



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA IMPLANTACIÓN DE
UNA NUEVA UNIDAD DE NEGOCIOS QUE PRODUZCA POSTES HEXAGONALES DE
ACERO PARA LA ILUMINACIÓN PÚBLICA CON EL APROVECHAMIENTO DE LA
ENERGIA SOLAR”**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar por el Título de

INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR

Br. CHAQUINGA NAVARRO, Gerardo

Br. PRIETO GARCIA, Javier

PROFESOR GUIA

Ing. GASPARIN, Henry

FECHA

20 de Febrero de 2009

ÍNDICE GENERAL

Índice General	I
Índice de Figuras	VIII
Índice de Tablas.....	X
Sinopsis	XII

INTRODUCCIÓN	1
---------------------------	----------

CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA.....	3
--	----------

1.1 Presentación de la Empresa.....	3
1.2 Reseña Histórica	3
1.3 Misión	4
1.4 Visión	4
1.5 Objetivos Principales	4
1.6 Ubicación de la Empresa.....	5
1.7 Descripción del Negocio	6
1.8 Estructura Organizativa	6

CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO	8
---	----------

2.1 Motivaciones	8
2.2 Objetivos	8
2.2.1 Objetivo General	8
2.2.1 Objetivos Específicos.....	9
2.3 Limitaciones	10

2.4 Alcances	10
CAPÍTULO III: ESTUDIO METODOLÓGICO.....	11
3.1 Estudio Técnico	11
3.2 Estudio Económico	12
CAPÍTULO IV:FUNDAMENTOS TEÓRICOS	13
4.1 Fundamentos Teóricos Organizativos	13
4.1.1 Definición de Unidad Estratégica de Negocio	13
4.2 Fundamentos Teóricos sobre el Aprovechamiento de la Energía Solar.....	13
4.2.1 Energía	13
4.2.2 Energía Renovable	14
4.2.3 Energía Verde.....	14
4.2.4 Energía Solar	14
4.2.5 Tipos de Conversión Directa de Energía Solar en Electricidad	15
4.2.6 Energía Fotovoltaica	15
4.2.7 Origen de los Sistemas Fotovoltaicos	16
4.2.8 Radiación Solar	16
4.2.9 Insolación.....	18
4.3 Fundamentos Teóricos sobre el Alumbrado Público	19
4.3.1 Alumbrado Público.....	19
4.3.2 Deslumbramiento	19
4.3.3 Flujo Luminoso	19
4.3.4 Eficacia Luminosa	19
4.3.5 Intensidad Luminosa	19

4.3.6 Iluminancia	20
4.3.7 Luminancia	20
4.4 Fundamentos Teóricos sobre el Desarrollo de Nuevos Productos	20
4.4.1 Filosofías para el Desarrollo de Productos	20
4.4.2 Ingeniería Concurrente	21
4.4.3 Manufactura Integrada por Computadora (CIM)	22
4.5 Fundamentos Teóricos sobre la Manufactura	22
4.5.1 Procesos de Manufactura	22
4.5.2 La Cantidad de Producción	23
4.5.3 La Planeación de Procesos	23
4.5.4 Instalaciones para la Producción	24
4.5.5 Fundamentos de las Líneas de Producción	24
4.6 Operaciones de Maquinado, Máquinas y Herramientas	24
4.6.1 El Cizallado	24
4.6.2 Doblado de Tubos	25
4.6.3 Máquina Dobladora de Láminas	25
4.6.4 Esmerilado	26
4.6.5 Taladrado	26
4.6.6 Herramientas Neumáticas	27
4.6.7 Soldadura	28
4.6.7.1 Soldadura por Puntos	28
CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA MANUFACTURA	30
5.1 Definición del Producto	30
5.1.1 Definición de Postes Solares	30

5.1.2 Componentes Básicos de un Postes Solar	30
5.1.2.1 Base (Flange)	30
5.1.2.2 Manguito Protector	32
5.1.2.3 Cartelas	32
5.1.2.4 Poste Hexagonal de Acero	33
5.1.2.5 Brazo	34
5.1.2.6 Estructura de Soporte	35
5.1.2.7 Luminaria LED	35
5.1.2.8 Panel Solar	37
5.1.2.9 Regulador	39
5.1.2.10 Baterías	40
5.1.2.11 Armario de Control	41
5.1.3 Diseño del Prototipo	41
5.1.3.1 Ubicación del Prototipo	41
5.1.3.2 Selección de Equipos a Utilizar	42
5.1.3.3 Diseño Asistido por Computadora	42
5.2 Integración Diseño-Manufactura	42
5.3 Alternativa de Producción	43
5.4 Análisis de la Alternativa Hacer vs. Comprar	44
5.5 Instalaciones para la Producción	45
5.6 Planeación Sistemática de la Distribución en Planta (SPL)	45
5.6.1 Análisis Producto-Cantidad	45
5.6.1 Flujo de Materiales	46
5.6.1 Generación del Layout	47
5.7 Adquisición de Equipos y Maquinaria	49

