relación de las actividades

La empresa cuenta con 32 empleados operativos dentro de sus instalaciones siendo un número algo reducido en comparación con otras empresas, pero debido a sus condiciones estos son suficientes para desarrollar las actividades necesarias.

Tabla relacional de actividades

La tabla relacional de actividades muestra las relaciones de cada área, las unas con las otras, comúnmente y el objetivo de su aplicación es responder a la pregunta: ¿Qué tan importante es para esta área estar cerca de esta otra?, el cual nos ayudara a comprender el orden necesario de las áreas las unas con las otras.

Se usaran códigos de cercanía los cuales nos mostraran la importancia de cada relación, por ejemplo si se requiere que un área este completamente cercana con otra debido a su importancia se le da una clasificación A, o en el caso de que no se desee que estos estén juntos ya sea porque sus procesos podrían ser perjudiciales entre si se le da una clasificación U y así sucesivamente, el siguiente cuadro muestra el significado de cada código:

Código	Definición
A	Absolutamente necesario que estos dos departamentos estén uno junto al otro
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin importancia
X	No deseable

Tabla 13: Simbología de la tabla relacional de actividades, Fuente: (Elaboración propia)

En la siguiente tabla se muestra las relaciones de las diferentes actividades divididas en las áreas ya establecidas, obtenida a partir de los juicios cualitativos del diverso personal dentro de la organización, al igual que debido al tiempo transcurrido en la organización y al analizar los métodos de las áreas y sus dependencias se realizó la siguiente relación:

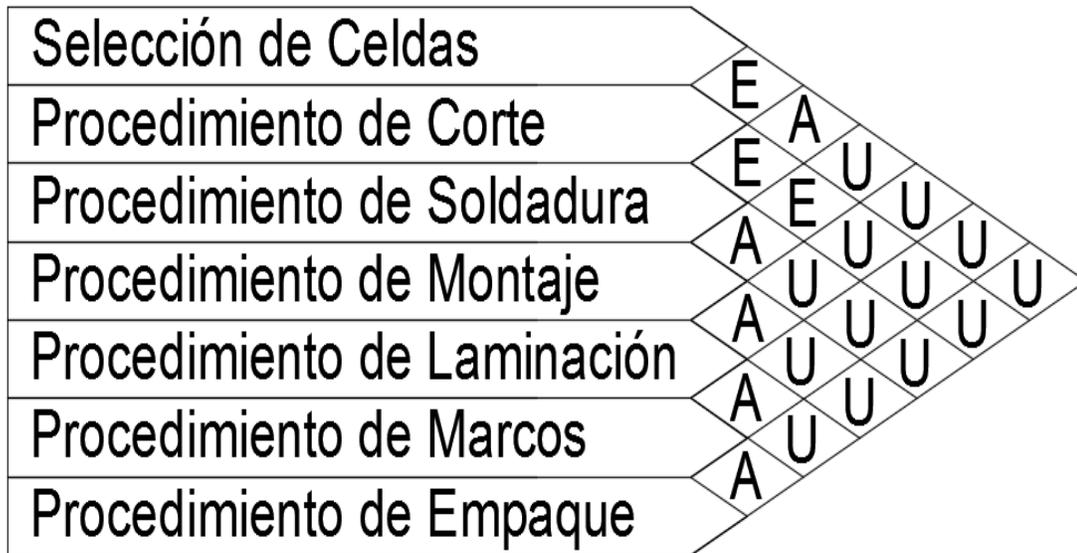


Tabla 14: Tabla relacional de actividades, Fuente: (Elaboración propia)

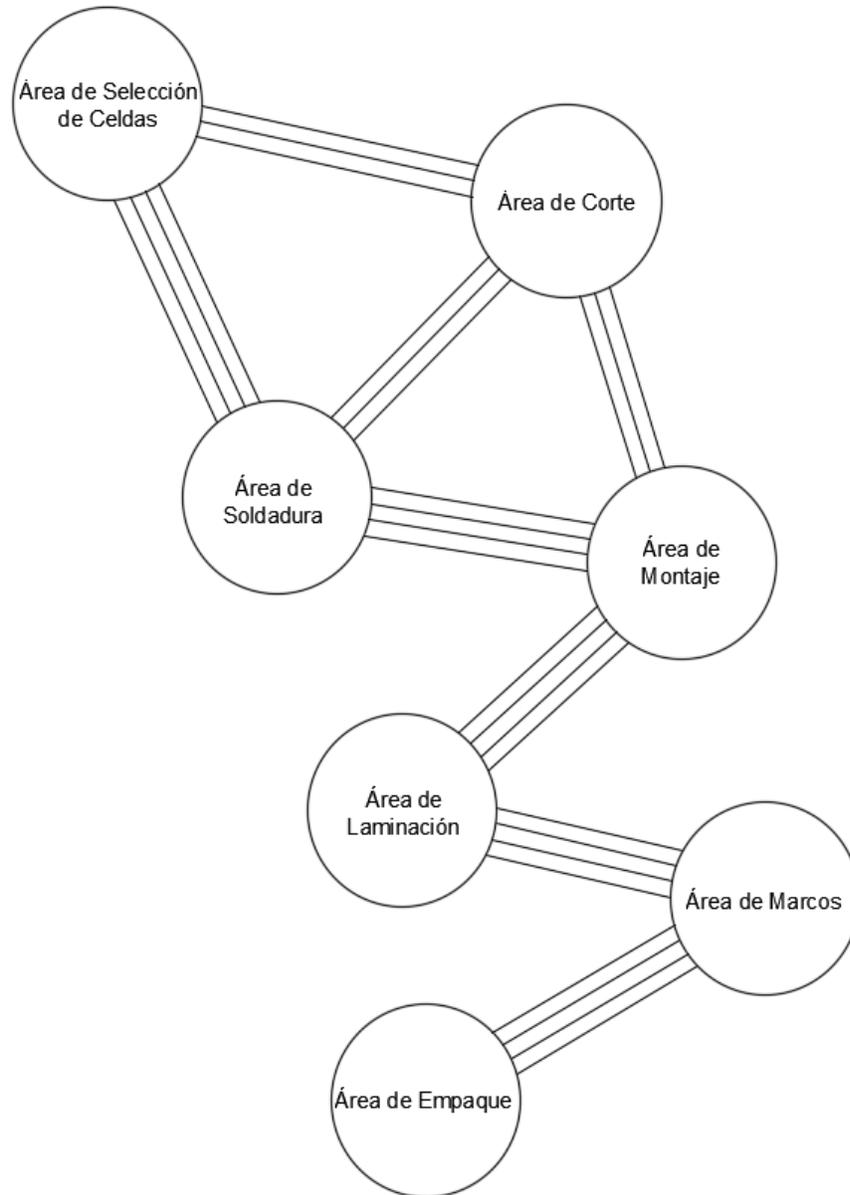
3.5.3.- Análisis de las relaciones halladas

Debido a lo ya argumentado con anterioridad el sistema de producción que se maneja es secuencial por lo que una actividad va precedida por otra y así sucesivamente; esto podría ser tomado en consideración para plantear la distribución propuesta.

Diagrama relacional de actividades

La información de las relaciones de las actividades como la importancia de la proximidad entre ellas es recogida en este punto, para realizar el Diagrama Relacional de Actividades, el cual pretende organizar de manera representativa la ubicación de las relaciones halladas en los análisis anteriores, este no presenta una forma definida.

El diagrama normalmente es representado por nodos que identificaran la importancia de las relaciones y que presentan la intensidad de la relación de un modo parecido a la Tabla Relacional de Actividades; de esta forma lo que se trata de hacer es disminuir la cercanía de las actividades con mayor flujo de materiales.



CODIGO DE LINEAS	
A	CUATRO LINEAS
E	TRES LINEAS
I	DOS LINEAS
O	UNA LINEA
U	SIN LINEA
X	LINEA PUNTEADA

Figura 8: Diagrama relacional de actividades, Fuente: (Elaboración propia)

Diagrama de ensamble

El diagrama de ensamble, al igual que el Diagrama relacional de actividades nos permitirá representar los pasos secuenciales que se siguen en este proceso y con el cual suelen identificarse a través de símbolos como se ve en la **Figura 9**, esto nos permitirá conocer de forma más exacta los pasos necesarios que se deben poner como prioridad para conseguir el objetivo deseado.

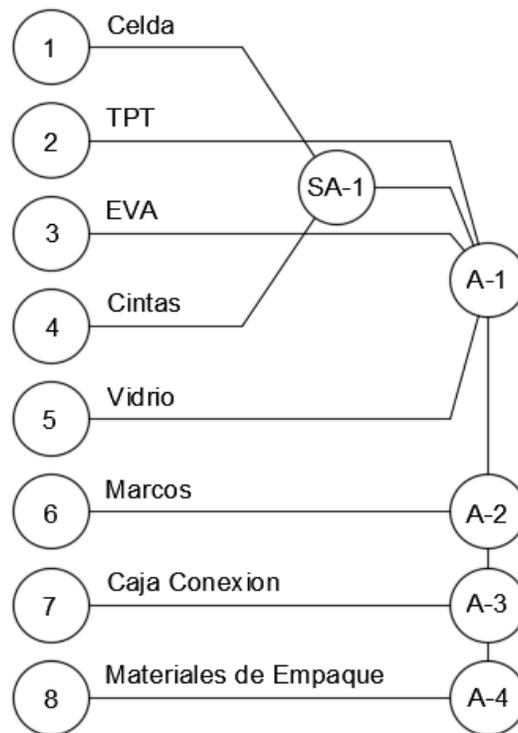


Figura 9: Diagrama de ensamble, Fuente: (Elaboración propia)

Se representó a los materiales utilizados en la fabricación de los paneles solares con números secuencialmente asignados de tal forma que están ubicados en la distribución actual de la planta.