5.8 Operaciones de Ensamble	49
5.9 Congruencia Estratégica en la Cadena de Suministros	49
5.9.1 Entendimiento del Cliente	50
5.9.2 Congruencia Estratégica	50
5.9.3 Estrategia de Cadena de Suministro	50
5.10 Plan de Producción	52
5.11 Simulación de la Producción	52
 CAPÍTULO VI:ANÁLISIS ESTRATÉGICO	53
6.1 Identificación de la Necesidad	53
6.2 Recolección de la Información	54
6.3 Factores Diferenciales y Ventajas Competitivas	55
6.4 Oferta y Demanda	56
6.4.1 Investigación de Antecedentes	56
6.4.2 Primer Escenario: Optimista	57
6.4.3 Segundo Escenario: Conservador	58
6.4.4 Tercer Escenario: Pesimista	58
6.5 La Organización	59
6.5.1 Cambio de la Visión y Cultura Corporativa	59
6.5.2 Comercialización del Producto	59
 CAPÍTULO VII: ANÁLISIS ECONÓMICO	61
7.1 Calculo de la Tasa de Inflación	61
7.2 Estructura de Costos.....	61
7.2.1 Inversión Inicial	62

7.2.2 Costos de Operación	63
7.3 Cálculo de Ingresos	63
7.4 Estado de Ganancias y Pérdidas	63
7.5 Flujo de Caja	64
7.6 Cálculo de la Tasa de Rendimiento Atractiva Mínima para el Inversionista	64
7.7 Determinación de los Indicadores de Rentabilidad del Proyecto	65
7.8 Período de Recuperación de Capital	66
7.9 Análisis de Riesgo	66
7.9.1 Escenario Optimista	66
7.9.2 Escenario Pesimista	67
 CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
8.1 Conclusiones	69
8.2 Recomendaciones	69
 BIBLIOGRAFÍA	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Ubicación del Galpón Principal de Grupo Vemacero C.A., dentro de la Zona Industrial de Barquisimeto	5
Figura 2: Organigrama de Grupo Vemacero.....	7
Figura 3: Metodología del Estudio Técnico	11
Figura 4: Metodología del Estudio Económico..	12
Figura 5: Imagen de la Plataforma Solar de Almería en España.....	15
Figura 6: Dobladora electromecánica de tubos “Curvac” modelo 2000.....	25
Figura 7: Dobladora mecánica para lamina de cortina “Curvac” Eagle 15 toneladas	25
Figura 8: Trabajador realizando esmerilado	26
Figura 9: Taladro de Banco marca Wilton..	27
Figura 10: Herramientas Neumáticas.....	27
Figura 11: Máquina para Soldadura por Puntos...	29
Figura 12: Detalle de la Base del Poste Hexagonal.	31
Figura 13: Detalle (en cm) del Anclaje del Poste Hexagonal para la Iluminación Pública..	31
Figura 14: Detalle de las Dimensiones (en cm) del Manguito Protector.	32
Figura 15: Detalle de las Dimensiones (en cm) de las Cartelas	32
Figura 16: Detalle de la Sección del Poste Hexagonal de Acero	33
Figura 17: Látigo Simple (izquierda) y Látigo Doble (derecha) para el Poste Solar. ..	34
Figura 18: Estructura de Soporte del Panel Solar	35

Figura 19: Luminaria LED para la Iluminación Pública	36
Figura 20: Distribución de Luz en el Plano.....	37
Figura 21: Imagen de Panel Solar a Utilizar.	38
Figura 22: Regulador de Tensión.....	40
Figura 23: Baterías de Ciclo Profundo de 6 Voltios 210 Ah Marca Trojan	40
Figura 24: Flujograma para la Producción de los Postes Solares.....	44
Figura 25: Diagrama Producto-Cantidad para los Próximos 5 años	45
Figura 26: % de Utilidad Generada por Negocio.....	46
Figura 27: Plano de la Empresa por Secciones.	47
Figura 28: Flujo de Materiales para la Tubería Ornamental de Acero.....	47
Figura 29: Nuevo flujo de Materiales para la Tubería Ornamental de Acero y para los Postes Solares	48
Figura 30: Diagrama de Ensamble de los Postes Solares	49
Figura 31. Diagrama de Pareto para la Identificación de Problemas y Necesidades	54
Figura 32. Gráfica de Crecimiento Interanual en un Escenario Optimista	57
Figura 33. Gráfica de Crecimiento Interanual en un Escenario Normal.....	58
Figura 34. Gráfica de Crecimiento Interanual en un Escenario Pesimista	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Conicidad respecto a la altura del poste hexagonal	33
Tabla 2: Dimensiones de los látigos sencillos y dobles	34
Tabla 3: Especificaciones técnicas de panel solar a utilizar.....	38
Tabla 4: Especificaciones de las baterías de ciclo profundo marca Trojan de 6 V 210Ah.....	41
Tabla 5. Evaluación de puntos ponderados para la aplicación de la Ingeniería Concurrente	42
Tabla 6. Evaluación de puntos ponderados para la aplicación de la Manufactura Integrada por Computadora	42
Tabla 7: Clasificación de Componentes.....	45
Tabla 8: Datos sobre unidades producidas por año en un escenario optimista.	57
Tabla 9: Datos sobre unidades producidas por año en un escenario conservador...	58
Tabla 10: Datos sobre unidades producidas por año en un escenario pesimista	58
Tabla 11: Inflación Anual.	61
Tabla 12: Estimación de la Inversión Inicial.	62
Tabla 13: Depreciación de los activos	62
Tabla 14: Costos Fijos de Operación	63
Tabla 15: Ingreso Anual por Ventas	63
Tabla 16: Estado de Resultados	64
Tabla 17: Flujo de Caja.....	64

Tabla 18: Cálculo del TRAM	65
Tabla 19: Cálculo del VPN y el TIR	65
Tabla 20: Flujo Efectivo con Período de Recuperación de Capital	66
Tabla 21: Estado de Resultado para escenario optimista	67
Tabla 22: Cálculo del VPN y el TIR para el Escenario Optimista	67
Tabla 23: Estado de Resultados para escenario Pesimista.....	67
Tabla 24: Cálculo del VPN y el TIR para escenario Pesimista	68

SINOPSIS

Capítulo I: Presentación de la Empresa.

Se realiza una breve descripción de la empresa y se identifica su estructura organizacional

Capítulo II: Descripción del Estudio.

Este capítulo constituye la presentación general del tópico que se está abordando y en él se incluye: el problema que se investigó, antecedentes del problema, la motivación que dio pie para la elaboración del trabajo, objetivos, limitaciones y alcances.

Capítulo III: Marco Metodológico

Se indica la metodología a seguir, estableciendo una estrecha relación entre los objetivos deseados, la información requerida, la fuente de obtención y las herramientas utilizadas para cada fase del proyecto.

Capítulo IV: Fundamentos Teóricos

En los Fundamentos Teóricos se desarrolla un grupo de conceptos y teorías que se utilizaron para formular y desarrollar el TEG. Esto se refiere a las ideas básicas que forman la base para los argumentos que se usa dentro de la estructura predefinida.

Capítulo V: Análisis de Manufactura

En el análisis de manufactura se define con detalle el producto y los componentes que lo conforman,

También abarca toda la planificación de los procesos involucrados en la manufactura de los postes solares, con el objetivo de diseñar un sistema de producción económico y mantener una calidad que supere las expectativas de los clientes. Se consideraron las operaciones de procesamiento y ensamble para los

postes solares bajo un enfoque que integra la ingeniería de diseño y manufactura. Así mismo, se expondrá la distribución de la planta, la cadena de suministro y el plan de producción.

Capítulo VI: Análisis Estratégico

En éste capítulo se deja claramente definido el desarrollo del producto, ya que se identifica la necesidad del mismo, se explica alguna de la información recolectada cuales son los factores diferenciadores y las ventajas competitivas.

Asimismo, se presenta la estimación para la oferta y demanda, finalmente la visión, misión y estructura de la organización.

Capítulo VII: Análisis Económico

Por ultimo en el análisis económico se analizan todos los factores económicos y financieros propios al proyecto, tales como los costos de los equipos y del proceso en si, los ingresos por ventas, las inversiones necesarias, entre otros, para así poder calcular la factibilidad económica del proyecto con un horizonte de planificación de 5 años.

Capítulo VIII: Conclusiones y Recomendaciones

En este capítulo se da fin al trabajo especial de grado, mencionando los resultados obtenidos y las recomendaciones que hacemos para futuras investigaciones.

CAPITULO I

1. Presentación de la Empresa

1.1 Descripción de la Empresa

Grupo Vemacero C.A., es una empresa de capital privado cuyas principales actividades son:

- Distribuir tuberías de acero fabricadas bajo las normas ASTM, API, AWWA.
- Distribución de conexiones para soldar ASTM A234 WPB.
- Fabricación de tubería ornamental de sección circular y cuadrada.
- Construcción de estructuras de aceros, garitas de seguridad, puertas blindadas, instalaciones industriales, acueductos.
- Transporte de carga pesada.
- Alquiler de maquinaria para construcción.

1.2 Reseña Histórica

Grupo Vemacero C.A., es una empresa de capital nacional que se concibió desde sus inicios como una empresa productora de tubería ornamental y comercializadora de tubería de acero y conexiones para soldar para la industria petrolera, empresas constructoras, y otras empresas.

En el año 1990 la empresa comienza a dedicarse a diversos proyectos de construcción de obras civiles. Entre las obras de mayor demanda para la empresa están la construcción de estructuras de seguridad para los bancos. En el año 1992, Grupo Vemacero C.A. empieza a dedicarse a trabajos de herrería, la construcción de estructuras de acero, garitas de seguridad, puertas blindadas e instalaciones industriales y acueductos. Ya para mediados del año 2002, la empresa se dedica también al transporte y alquiler de carga pesada, principalmente tubería de acero, dado a la adquisición de una flota de transporte pesado y grúas de construcción.

1.3 Misión

“Satisfacer las necesidades de tuberías, válvulas, conexiones y servicios complementarios, así como la realización de proyectos y obras de estructura metálicas, brindándoles a los clientes la mejor atención, el mejor precio y el menor tiempo de entrega.”

1.4 Visión

“Prestar el mejor servicio en la comercialización de tuberías, válvulas, conexiones de acero y servicios en el mercado nacional.”

1.5 Objetivos Principales

- Seleccionar y distribuir materia prima de reconocido prestigio nacional, basándose en un riguroso control de calidad durante los procesos de fabricación que coinciden con la óptima calidad de la tubería.
- Promover una sólida empresa de comercialización y servicios en la industria petrolera, constructora y ferretería en general, para la creciente demanda regional y nacional.
- Aumentar el desarrollo financiero y mejorar las infraestructuras del sector competitivo, con servicios especializados y de óptima calidad para el crecimiento de la economía del país.
- Incrementar las exportaciones de nuestros productos, así como la rentabilidad y participación del mercado.
- Proveer productos y servicios que permitan contribuir al desarrollo de una economía más competitiva y donde se logre satisfacer cada vez mejor las exigencias del cliente.
- Crear valor para los clientes a través de la red de negocios, aprovechando el conocimiento sobre la industria, experiencia en ofrecer servicios, penetración y acceso a las tecnologías emergentes.