SA-1 representa el sub-ensamble que se le da a dos o más materiales dentro del proceso.

A-1, A-2, representa a los ensambles generales que se realizan durante el proceso, normalmente se dan en este caso en cada área por la que el material pasa.

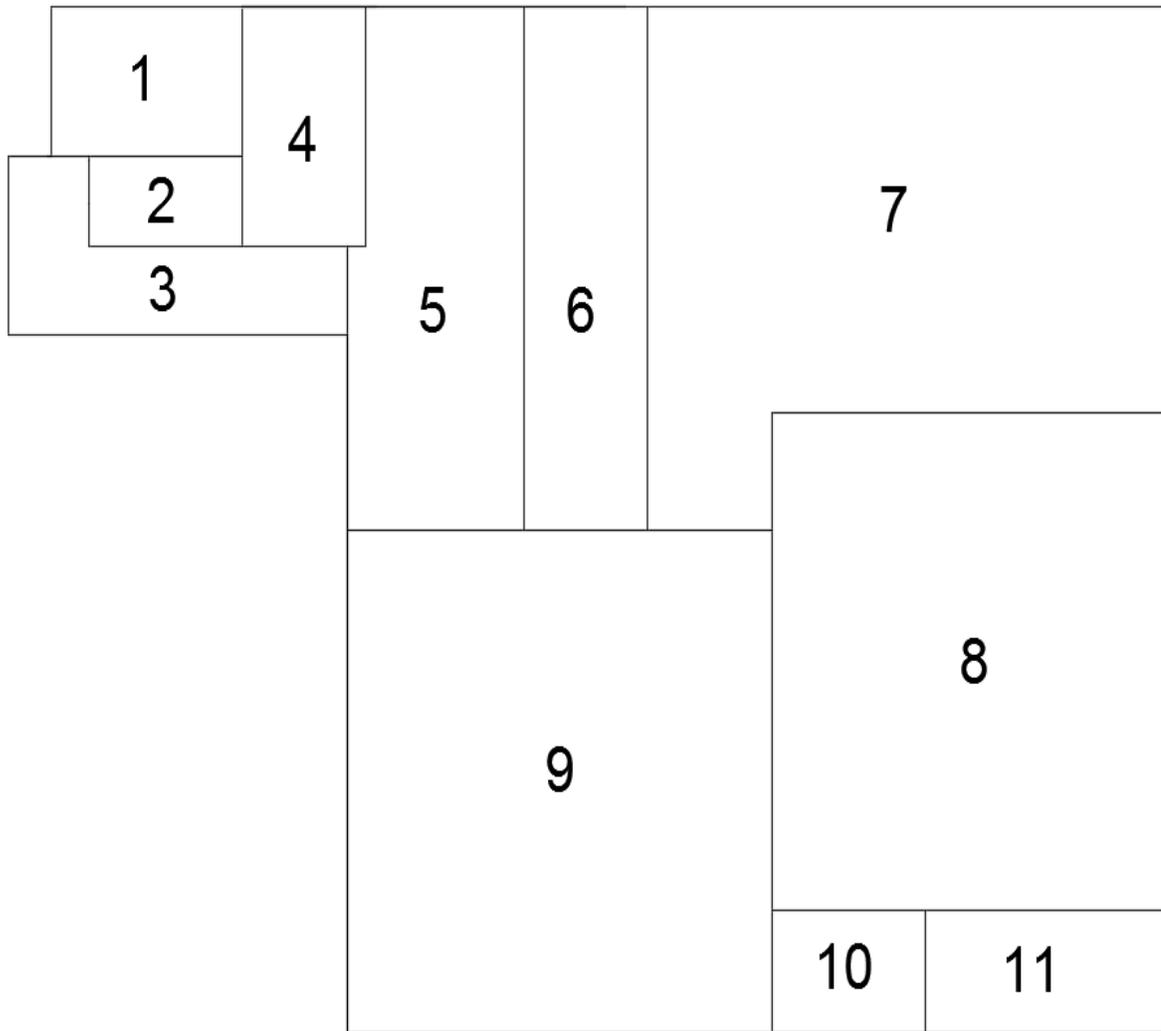
Las inspecciones no se agregaron en este diagrama debido a que estas son realizadas por el mismo personal dentro del proceso cuando estos realizan sus actividades, y por consiguiente se espera una respuesta a dicho imperfecto si se llegara a suscitar y se decide que acción tomar.

Basándose en estos diagramas, las condiciones para la realización de la Distribución General de Conjunto en un orden general, sin entrar en detalles para los requerimientos del espacio, se verán posteriormente en la siguiente parte.

3.5.4.- Desarrollo de la distribución general de conjunto

Una vez que se sabe cuáles son las relaciones de las áreas de la empresa y la infraestructura con la que se cuenta se determina la distribución partiendo de simplificar cada área de forma que estas se puedan contemplar con límites establecidos, en este caso los límites se establecieron basándose en la estructura de la planta actual.

Cabe resaltar que las áreas no están delimitadas dentro del proceso por lo tanto no se puede ubicar de una buena manera cuando empieza una o empieza la otra, exceptuando el área de empaque que esta se ha delimitado con una malla metálica alrededor.



1 Almacén (no movable)	7 Área de laminación
2 Área de selección de celdas (no movable)	8 Área de marcos
3 Pasillo	9 Área de empaque
4 Área de corte	10 Área de pruebas
5 Área de soldadura	11 Almacén de productos terminados
6 Área de montaje	

Figura 10: Distribución general de conjunto, Fuente: (Elaboración propia)

Por otra parte debido al tamaño de la zona de estudio las áreas quedaron ubicadas de manera secuencial, aprovechando la funcionalidad practica que la

empresa ha seguido a través del tiempo, por lo que cabe concluir que la distribución de las áreas de manera general ha sido un acierto por parte de esta, aun sin haber realizado un estudio posterior.

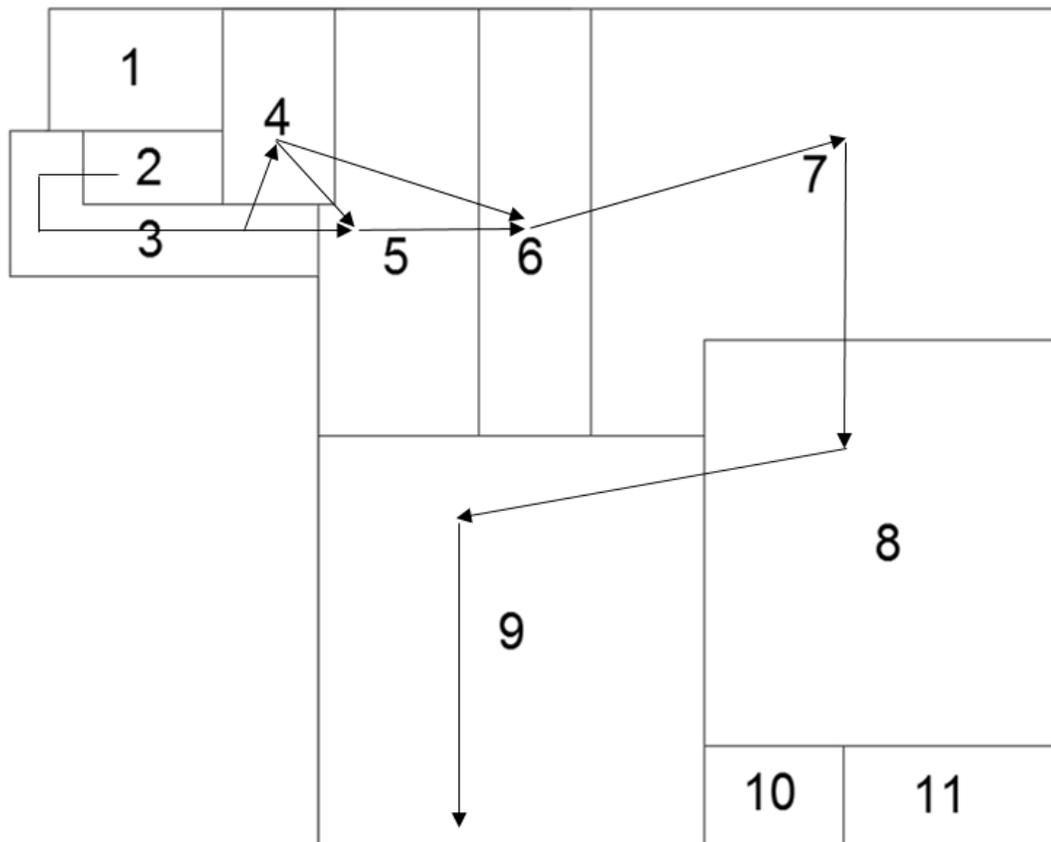


Figura 11: Flujo de producción en el DGC, Fuente: (Elaboración propia)

Una vez desarrollado el DGC que marca el punto final de la fase II, señalado por Muther, y que presenta un marco de referencia, se seguirá por la elaboración de los detalles de la distribución que se verá en el capítulo siguiente.