- Ayudar a los clientes a identificar nuevos mercados, aumentar los ingresos en los mercados existentes y entregar sus productos y servicios en forma más efectiva y eficiente.

1.6 Ubicación de la Empresa

Grupo Vemacero C.A., está situada en la Zona Industrial II, Carrera 2 entre Calle 2 y 4, galpón 10 (Módulo E), Barquisimeto, Estado Lara.

La junta de accionistas decidió instalar la planta y la oficina principal en la ciudad de Barquisimeto dado a que es una zona estratégica por encontrarse equidistante de los grandes mercados consumidores de tuberías de aceros.

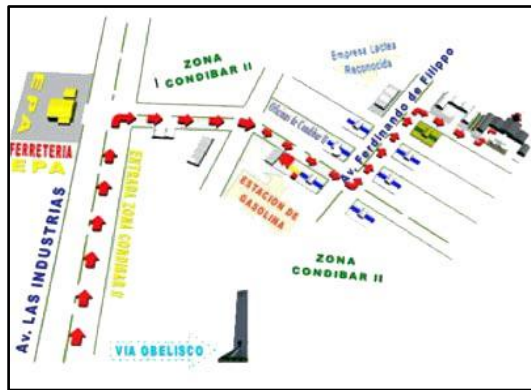


Figura 1: Mapa de ubicación del galpón principal de Grupo Vemacero C.A., dentro de la zona industrial de Barquisimeto. Fuente: Elaboración Propia.

1.7 Descripción del Negocio

Grupo Vemacero C.A., desarrolla diversos procesos productivos como son:

- Compra y venta de tuberías, perfiles y accesorios de acero a nivel nacional, elaborados con acero de la más alta calidad bajo las normas ASTM, API, AWWA, A234 WPB. Estos materiales son adquiridos en diversas empresas a nivel nacional e internacional.
- Fabricación y comercialización de tubería ornamental, proceso llevado a cabo en las instalaciones de la empresa, el cual consiste en labra y pulir los

tubos de sección circular y cuadrada en tornos, con el propósito de generar una pieza decorativa para rejas, barandas, pasamanos, entre otros.

- Ejecución de todo tipo de proyectos de obras civiles. La empresa se destaca en la fabricación de estructuras de hierro apernadas y todos los componentes metálicos así como de herrería, tales como: soportes, rejas, techos colgantes, bóvedas y planchas, garitas de seguridad bancaria.
- Transporte de carga pesada, especialmente tubería pesada. La compañía ha decidido adquirir flota de camiones de transporte para dar servicios a sus clientes y también para ofrecer servicio de transporte de materiales pesados a otras empresas.

1.8 Estructura Organizativa

Grupo Vemacero C.A. es una empresa que cuenta con una asamblea de accionistas, una dirección y cuatros departamentos, como se muestra en la siguiente figura:

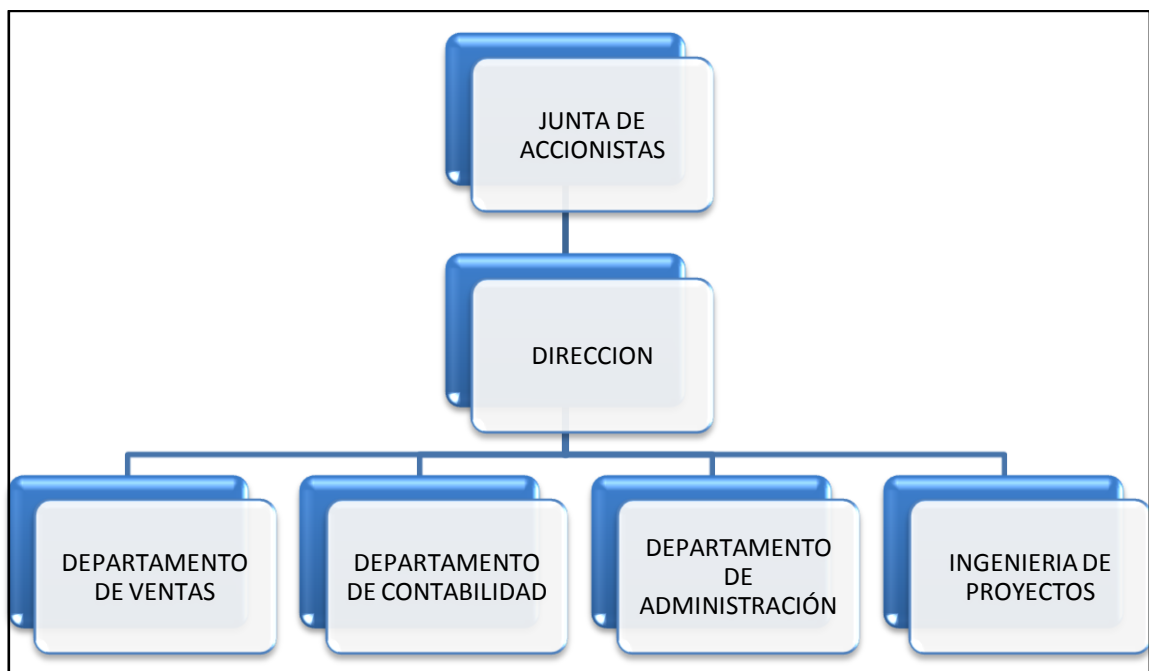


Figura 2: Organigrama de Grupo Vemacero C.A. Fuente: Departamento de administración de Grupo Vemacero C.A.