CAPITULO IV: DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

En el capítulo anterior se planteó la distribución general de conjunto que dicto la ordenación de las áreas en la zona productiva, lo que nos ayudó a ver de forma global la ordenación que se debe seguir, normalmente es tomado como guía de referencia para poder adaptarlo al siguiente paso, que es la distribución detallada de cada área, que siguiendo el planteamiento sistemático de la distribución correspondería a la fase III, que es el planteamiento detallado. Para su realización se procederá de la misma manera que con el diagrama de conjunto solo que en esta ocasión prestando atención a los detalles necesarios para cada área; correspondientemente al método del planteamiento sistémico, es propuesto como el diagrama relacional de espacios cuya representación es apoyada con dibujos propuestos de cada área.

4.1.- Diseño de las áreas productivas

La distribución detallada de todas las áreas de producción es la parte final del proyecto, la cual señalara los requerimientos de espacios de los materiales, la maquinaria y de los operadores, considerando el flujo del proceso

4.1.1.- Disposición de los elementos del ciclo productivo

4.1.1.1.- Materiales

Las zonas de espera dentro del plan de distribución son consideradas de manera en la que se manejen los materiales dentro del sistema, siendo así que es importante considerar o proponer en este punto algunos principios de la manipulación de los materiales dentro del sistema, principalmente para evitar el manejo innecesario que pudiera afectar la integridad de la parte operativa o material:

- La necesidad de ubicar zonas de almacenamiento provisional, en la que se retenga el material hasta que este sea requerido por la siguiente área, comúnmente manteniendo un control estricto con los tiempos del proceso basándose en el plan de producción.

- El material deberá moverse hacia la siguiente actividad, teniendo como objetivo los cruces dentro del flujo de producción, más conscientemente cuando se estime que su traslado no afecte a otra actividad en ese momento.
- Siguiendo la distancia más corta a consideración de los operadores.
- Fácil y rápidamente, ir directamente a lo que se requiere, sin demoras ni manejo innecesario, primordialmente para evitar algún accidente durante su traslado.
- Con seguridad, para evitar accidentes, tanto para el material como el personal, evitando esfuerzo físico indebido y en caso de ser necesario utilizando correctamente los elementos de transporte.
- Convenientemente trasladando las unidades de material estimadas y/o programadas que son necesarias.

4.1.1.2.- Maquinaria

La forma de la maquinaria ya sea si esta es larga, corta, ancha, afecta a la hora de ordenarla; por otro lado, se debe considerar las partes en las que esta desprenda partes como, por ejemplo, puertas que se abran, accesorios sobresalientes o cualquier condición que se crea que pueda afectar a los elementos a su alrededor.

En cuanto al peso, influenciara solamente en condiciones en las que la maquinaria resida en instalaciones en las que se crea que pueda haber una afectación, debido a las condiciones del piso, comúnmente y para evitar problemas en el futuro es recomendable colocar la maquinaria más pesada en un primer piso, o en el caso de considerarse, verificar que las condiciones estructurales de pisos superiores soporten el peso instalado.

Otra característica a considerar es la altura que en ocasiones puede presentar un problema para su instalación, por lo general la altura la va a dictar la planta en la que la maquinaria va a desempeñar su función, siendo está considerada cuando se realice una requisición de maquinaria para el proceso; en este proyecto en términos de dimensiones la maquinaria no presenta un problema

para el estudio ya que esta se desenvuelve correctamente dentro del proceso, por lo que en su única consideración vendría siendo lo espaciosa que puede ser.

Algunos principios para su instalación son los siguientes:

- Se deberá colocar la maquinaria de modo que esta disponga del espacio suficiente para que el personal operativo o de mantenimiento pueda realizar de forma efectiva sus actividades.
- Se deberá de conocer los métodos de paro en caso de emergencia por parte del personal que manejará la maquinaria, esto en caso de posibles accidentes.
- Considerando un número vasto de maquinaria, se deberá de organizar de manera en la que se pueda acceder a las más utilizadas, de modo que estas puedan aprovecharse al máximo.
- Cualquier cable o interruptor deberá situarse en los lugares en las que estos no puedan causar algún accidente o en el que no haya un flujo de materiales.

4.1.1.3.- Recurso humano

Considerando la distribución óptima del material y la maquinaria, otro de los que se deberá considerar es la del recurso humano siendo este el primordial para la realización de las actividades dentro de la organización, resaltando el desenvolvimiento que se tendrá que tomar en consideración para el estudio, debido a que es importante mantener al personal en un entorno en el que este no presente problemas de movimientos o en casos más drásticos accidentes de cualquier tipo.

4.1.2.- Requerimientos de espacio

La productividad de una empresa está estrictamente relacionada con la productividad de cada área o estación de trabajo y esta su vez está relacionada al flujo bien estructurado que esta presenta realizando las actividades acordes al espacio asignado, la distribución de planta no es sino la ordenación física de los espacios asignados a cada área y estos parten de tres puntos a considerar que son: equipo y maquinaria, personal y materiales

Se debe considerar el espacio suficiente para:

- Almacenar, transportar y almacenar los residuos o desechos que se puedan presentar en el área.
- El almacenamiento de los materiales que llegan.
- Los materiales que están en proceso.
- Almacenar o colocar el material que sale del proceso, en el lugar indicado.
- Las actividades de mantenimiento del área.

Tamaño teórico de las áreas

En este punto se determinará el tamaño de las áreas de estudio teóricas, que propondrá el tamaño óptimo para que estas puedan desarrollar sus actividades sin ningún impedimento, utilizando el método de Guerchet, comúnmente seleccionado para determinar este tipo de análisis, este considera tres tipos de superficies, que son:

- Superficie estática (SS), que representa el área física que ocupa el mueble o la máquina.
- Superficie gravitacional (SG), que representa el área que necesita el operador para desempeñar sus actividades.
- Superficie evolutiva (SE), que representa el área necesaria para la circulación.

La superficie total será la suma de las superficies antes mencionadas, a continuación, se muestran las estimaciones encontradas:

Símbolo	Descripción
n	Cantidad de elementos requeridos
N	Numero de lados utilizados
SS	Superficie estática (Largo x Ancho)
SG	Superficie gravitacional (SS x N)
K	Coeficiente de superficie evolutiva ($hm/(2*hf)$)
hm	Promedio de Equipos Móviles

hf	Promedio de Equipos fijos
SE	Superficie evolutiva ($K \times (SS+SG)$)
ST	Superficie total ($n \times (SS+SG+SE)$)

Tabla 15: Simbología del método de Guerchet, Fuente: (Elaboración propia)

Área de Corte

Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho (A)	SS	SG	Altura (h)	h x n para hf	SE	ST por uno	ST
Elementos Móviles											
Operarios	3	-	-	-	-	-	1.65	-	-	-	-
Elementos Fijos											
Mesa de material	1	3	2.1	1	2.10	6.30	1.45	1.45	8.16	16.56	16.56
Mesa de Corte	1	4	2.94	1.2	3.53	14.11	1.00	1.00	17.15	34.79	34.79
Mesa 1	1	2	1.2	0.59	0.71	1.42	0.80	0.80	2.06	4.19	4.19
Mesa 2	1	2	1.64	0.98	1.61	3.21	1.20	1.20	4.69	9.51	9.51
Mesa 3	1	1	1.95	0.99	1.93	1.93	1.20	1.20	3.75	7.61	7.61
Mesa 4	1	1	0.9	0.5	0.45	0.45	0.80	0.80	0.87	1.77	1.77
Tarimas	2	4	2.16	1.02	2.20	8.81	0.17	0.34	10.71	21.72	43.45
Superficie total en m2											117.88

hm	1.65
hf	0.85
K	0.97

Tabla 16: Estimación teórica del área de corte, Fuente: (Elaboración propia)

Según la superficie encontrada se definió las dimensiones a considerar:

- Largo = 13
- Ancho = 9
- Área Propuesta = 117 m²

Área de soldadura

Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho (A)	SS	SG	Altura (h)	h x n para hf	SE	ST por uno	ST
Elementos Móviles											
Operarios	2	-	-	-	-	-	1.65	-	-	-	-
Elementos Fijos											
Máquina de Soldadura	1	4	5.54	0.79	4.38	17.51	1.45	1.45	18.28	40.17	40.17
Estantes	6	4	1.6	0.66	1.06	4.22	1.00	6.00	4.41	9.69	58.15
Mesas	4	3	2.12	1.2	2.54	7.63	0.80	3.20	8.50	18.68	74.71
Mesa 1	1	4	1.64	0.98	1.61	6.43	1.20	1.20	6.71	14.75	14.75
Superficie total en m2											187.77

hm	1.65
hf	0.99
K	0.84

Tabla 17: Estimación teórica del área de soldadura, Fuente: (Elaboración propia)