Posee una fuerza laboral de 20 trabajadores operando en un turno de (8) horas diarias de lunes a viernes (de 7:00am – 3:00pm), durante todo el año.

CAPITULO II

2. Descripción del Estudio

2.1 Motivaciones

En los últimos años, la demanda del servicio eléctrico se ha incrementado en Venezuela, debido al crecimiento de la población y por ende la actividad económica, dicho crecimiento ha traído como consecuencia problemas estructurales en el sector eléctrico aumentando cada día las pérdidas no técnicas, caso que en gran medida merma los ingresos causando una desmejora en el desempeño operacional y financiero del sector. El resultado ha sido un elevado costo económico para el gobierno y los consumidores, y una gran decadencia en la calidad del servicio. Uno de los mayores factores que incide en el consumo eléctrico de los países es el destinado a la iluminación pública de las calles y carreteras, es por esto que en las últimas décadas frente a las deficiencias del sector eléctrico del país, los altos costos que los municipios y alcaldías incurren en el pago de este servicio, y dado al aumento del consumo, la iluminación pública que es uno de los servicios más importantes se ha visto afectada.

La motivación del presente trabajo es el desarrollo de un nuevo concepto de poste de iluminación pública basado en el aprovechamiento de la energía solar mirando hacia la búsqueda de conseguir comercializar un producto que consiga soluciones a esta problemática.

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo General

Evaluar un estudio de factibilidad técnico-económico para la creación de una unidad de negocios dedicada a la fabricación, instalación y adecuación de postes de iluminación para el alumbrado público basados en el aprovechamiento de la energía solar para una empresa distribuidora de materiales de acero.

2.2.2 Objetivos Específicos

- *Realizar un estudio estratégico que contemple:*
 - Definición de la unidad estratégica del negocio.
- *Realizar un estudio de mercado basado en:*
 - Estructura del mercado actual (análisis de la oferta y demanda de los postes solares).
 - Mercado objetivo al cual se le está apuntando.
 - Estudio de comercialización.
- *Hacer el estudio técnico que permita:*
 - Definir la estructura del negocio.
 - Diseñar el producto haciendo uso de herramientas de dibujo asistida por computadora e ingeniería asistida por computadora.
 - Definir el tamaño del proyecto.
 - Determinar los requerimientos de recursos humanos, equipos, espacios e instalaciones necesarias para llevar a cabo el negocio.
- *Factibilidad de Producción en Masa:*
 - Reorganización de la planta para la ubicación de la nueva línea de producción.
 - Cadenas de Suministros.
 - Equipamiento Requerido.
 - Capacidad de Producción Instalada requerida.
 - Proyecciones para la producción.
- *Desarrollar un estudio económico-financiero, que contemple:*
 - Analizar y proyectar los índices macroeconómicos.
 - Determinar la estructura de costos.
 - Determinar los ingresos proyectados.
 - Estimar la inversión inicial.
 - Proyectar los estados financieros.
 - Determinar el valor presente neto (VPN) para el proyecto, tasa interna de retorno (TIR), tomando en cuenta un análisis de diversos escenarios.

- Determinar el periodo de recuperación de la inversión.

2.3 Limitaciones

- El estudio de mercado se limita a nuestros potenciales consumidores del país.
- La realización del presente proyecto no implica su implantación.
- Parte de la información que se requiere, es suministrado por importantes empresas del sector eléctrico y la corporación eléctrica nacional.
- El trabajo especial de grado tendrá una duración de aproximadamente cuatro meses.

2.4 Alcances

- El estudio solo abarca la ingeniería conceptual e ingeniería básica de la planta, esto quiere decir que la realización del proyecto no implica su implantación pues prolongaría la culminación del Trabajo Especial de Grado.
- El análisis financiero se proyectará a cinco años.
- El trabajo especial de grado se limita al cumplimiento de los objetivos generales y específicos.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

En este capítulo se busca describir la metodología empleada en el estudio de factibilidad técnico económico que busca desarrollar el nuevo concepto de postes solares en el área de manufactura y diseño.

3.1 Estudio Técnico

En la figura 3, se describe la metodología que se sigue durante el estudio técnico para la producción en masa de postes de iluminación pública solares.