Según la superficie encontrada se definió las dimensiones a considerar:

- Largo = 17
- Ancho = 11
- Área Propuesta = 187 m2

Área de montaje

Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho (A)	SS	SG	Altura (h)	h x n para hf	SE	ST por uno	ST
Elementos Móviles											
Operarios	8	-	-	-	-	-	1.65	-	-	-	-
Elementos Fijos											
Racks de material	4	3	1.16	1	1.16	3.48	1.45	5.80	3.32	7.96	31.83
Mesas de montaje	4	4	2	1.2	2.40	9.60	1.00	4.00	8.58	20.58	82.32
Mesas de material	2	4	2.33	1.2	2.80	11.18	0.80	1.60	10.00	23.98	47.95
Carritos	3	4	1.6	1	1.60	6.40	1.20	3.60	5.72	13.72	41.16
Superficie total en m2											203.26

hm	1.65
hf	1.15
K	0.72

Tabla 18: Estimación teórica del área de montaje, Fuente: (Elaboración propia)

Según la superficie encontrada se definió las dimensiones a considerar:

- Largo = 22
- Ancho = 9.2
- Área Propuesta = 202 m²

Área de laminación

Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho (A)	SS	SG	Altura (h)	h x n para hf	SE	ST por uno	ST
Elementos Móviles											
Operarios	3	-	-	-	-	-	1.65	-	-	-	-
Elementos Fijos											
Máquina de corriente	1	3	2.1	1.8	3.78	11.34	1.45	1.45	6.81	21.93	21.93
Maquinas laminadoras	3	1	2.94	2.62	7.70	7.70	1.00	3.00	6.94	22.34	67.02
Racks de material	5	1	1.16	1	1.16	1.16	0.80	4.00	1.04	3.36	16.82
Mesa reflectora	2	2	1.89	1.22	2.31	4.61	1.20	2.40	3.11	10.03	20.06
Mesitas de laminación	5	4	0.5	0.97	0.49	1.94	2.20	11.00	1.09	3.52	17.58
Mesas	2	4	1.5	1	1.50	6.00	3.20	6.40	3.38	10.88	21.75
Carritos	2	4	1.6	1	1.60	6.40	4.20	8.40	3.60	11.60	23.20
Superficie total en m2											188.38

hm	1.65
hf	1.83
K	0.45

Tabla 19: Estimación teórica del área de laminación, Fuente: (Elaboración propia)

Según la superficie encontrada se definió las dimensiones a considerar:

- Largo = 16
- Ancho = 11.8
- Área Propuesta = 188.8 m²

Área de marcos

Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho (A)	SS	SG	Altura (h)	h x n para hf	SE	ST por uno	ST
Elementos Móviles											
Operarios	8	-	-	-	-	-	1.65	-	-	-	-
Elementos Fijos											
Prensas	2	4	2	1.5	3.00	12.00	1.45	2.90	12.46	27.46	54.92
Mesas	8	4	1.22	0.8	0.98	3.90	1.00	8.00	4.05	8.93	71.46
Tarimas	5	4	2	1.1	2.20	8.80	0.80	4.00	9.14	20.14	100.68
Superficie total en m2											227.06

hm	1.65
hf	0.99
K	0.83

Tabla 20: Estimación teórica del área de marcos, Fuente: (Elaboración propia)

Según la superficie encontrada se definió las dimensiones a considerar:

- Largo = 15.5
- Ancho = 14.7
- Área Propuesta = 227 m²

Área de empaque

Elemento	n	N	Largo (L)	Ancho (A)	SS	SG	Altura (h)	h x n para hf	SE	ST por uno	ST
Elementos Móviles											
Operarios	4	-	-	-	-	-	1.65	-	-	-	-
Montacargas	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
Elementos Fijos											
Mesa 1	1	2	1.5	0.8	1.20	2.40	1.45	1.45	3.00	6.60	6.60
Mesa 2	1	3	1.22	0.8	0.98	2.93	1.00	1.00	3.26	7.16	7.16
Tarimas	5	3	2	1.1	2.20	6.60	0.80	4.00	7.34	16.14	80.69
Repisa	1	3	2	1.1	2.20	6.60	1.80	1.80	-	8.80	8.80
Superficie total en m2											103.26

hm	1.72
hf	1.03
K	0.83

Tabla 21: Estimación teórica del área de empaque, Fuente: (Elaboración propia)

Según la superficie encontrada se definió las dimensiones a considerar:

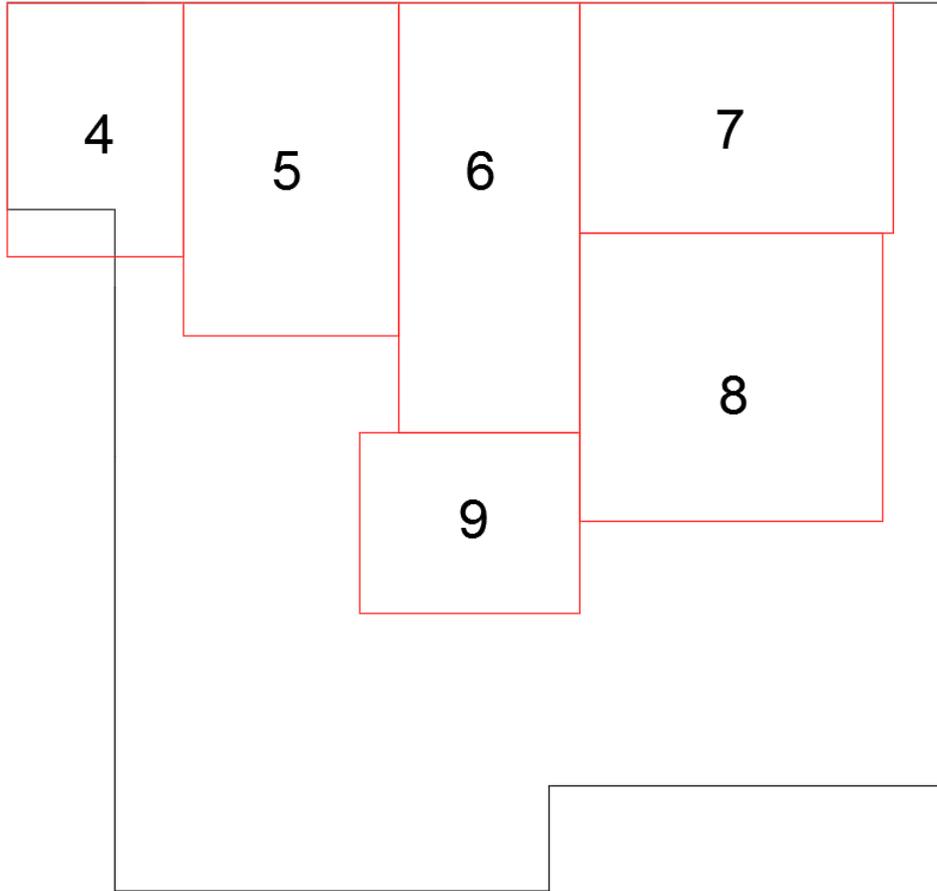
- Largo = 11.2
- Ancho = 9.2
- Área Propuesta = 103.4 m²

Área	Tamaño (m²)	Tamaño estimado	Diferencia en tamaño (m²)
corte	67.7	117	49.3
soldadura	137.7	187	49.3
montaje	122	202	80
laminación	321.3	124.8	-196.5
marcos	399.68	227	-172.68
Empaque	443.4	93	-350.4

Tabla 22: Tabla comparativa de tamaños, Fuente: (Elaboración propia)

Con respecto a los resultados se obtuvieron las siguientes diferencias que pueden constatar que el espacio suministrado puede no ser el adecuado, para las diferentes áreas.

A continuación, se mostrará la distribución de cada área referente a los tamaños encontrados:



4 Área de corte	7 Área de laminación
5 Área de soldadura	8 Área de marcos
6 Área de montaje	9 Área de empaque

Figura 12: DGC con espacios propuestos, Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede apreciar las áreas delimitadas por el método encajan en los límites de las instalaciones, por lo que es necesario realizar la distribución consecuente, considerando las especificaciones que se manejan en cada área para que de esta forma poder acomodar cada componente en el orden considerado dentro de las especificaciones, para esto se tomaran en cuenta factores determinantes que dictaran el acomodo de los componentes de cada área, estos factores son:

- Instrumental de transporte
- Zonas de almacenaje

En el siguiente punto se mostrará el proceso de consideración del almacenaje dentro del área productiva.

4.2.- Diseño de las zonas de almacenaje dentro del área productiva

Así como se mencionó antes, los pasos aplicados a través del planteamiento sistemático de la distribución son aplicables para diversos sectores, inclusive si estos no son del giro productivo, los almacenes a diferencia de las áreas productivas radican en que su funcionamiento principal es el almacenamiento de material y no la transformación de este.

En este punto se verán los puntos de almacenamiento que tiene la empresa y las características que esta tiene, para aplicarlos a la distribución final del proyecto.

El almacenamiento de la empresa que se tomará en consideración para este proyecto, será el que se instala dentro del área productiva, siendo este un factor que puede afectar los flujos de materiales, si no son ubicados ni controlados dentro de las instalaciones, la información requerida para este análisis será:

- Condiciones de almacenamiento
- Dimensiones de las unidades
- Elementos y equipos de transporte
- Zonas de almacenaje dentro de las instalaciones

Y para posteriormente contrastarlos con los fundamentos del almacenaje que nos darán un mejor entendimiento para la toma de decisiones.

4.2.1.- Fundamentos para los métodos de almacenaje

Para la ubicación del material se tomarán en consideración varios fundamentos que menciona Muther que se podrían tomar como guía para el almacenaje del material, los cuales son los siguientes:

- Aprovechar las tres dimensiones.
- Considerar el espacio de almacenamiento exterior.

- Hacer que las dimensiones de las áreas de almacenamiento sean múltiplos de las dimensiones del producto a almacenar.
- Colocar la dimensión longitudinal del material, estanterías o contenedores, de forma que esta quede perpendicular a los pasillos principales.
- Usar la anchura apropiada de pasillos y hacer que los pasillos transversales sean de una sola dirección.
- Clasificar los materiales por su tamaño, peso o frecuencia de movimientos.
- Situar los artículos que se vayan a medir, pesar o controlar, en general cercanos al equipo de medición, pesaje o control.

4.2.2.- Equipo de almacenamiento

La empresa cuenta con tres tipos de herramental para el transporte del material dentro de las instalaciones las cuales son los siguientes:

Montacargas: usualmente utilizado para el transporte de tarimas, utilizado solo cuando el material sea descargado o se cargue en los camiones de carga o transporte de clientes, y en casos en los que se necesite transportar el material en distancias considerables.

Patines: usados para el transporte de las tarimas o materia que el personal no pueda cargar, son los que comúnmente se usan durante todo el proceso el cual su uso es indispensable.

Diablito: usado para el transporte de material pequeño pesado, usado indispensablemente para el transporte de los rollos para el área de corte y el traslado de componentes al área de Empaque.

4.2.3.- Consideraciones para el layout del almacén

Para determinar las zonas de almacenamiento, se seleccionarán de la siguiente imagen en la cual nos basaremos para saber el acomodo del material dentro del sistema productivo:



Figura 13: Zonas de almacenamiento, Fuente: (Elaboración propia)

Donde podemos resaltar varios puntos:

- La selección de las zonas se realiza de manera conveniente, señalando que el material sea alejado cuando este no se ocupa por determinada área.
- No hay una ubicación exacta del material, ni de los tipos de este, en caso de ser requerido.
- El amontonamiento del material puede impedir el flujo de materiales.

El tipo de productos que se colocan en estas zonas son:

- Paneles solares en tarimas
- Vidrio en tarimas

Cuya principal característica es su apilamiento a base de tarimas las cuales son las determinantes en sus dimensiones siendo así que el material será considerado a tamaño de estas, los cuales son:

Tarima	Peso	Alto	Largo	Ancho
para 310 w	17 kg	17 cm	200 cm	100 cm
para 260 w	17 kg	17 cm	165 cm	100 cm
para 150 w	11 kg	17 cm	150 cm	75 cm

Tabla 23: Tabla medida de las tarimas para paneles de 310W, 260W y 150W, Fuente: (Elaboración propia)

Tarima	Peso	Alto	Largo	Ancho
	20 kg	20 cm	150 cm	110 cm
para 100 w/50 w/25 w	20 kg	20 cm	135 cm	110 cm
	20 kg	20 cm	135 cm	135 cm

Tabla 24: Tabla medida de las tarimas para paneles de 100W, 50W y 25W, Fuente: (Elaboración propia)

Donde se puede apreciar que para cada panel la tarima varia en sus medidas, pero considerando que los paneles de 310W y 265W son los más solicitados serán los que se tomarán en cuenta para la distribución de la planta.

4.2.4.- Propuestas de políticas de gestión de inventarios

Las políticas dentro de todo sistema deben desarrollarse debido a que se podrían presentar problemas que afectarían el desempeño óptimo de la organización, tras lo visto con anterioridad se propondrán políticas de almacenamiento que podrían ayudar a mejorar las condiciones actuales de la distribución:

Clasificación ABC: siendo este un lineamiento determinado a partir de la demanda, ayudara a clasificar los productos que se realicen en la empresa, calculando la demanda de los mismos que será el determinante en el momento de colocar, los más solicitados, lo más cercano al área de empaque, esto evitara problemas al momento de determinar prioridades a la colocación de determinados productos con respecto a otros, debido a que no todos los productos son de igual importancia.

Tener un control de las entradas y salidas: determinar la cantidad de productos con los que se cuenta y tener un control fijo de lo que entra con respecto a lo que sale, de esta forma se tendrá en cuenta información verídica para la toma de decisiones.

4.3.- Layout del área de producción

El layout o distribución de planta del área total que se desarrollara, es el resultado de todo el proceso de análisis y métodos vistos hasta ahora, este tiene como conclusión la culminación del planteamiento sistémico de la distribución (S.L.P.), ya que hasta ahora se han considerado los recorridos del material, la relación que hay entre las actividades (áreas), las necesidades del espacio de cada área y el espacio disponible, además de los factores a considerar y las limitaciones prácticas del proyecto para que correspondientemente con esto se termine con las especificaciones de cada área y su acomodo que se verá a continuación.

Algunas consideraciones establecidas por Muther afirman que la anchura que se debe considerar de los pasillos de cualquier instalación debe medir por lo menos lo expuesto por la siguiente tabla:

Anchura de pasillos sugerida

Para personal solamente (para pasar 2 personas)	Como mínimo, 30 pulgadas
Para carretillas de mano de 2 ruedas (no pasando ni girando con carga)	Como mínimo, 30 pulgadas

Para carretillas de almacén (donde el conductor debe andar alrededor de ellas)	20 pulgadas más que la anchura de la carretilla
Para carretillas de almacén (cuando deben pasar otras carretillas u operarios)	36 pulgadas más que el ancho de 2 carretillas
Para carretillas elevadoras de horquilla accionadas a mano y transportadoras de enjaretados (plataformas de madera)	De 5 a 8 pies, según la naturaleza de las cargas
Para carretilla elevadora de horquilla de 2,000 lbs.	De 8 a 10 pies
Para carretilla elevadora de horquilla de 4,000 lbs.	De 10 a 12 pies
Para carretilla elevadora de horquilla de 6,000 lbs.	De 12 a 14 pies

La anchura de un pasillo depende de:

uso del pasillo: material, personal, aparatos de manipulación y transporte, maquinaria y otros elementos.

frecuencia de utilización: volumen de tráfico (para las cargas de punta).

velocidad de paso permitida o deseada.

ordenación del tráfico: en uno o en los dos sentidos.

posibles condiciones futuras en cuanto a los puntos aquí considerados.

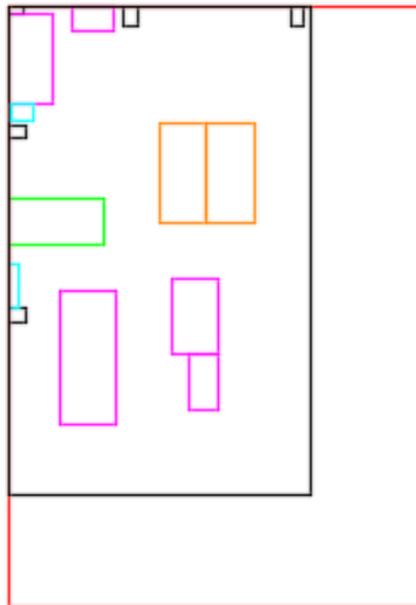
Tabla 25: Anchura de pasillos, Fuente: (*Muther, 1970*)

Por lo que podemos ver diferentes condiciones que se tomaran en cuenta en el momento de realizar el acomodo de los equipos y la distribución del flujo optimo, dando hincapié en esto, se consideraran las entradas y las salidas de cada área y a su vez el tamaño resultante del método Guerchet para contrastar lo estimado con lo real de cada área, además de las actividades descritas con anterioridad de cada área.