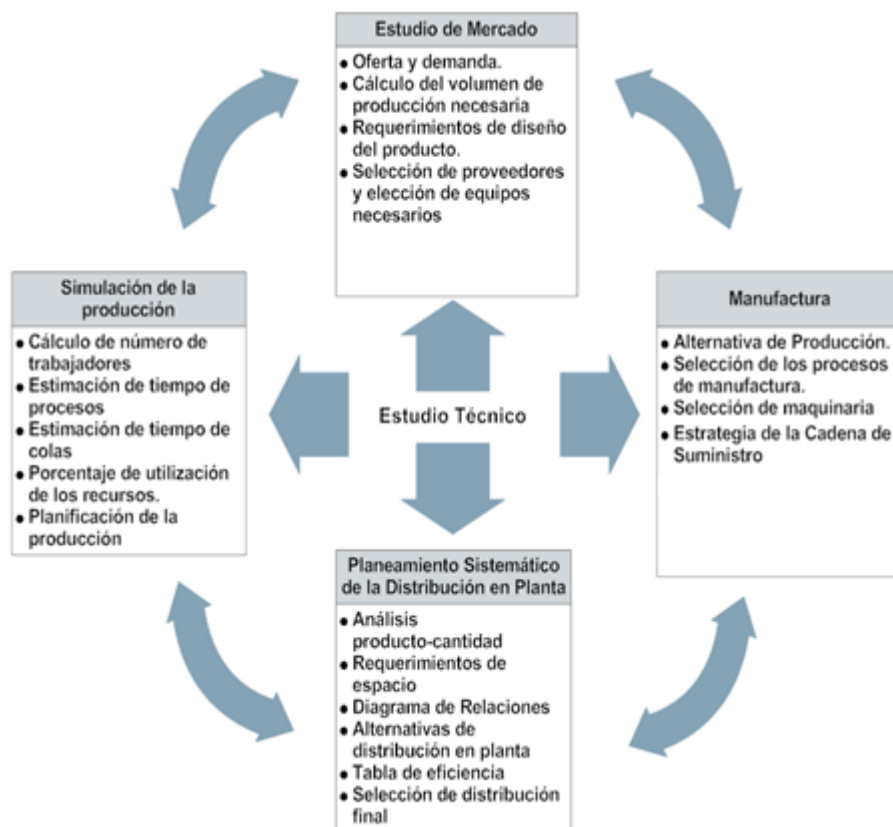


Figura 3: Metodología del estudio técnico. Fuente: Elaboración propia

En el **Anexo I**, se describe todos los pasos usados para la realización del estudio técnico.

3.2 Estudio Económico

A continuación se describe la metodología empleada en el cálculo del precio de venta en fábrica de los postes de iluminación pública con tecnología para el aprovechamiento de la energía solar:

En el **Anexo II**, se describe todos los pasos usados para la realización del estudio económico.

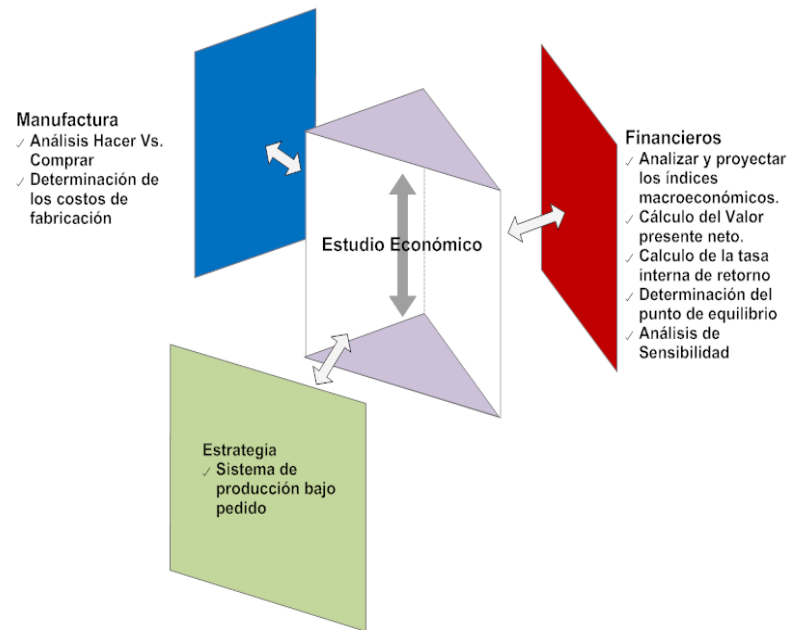


Figura 4: Metodología del estudio económico. Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

4.1 Fundamentos Teóricos Organizativos

4.1.1 Definición de Unidad Estratégica de Negocio (UEN)

Una unidad estratégica de negocios (UEN), es una unidad operativa, que agrupa productos o servicios diferenciados, vendidos a un conjunto definido de clientes y que al mismo tiempo enfrenta un grupo determinado de competidores.

A través de las UEN, se busca dividir los negocios de las empresas en unidades autónomas que pueden ser dirigidas desde un poder central como entidades de negocios aisladas y capaces de generar su propia rentabilidad.

Para saber más sobre UEN, y las ventajas organizativas que brinda a la empresa, ver **ANEXO N°III**.

4.2 Fundamentos Teóricos sobre Energía Solar

4.2.1 Energía

La palabra energía proviene del idioma griego. Está compuesta por el prefijo "en" que significa dentro y "ergón" que traduce acción y trabajo. Según los científicos, la energía es la capacidad que tienen los cuerpos de realizar trabajos, fuerzas, movimientos.

4.2.2 Energía Renovable

La energía renovable es aquella que se obtiene de fuentes naturales inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Las fuentes renovables de energía pueden dividirse en dos categorías: no contaminantes o limpias y contaminantes. Entre las primeras:

- El Sol: energía solar.
- El viento: energía eólica.
- Los ríos y corrientes de agua dulce: energía hidráulica.
- Los mares y océanos: energía mareomotriz.
- El calor de la Tierra: energía geotérmica.
- Las olas: energía undimotriz.
- La llegada de masas de agua dulce a masas de agua salada: energía azul.

4.2.3 Energía Verde

Energía verde es un término que describe la energía generada a partir de fuentes de energía primaria respetuosas del medio ambiente. Las energías verdes son energías renovables que no contaminan, es decir, cuyo modo de obtención o uso no emite subproductos que puedan incidir negativamente en el medio ambiente.¹

4.2.4 Energía Solar

La energía solar es la energía que se obtiene del Sol. La radiación solar incidente en la Tierra puede aprovecharse, por su capacidad para calentar o a través de la utilización de la radiación en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es un tipo de energía renovable y que no contamina, lo que se conoce como energía verde.