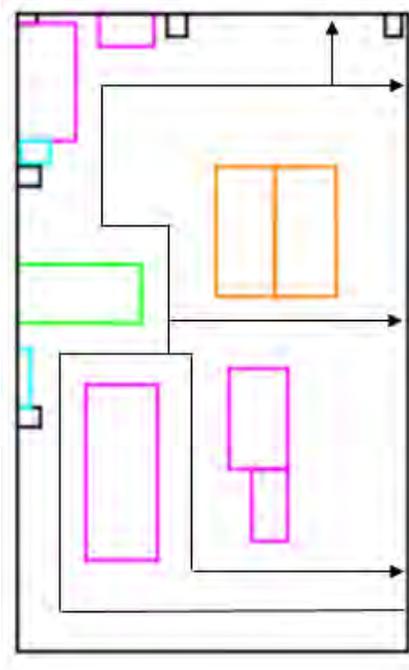
CAPITULO V: RESULTADOS

Área de corte:

Entradas:	Salidas:
Rollo de TPT grande Rollo de TPT chica Rollo de EVA	TPT cortado EVA cortada (el corte de acuerdo a las dimensiones de los paneles a fabricar)
Corte de cintas:	
Rollo de cinta Rollo de buses Liquido especial	Cinta chica Cinta grande Bus primario Bus secundario Bus perpendicular



Comparación de tamaño teórico-real (área de corte)

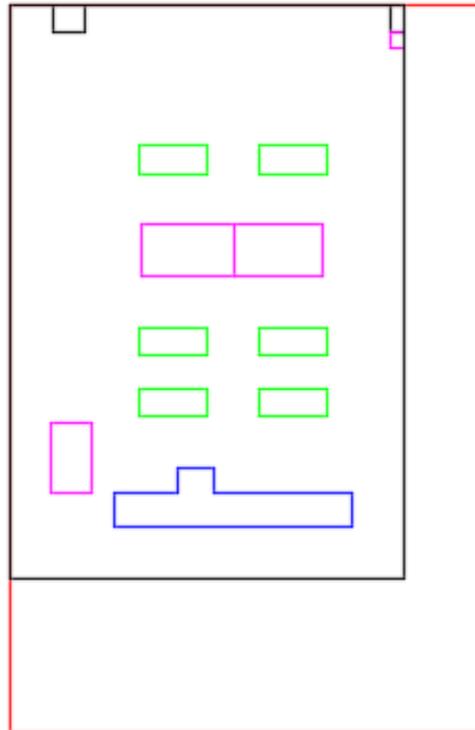


Propuesta final del área de corte (flujo de trabajo)

Área de soldadura:

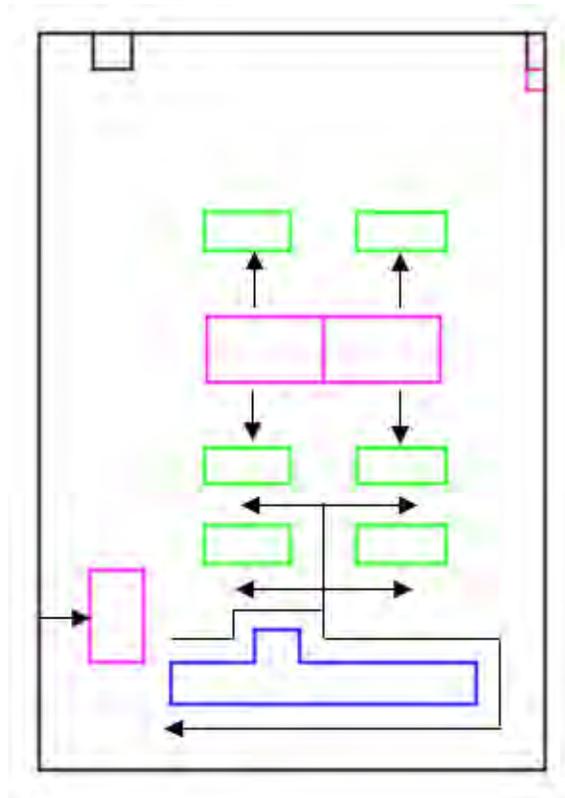
Entradas:	Salidas:
Automatizada:	
Rollo de cinta Líquido especial Pilas de celdas de acuerdo a la Capacidad del panel a fabricar	cadena de celdas
Manual:	
Soldadura Individual:	
Cinta chica Cinta grande Soldadura Pilas de celdas de acuerdo a la Capacidad del panel a fabricar	Celda soldada con cinta

Soldadura en cadena:	
Celda soldada con cinta	Cadenas de celdas
Soldadura	



En este punto se omitió la utilización de 2 mesas debido a que, desde la llegada de la máquina, esta solventa la demanda de los paneles más solicitados y no se ocupaban las mesas anteriormente mencionadas.

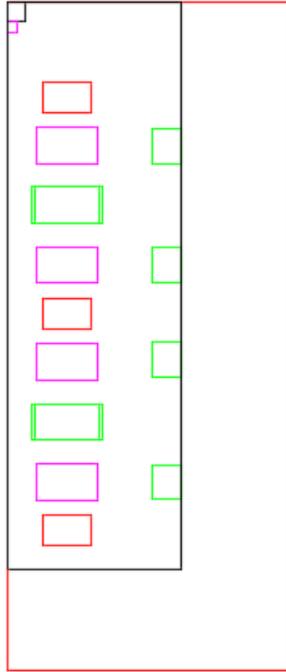
Comparación de tamaño teórico-real (área de soldadura)



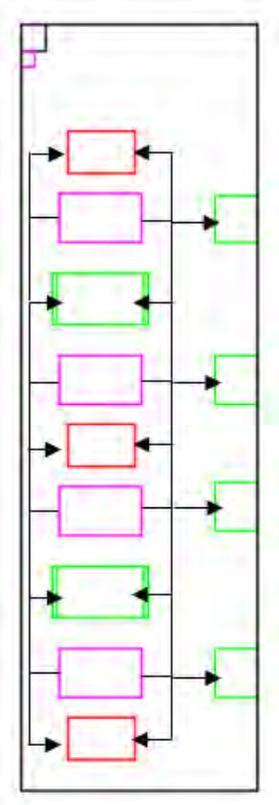
Propuesta final del área de soldadura (flujo de trabajo)

Área de montaje:

Entradas:	Salidas:
Cadenas de celdas Vidrio Soldadura Bus primario Bus secundario Bus perpendicular TPT cortado EVA cortada (el corte de acuerdo a las dimensiones de los paneles a fabricar)	Modulo solar



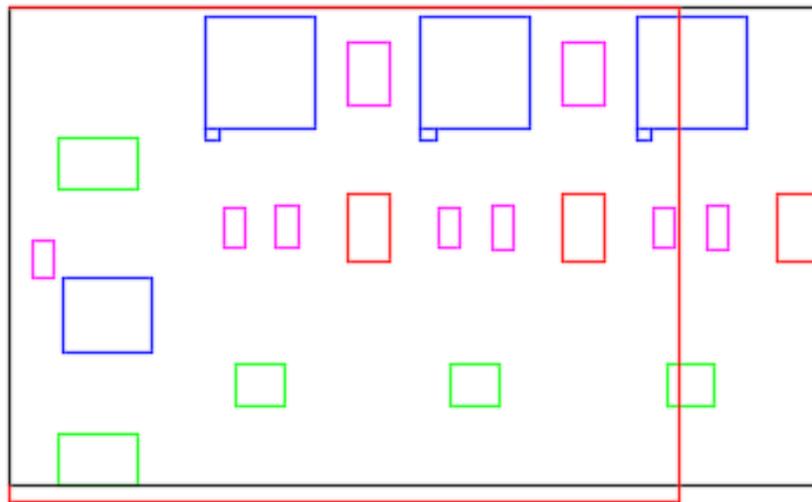
Comparación de tamaño teórico-real (área de montaje)



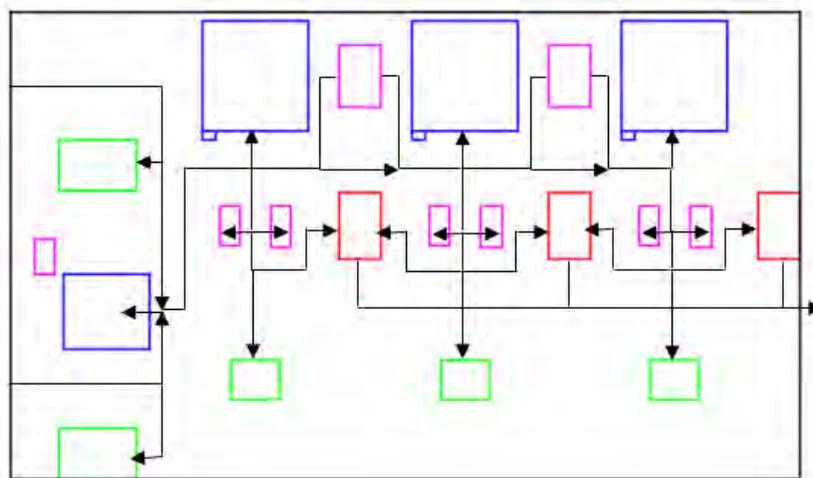
Propuesta final del área de montaje (flujo de trabajo)

Área de laminación:

Entradas:	Salidas:
modulo solar papel	modulo solar
Revisión	
modulo solar	modulo solar



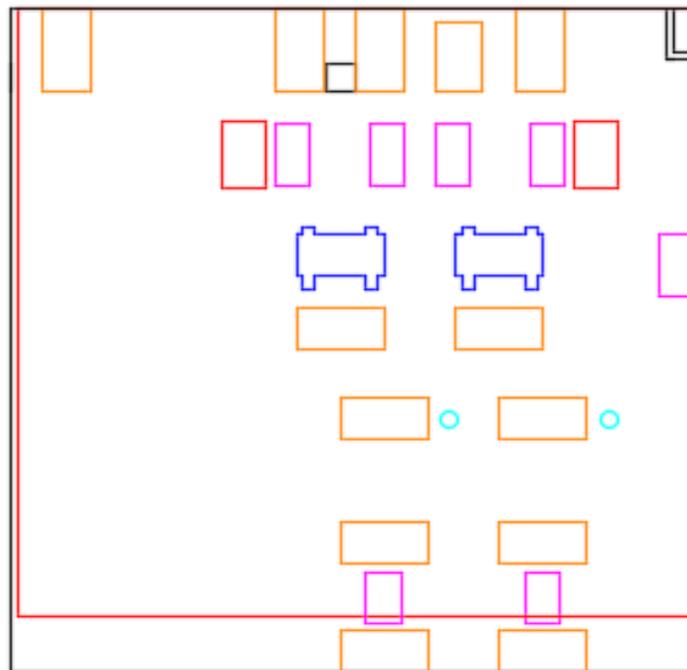
Comparación de tamaño teórico-real (área de laminación)



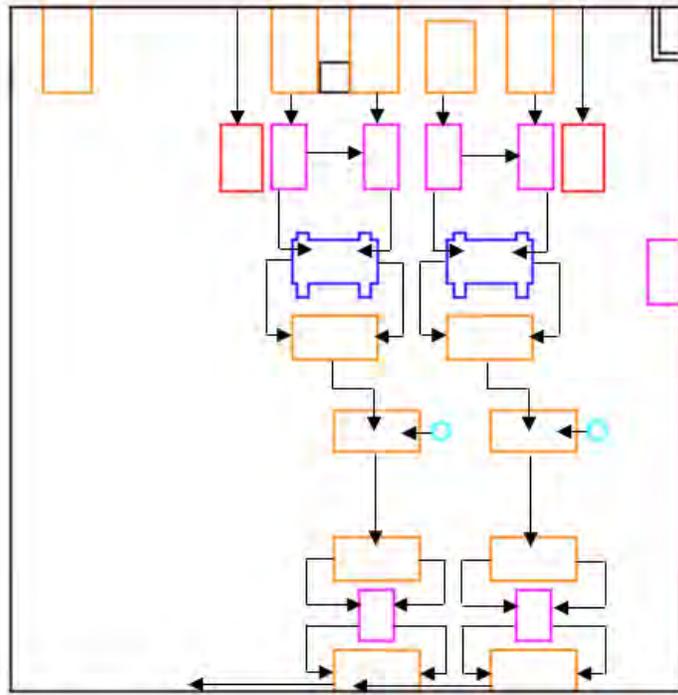
Propuesta final del área de montaje (flujo de trabajo)

Área de marcos:

Entradas:	Salidas:
Modulo solar Marcos Silicón Pegamento Caja conexión Tarima	Panel solar



Comparación de tamaño teórico-real (área de laminación)



Propuesta final del área de montaje (flujo de trabajo)

Área de empaque:

Entradas:	Salidas:
Panel solar Fleje Cinta diurex	Panel solar empacado

Durante el proyecto se determinaba que tanto las condiciones estructurales de la planta, así como las condiciones normativas que esta presenta son deficientes, siendo así que su distribución llegaba a no ser la más adecuada, partiendo de esto y la problemática encontrada se realizó la tabla de relación de las actividades y el diagrama relacional de actividades que dictan la importancia que un área este cerca de otra y de estas se obtuvo lo siguiente:

- Es importante la cercanía del área de Soldadura con el área de Selección de celdas debido a que este le suministra las celdas para realizar su proceso.
- Es importante la cercanía del área de Montaje con el área de Soldadura ya que este le suministra las cadenas de celdas para realizar los módulos.
- Es importante la cercanía de área de Laminación con el área de Montaje ya que este le suministra los módulos para su proceso.
- Es importante la cercanía de área de Marcos con el área de Laminación ya que este le suministra los módulos ya completos para su proceso.
- Es importante la cercanía de área de Empaque con el área de Marcos ya que este le suministra los paneles ya completos para su empaque.

Concluyendo que la distribución que la empresa había optado por establecer era la correcta, debido a que estaba distribuida de tal forma que las actividades eran subsecuentes, corroborando a esto se realizó a la par el diagrama de ensamble que en tintes generales dictaba los mismos hechos, lo que determina que la problemática no se encontraba en la localización de las áreas sino de sus componentes, al igual que la colocación del material de producto terminado y de la materia prima dentro del sistema productivo.

Con esto propuesto se desarrolló el diagrama general de conjunto partiendo de aquí para la implementación específica de cada área siendo esta la siguiente parte del método del Planteamiento Sistémico.

Para determinar el tamaño de las áreas estimadas se optó por el método de Guerchet que proponía las dimensiones teóricas que estas deberían tener para desarrollar sus actividades, consecuentemente estas fueron colocadas en la

Distribución General de Conjunto para contrastar las dimensiones con las limitantes de espacio.

Correspondiente a esto y teniendo como referencia el tamaño del método de Guerchet se establecieron las distribuciones de cada área en particular, teniendo en cuenta las entradas, salidas y las actividades de cada una y una consideración de tamaño para los pasillos establecida por Muther; de esta forma se obtuvieron las propuestas resultantes de cada área siendo así que correspondientemente a la versión de Guerchet se obtuvo una optimización de espacios en las áreas de corte, soldadura y montaje, pero en las áreas de laminación, marcos y empaque se determinó más espacio que el estimado debido a varias consideraciones, las cuales determinaban que ciertos componentes en algunos casos no eran requeridos. Lo que puede recalcar que, si bien el método brinda referencias en cuanto a las dimensiones, estas pueden distar en comparación a las planteadas realmente, aunque su verdadera importancia radica en instalaciones o distribuciones por realizar.

El material de almacenamiento fue adecuado a las necesidades de los procesos siendo así que se colocaron de manera horizontal o vertical así sea requerido, y también se propuso la distribución a capacidad máxima de material partiendo de las capacidades de las instalaciones.

Tal como se mencionaba en el principio de la explicación del método, recalca que propiamente la distribución y en condiciones como en esta empresa, se basaba más en términos de lógica o comodidad ya sean vistas por el personal operativo o el encargado de producción, debido a que estos conocen debidamente los procesos y la forma de adecuarse a ellos.

Se deriva de esto que la distribución de los componentes de cada área y la delimitación de las mismas son las más idóneas y que representan el mayor beneficio de las instalaciones y espacios.

A continuación, se presentan los tamaños propuestos para cada área y en la **figura 14** la propuesta de distribución de la empresa:

Área	Largo	Ancho	Tamaño
Corte	10.58	6.53	69.09
Soldadura	13.39	9.14	122.38
Montaje	18.66	5.69	106.18
Laminación	19.36	11.43	221.28
Marcos	16.04	15.7	251.83
Empaque	11.7	8.1	94.77

Tabla 26: Tabla Final de dimensiones, Fuente: (Elaboración propia)



Figura 14: Propuesta de distribución final, Fuente: (Elaboración propia)

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- Conclusiones

La distribución de planta es un factor determinante para la implementación del sistema productivo; un sistema productivo se determina a partir del objetivo a cumplir, considerando aspectos necesarios, como el material, el personal, el proceso y las instalaciones.

Partiendo con esto, se pueden identificar los criterios necesarios para la toma de decisiones, por lo que una buena distribución podría afectar significativamente la productividad obtenida, y tomando en cuenta que siempre se tendrá que tomar un rediseño de las instalaciones, siempre y cuando sea necesario dependiendo de los objetivos de la empresa, el hecho de contar con este análisis suele ser de gran importancia.

La distribución de planta que se propuso es de forma lineal para tener una “producción en línea” consecutiva, siendo esta la forma más óptima en la que se podrán obtener mejores resultados tomando en cuenta el sistema productivo, determinado por el diagrama de ensamble y el diagrama relacional de espacios previamente vistos.

Se debe considerar que el rediseño de las instalaciones, son necesarias en casi todo mercado inestable, pero en este caso se concluyó que en tiempos de baja o alta producción la empresa se adapta de las mejores formas, siendo esta cambiante a las temporadas o incluyendo la implementación de nuevos productos, al igual que se propuso zonas de almacenamiento necesarias para un buen flujo de materiales.

Tener una sola zona de producción sin limitantes físicas, como en el caso de los muros entre áreas, permite realizar un estudio de este tipo con más facilidad debido a que esto permite integrar todas las áreas de forma que se adecuen a lo que se proponga, sin demasiados problemas de traslado, en este caso las áreas no estaban completamente definidas en cuanto a espacio se refiere, al igual que los componentes a mover son relativamente ligeros, o que no representan

grandes problemas, por lo que la distribución de este tipo de empresas tiende a ser menos costoso a diferencia de otras.