4.2.5 Tipos de Conversión de la Energía Solar en Electricidad

¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_verde

El hombre puede transformar la energía solar en energía térmica o eléctrica. En el primer caso la energía solar es aprovechada para elevar la temperatura de un fluido, como por ejemplo el agua. Y en el segundo caso la energía luminosa del sol es transportada por sus fotones de luz, incide sobre la superficie de un material semiconductor, ejemplo: el silicio que forma las células fotovoltaicas, fabricadas para que mediante de estas los colectores solares capten la energía y puedan almacenarla en los acumuladores, produciendo el movimiento de ciertos electrones que componen la estructura atómica de la materia.²



Figura 5: Imagen de Plataforma Solar de Almería en España. Fuente: Elaboración propia.

4.2.6 Energía Fotovoltaica

Los sistemas de energía fotovoltaica permiten la transformación de la luz solar en energía eléctrica, es decir, la conversión de una partícula luminosa con energía (fotón) en una energía electromotriz (voltaica).³

El elemento principal de un sistema de energía fotovoltaica es la célula fotoeléctrica, un dispositivo construido de silicio (extraído de la arena común).

4.2.7 Origen de los Sistemas Fotovoltaicos

Una gran esperanza se ha puesto en el desarrollo de celdas solares de bajo costo, para resolver muchos de los inconvenientes energéticos de nuestra sociedad moderna, aún cuando hace menos de 40 años que se logra la primera aplicación práctica del efecto fotovoltaico y su estudio teórico solo se remonta hasta comienzos de siglo.

² <http://washingtonst.conevyt.org.mx/actividades/energia/Solar.html>

³ <http://www.scribd.com/doc/8091823/Energia-Solar>

Al finalizar el siglo IX, el fenómeno de la producción de una corriente a partir de la luz del sol fue observado con detenimiento, pero solamente a comienzos del siglo XX, Albert Einstein fue capaz de dar una explicación convincente del hecho, lo que le valió el premio Nobel en física.

Einstein se apoyó en los niveles energéticos existentes dentro de los átomos, introduciendo el concepto que describe a la luz, como un grupo de partículas cargadas energéticamente.

La carrera espacial desarrollada en la década de los 50, impulsó la optimización en el diseño y la eficiencia de los equipos solares, ya que su uso en los satélites fue masivo y avalado por muchos resultados.

El uso generalizado de los sistemas fotovoltaicos, tiene algunas barreras principales, como, el desconocimiento real de la aplicabilidad, seguridad y confiabilidad del servicio, la alta inversión inicial requerida y la resistencia al cambio que se manifiesta dentro de la incursión en cualquier nueva tecnología.

4.2.8 Radiación Solar

Se conoce por radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. El Sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía siguiendo la ley de Planck a una temperatura de unos 6000 K. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono.

La incidencia total de la radiación solar sobre la atmósfera es de aproximadamente 1390 W/m^2 , llamada constante solar, aunque una gran parte de la misma es devuelta al espacio por dispersión y otra porción es absorbida selectivamente por los diversos gases atmosféricos. De esta manera, debido al

tránsito vertical, el valor efectivo que alcanza la superficie terrestre es de 1000 W/m^2 .⁴

La turbidez atmosférica, el efecto dispersor del polvo y la presencia de gotas de agua, son parámetros muy difíciles de determinar y posee un gran efecto sobre la cantidad de luz solar directa.

Los constituyentes del espectro solar tienen gran influencia en la actuación de los sistemas fotovoltaicos, ya que cada tipo de espectro contiene niveles energéticos diferentes. Puede asumirse que la constitución promedio de la luz solar que alcanza la tierra, es la siguiente: 51% infrarrojo, 40% visible y 9% ultravioleta.⁵

Otro factor que debe tomarse en cuenta es la posición relativa del sol, con respecto a nuestra localización, ya que este dato proporcionará la información acerca de la longitud que deberá atravesar la luz antes de llegar a nuestra posición, además del ángulo de llegada de la misma.

El objetivo del cálculo de los datos de radiación solar, es la de predecir la potencia solar utilizable en un lugar determinado, a partir del conocimiento de su latitud y longitud, aceptando que la cantidad de variable involucradas dificultan su uso industrial, a menos que se establezca una forma eficaz de almacenamiento energético.

En el **ANEXO N°IV**, puede observarse una figura donde describe la incidencia de la luz solar en la Tierra.

4.2.9 Insolación

⁴ La energía Solar, Wilson, J.I.B. Pag 13

⁵ La energía Solar. Wilson, J.I.B Pag 14

La Insolación es la cantidad de energía en forma de radiación solar que llega a un lugar de la Tierra en un día concreto (insolación diurna) o en un año (insolación anual).⁶

Puede calcularse asumiendo que no hay atmósfera o que se mide en la parte alta de la atmósfera y se denomina insolación diurna o anual no atenuada o que se mide en la superficie de la Tierra para lo cual hay que tener presente la atmósfera y que en este caso se denomina atenuada siendo su cálculo mucho más complejo.⁷

Para observar los datos de insolación en las principales ciudades de nuestro país, ver **ANEXO N°V**.