En otros casos los parámetros para la ubicación de los departamentos pueden ser otros, debiendo señalar primeramente el método en el que se va a basarse, porque cada empresa es diferente y lleva un tipo de producción única, tomando un ejemplo para una empresa cuyos departamentos sean similares y cuyo fin sea una única ubicación, se deberá realizar análisis de costos de transporte, su flexibilidad y la rentabilidad que esta pueda presentar si se realizan dichos cambios.

El método aplicado en este trabajo corresponde a la esencia de la distribución de planta, debido a que fue uno de los primeros métodos lineales en crearse y que corresponde a la atribución de diversos autores cuyos métodos fueron propuestos y señalados con anterioridad; debido a la información solicitada de la empresa el método del planteamiento sistémico se pudo adecuar a lo que el proyecto requería.

Proponer una distribución general sin preocuparse por las limitantes puede ayudarte a ver formas del acomodo de las áreas en un modelo claro y preciso, para que después se puedan anexar los detalles de cada área junto con sus limitantes, teniendo claro esto se deberá optar por un método que delimite las necesidades del espacio requerido, en este caso se utilizó el método Guerchet el cual se basa prácticamente en determinar de manera teórica el espacio requerido, pero teniendo en cuenta que este puede cambiar, como en este caso donde se verificó que las áreas de estudio requerían o les sobraba espacio y que posteriormente se adaptó a las necesidades del flujo de materiales.

La distribución de planta como bien se hizo mención antes puede iniciarse de la lógica y de las necesidades que se requieran al momento, pero esta no suele ser la mejor manera para establecerse en el proceso, como se ha reflejado en el caso de esta empresa, debido a que esta es relativamente reciente, solo se ubicaron los materiales y las áreas de acuerdo a las necesidades que esta presentaba y aunque esto resultó ser factible debido a los resultados obtenidos, no puede ser

siempre el caso debido a que se deben seguir con modelos o técnicas que permitan un mejor desempeño, para que de esta manera se optimicen herramientas, espacio y dinero.

6.2.- Recomendaciones

Del presente trabajo se desprenden las siguientes recomendaciones:

Debido a que en temporadas hay ocasiones en las que falta el material o no se cuenta con determinado producto la empresa debe realizar estimaciones de pronósticos de ventas que permitan visualizar los montos posibles de producción, para que de esta manera la organización pueda planear con antelación y se permita una requisición de material óptimo que no retrase el sistema de producción.

La comunicación toma una parte importante dentro del sistema productivo, es de vital importancia que se planteen métodos de comunicación efectiva dentro de las áreas de la empresa, debido a que estas presentan problemas, ya sea por el acomodo del material o inclusive las actividades destinadas de un área que son perjudiciales para otra sin antes haberla consultado.

El almacenamiento de la planta debe contar con algún tipo de sistema que permita un buen acomodo, si bien en este trabajo se planteó como una de las políticas de almacenamiento la implementación del sistema de clasificación ABC, debido a que esta queda acorde a las necesidades de la empresa, se pueden considerar otros métodos, pero es necesario, debido a que se debe tener un control de acomodo y necesidades de priorización de productos.

Acorde con lo antes dicho se recomienda tener un control de inventarios preciso de las existencias de los productos dentro de la empresa, tanto lo que entre como lo que salga se debería tener en cuenta, debido a que la información precisa presenta menos equivocaciones tanto en el área de ventas como en el área de producción.

Debido a las dimensiones de las instalaciones limitadas que esta organización posee se ha determinado que en objetivos productivos estables como lo que hoy

en día presenta la empresa, esta seguirá siendo rentable, pero si esta llega a requerir abarcar más mercado se recomienda ampliar sus instalaciones, ya que en un punto esta no podrá ser capaz de sostener la demanda con los recursos que posee, además cabe recalcar que para un aumento en la producción estimada, es necesario de más espacio.

La motivación si no bien no es un factor muy considerado juega un papel importante dentro de cualquier organización, en este caso se recomienda seguir métodos de motivación necesarias para todo elemento, tanto operativo como administrativo, con la intención de incrementar la productividad del personal, así como bajar su índice de rotación.

Otro punto importante es el cálculo del tiempo del producto terminado, si bien se omitió su participación en este proyecto debido a que no era necesario para los métodos a seguir, es muy importante conocer los tiempos de producción debido a que de esta forma se puede planear la ubicación de las unidades a producir evitando problemas de acomodo, a su vez para conocer cuando es bueno implementar horas extra dentro del personal y estas sean aprovechadas debidamente, por otra parte permitirá realizar estimaciones de ventas para determinar días de entrega y evitar demoras en los envíos.

Por otra parte se recomienda que la organización plantee de forma adecuada los tiempos de entrega, esto de parte de los vendedores, debido a que los productos vendidos tienden a ser resguardados hasta mucho tiempo después de su compra debido a la ineficiencia de concretar los medios de traslado o empaque, lo que puede resultar insatisfactorio partiendo de que estos no permiten que nuevos productos se coloquen en el lugar correspondiente, lo que genera la problemática actual que es la distribución deficiente de los recursos de la empresa impidiendo el flujo de materiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- A. Tompkins, J., A. White, J., A. Bozer, Y., & A. Tanchoco, J. (2010). *Planeación de Instalaciones*. México D. F.: Cengage Learning Editores S.A. de C.V.
- Academy, P. (09 de Mayo de 2014). *Packsys Academy*. Obtenido de Packsys Academy: <http://www.packsys.com/blog/tarima/>
- Arias, Á. S. (10 de Julio de 2017). *Economipedia*. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/productividad.html>
- Barja, L. (24 de Enero de 2017). *SOBREHISTORIA.COM*. Obtenido de SOBREHISTORIA.COM: <https://sobrehistoria.com/todo-sobre-la-revolucion-industrial/>
- Bradsher, K. (11 de Junio de 2017). *The New York Times en Español*. Obtenido de The New York Times en Español: <https://www.nytimes.com/es/2017/06/11/china-las-energias-limpias-transformaran-al-pais-del-carbon/>
- Definición MX*. (13 de Diciembre de 2015). Obtenido de Definición MX: <https://definicion.mx/proceso/>
- Energía Solar*. (13 de Abril de 2017). Obtenido de Energía Solar: <https://solar-energia.net/definiciones/panel-solar.html>
- INEGI. (2015). *INEGI*. Obtenido de INEGI: <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/vivienda/>
- Konz, S. (1991). *Diseño de Instalaciones Industriales*. Mexico, D.F.: Limusa S. A. de C. V.
- Lean Manufacturing 10*. (16 de 10 de 2017). Obtenido de Lean Manufacturing 10: <https://leanmanufacturing10.com/disenio-la-distribucion-planta-definicion-cuando-realizarla>
- Mártel, I. (15 de Enero de 2016). *PUBLICO*. Obtenido de PUBLICO: <https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2016/01/15/energia-solar-fotovoltaica-origenes-desarrollo-y-actualidad/>
- Muther, R. (1970). *Distribucion de Planta*. New York: McGraw Hill Book Company.
- NAP, G. (2002). Energía Solar Fotovoltaica. En G. NAP, *Energía Solar Fotovoltaica* (pág. 122). Ibergraphi S. L. L. .
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (12 de Marzo de 2008). *Definición.DE*. Obtenido de Definición.DE: <https://definicion.de/metodo/>

- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (03 de Diciembre de 2011). *Definición.DE*.
Obtenido de Definición.DE: <https://definicion.de/energia-fotovoltaica/>
- Portillo, A. L. (02 de Junio de 2017). *CIEP*. Obtenido de CIEP:
<http://ciep.mx/energia-solar-en-mexico-su-potencial-y-aprovechamiento/>
- Ramirez, A. (2013). Cuadernillo de Ejercicios de Diagrama de Recorrido y Bloques. (*proyecto de investigacion*). Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México, México.
- Sandoval, I. A. (2013). CUADERNILLO DE EJERCICIOS DE DIAGRAMA DE RECORRIDO Y BLOQUES. (*CUADERNILLO DE EJERCICIOS*). TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO, Los Reyes La Paz, Estado de México.
- Sitiosolar*. (07 de Julio de 2014). Obtenido de Sitiosolar:
<http://www.sitiosolar.com/la-historia-de-la-energia-solar-fotovoltaica/>
- Solar, E. (03 de Septiembre de 2018). *Energía Solar*. Obtenido de Energía Solar: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/modulo-fotovoltaico/celula-fotovoltaica/tipos/silicio-monocristalino>
- SOLARGIS. (2017). *SOLARGIS*. Obtenido de SOLARGIS:
<https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/mexico/>
- WordReference.com. (2005). *WordReference.com*. Obtenido de WordReference.com: <http://www.wordreference.com/definicion/apilar>
- Yuste, P. S. (12 de mayo de 2015). *CERTIFICADOS ENERGETICOS*. Obtenido de CERTIFICADOS ENERGETICOS:
<https://www.certificadosenergeticos.com/energia-solar-beneficios-que-efecto-fotovoltaico>

ANEXOS

Anexo 1: Componentes Necesarios Para La Producción