4.3 Fundamento teórico sobre alumbrado público

4.3.1 Alumbrado Público

Sistema de iluminación de lugares o zonas públicas, con tránsito vehicular y peatonal, normalmente en exteriores, que proporciona una visión confortable durante la noche o en zonas oscuras.

4.3.2 Deslumbramiento

Condición de visión en la cual existe incomodidad o disminución en la capacidad para distinguir objetos, debido a una inadecuada distribución o escalamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo.

4.3.3 Flujo Luminoso

⁶ <http://es.wikipedia.org/wiki/Insolaci%C3%B3n>

⁷ <http://es.wikipedia.org/wiki/Insolaci%C3%B3n>

Es la cantidad total de luz que emite una fuente luminosa en todas las direcciones. Su unidad es el lumen (lm).

4.3.4 Eficacia Luminosa

Es la cantidad de flujo luminoso que es capaz de generar 1 Watt de potencia de una fuente luminosa. Las unidades son lm/W.

4.3.5 Intensidad Luminosa

Es la cantidad de luz emitida en una sola dirección. Sus unidades son candelas (cd).

4.3.6 Iluminancia

Es la cantidad de luz que incide sobre una superficie a una distancia dada. Es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área (lm/m²). La unidad de medida es el lux (lx).

4.3.7 Luminancia

La luminancia en un punto de una superficie y en una dirección dada, se define como la intensidad luminosa de un elemento de esa superficie, dividida por el área de la proyección ortogonal de ese elemento sobre un plano perpendicular a la dirección considerada. Expresa el efecto de luminosidad que una superficie produce en el ojo humano. La unidad de medida es la candela por metro cuadrado (cd/m²).

4.4 Fundamento Teórico sobre Desarrollo de Nuevos Productos

4.4.1 Filosofías para el Desarrollo de Productos

El desarrollo de nuevos productos es una actividad esencial para la supervivencia y aometividad de la empresa. Hoy en día se encuentran una gran variedad de estrategias de mejora de proceso de desarrollo de nuevos productos, las cuales, en su gran mayoría, se centran en potenciar el papel de diseño y disminuir de la duración del ciclo del desarrollo del producto, mejorando así la flexibilidad de la empresa para adaptarse a las diferentes necesidades del mercado.

El ciclo de desarrollo de un producto, es un proceso secuencial, en el cual se determinan ciertas necesidades a través de las actividades de investigación y análisis de mercados. Estas técnicas dan a conocer el rango de precios y las prestaciones esperadas por los potenciales consumidores del nuevo producto. Esta información se transforma en una serie de especificaciones, que permiten a los departamentos de Diseño, definir las características (materiales, formas, geometrías, etc.) de los nuevos productos. Una vez elaborada toda la documentación (planos, lista de materiales, memorias descriptivas, pliegos de condiciones, etc.) que define al nuevo producto, ésta se distribuye a los otros departamentos de la empresa (Fabricación, Ventas, etc.) con el fin, de poner en el más breve plazo posible el nuevo producto en manos del consumidor.

Durante la fase de diseño, se incluyen todos los requisitos funcionales, estructurales y técnicos propios de todo el ciclo de vida del producto. Hay que tomar en cuenta, que la necesidad de un lanzamiento temprano del producto, hace necesario atacar las causas que provocan retrasos en el proceso de desarrollo; es decir, al hacer un lanzamiento temprano del producto, existe una disminución del tiempo permitido para corregir los errores de diseño y para hacer mejoras que aumenten la calidad o disminuyan el costo, por lo cual se hace necesario dejar a un lado la filosofía de “rehacer hasta que salga bien” por la de “hacer las cosas bien a la primera”.

4.4.2 Ingeniería Concurrente (IC)

La ingeniería concurrente, también llamada por muchos autores ingeniería simultánea, es un fenómeno que aparece a principios de la década de los ochenta

en el Japón y que llega a Europa a través de América, fundamentalmente Estados Unidos, a finales de esa misma década.⁸

El objetivo de una empresa industrial es, en pocas palabras:

"Diseñar productos funcionales y estéticamente agradables en un plazo de lanzamiento lo más corto posible, con el mínimo coste, con el objetivo de mejorar la calidad de vida del usuario final".

Para tener más información sobre la ingeniería concurrente ir al **ANEXO N°VI**.

4.4.3 Manufactura Integrada por Computadora (CIM)

La manufactura integrada por computadora (CIM), puede definirse como: "una filosofía de gestión en la que las funciones de diseño y fabricación se racionalizan, coordinan mediante las tecnologías forma más eficaz y eficiente al logro de los objetivos de la firma. Informática, de comunicación y de información".⁹

Otra definición afirma que se trata de un sistema complejo, de múltiples capas de diseñado con el propósito de minimizar los gasto y crear riquezas en todos los aspectos. También se menciona que tiene que ver con proporcionar asistencia computarizada, automatizar, controlar y elevar el nivel de integración en todos los niveles de la manufactura.¹⁰ Para tener más información sobre esta filosofía ver los **ANEXO N°VII**.

4.5 Fundamentos Teóricos de Manufactura

4.5.1 Procesos de Manufactura

Los procesos de manufacturas son todas aquellas actividades que convierten materia prima en productos. Incluyen el diseño del producto, la selección de materia prima y la secuencia de procesos a través de los cuales será manufacturado

⁸ **Domínguez, M.** , Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales – UNED - Madrid

⁹ <http://html.rincondelvago.com/sistemas-de-produccion-flexibles.html>

¹⁰ <http://ssf-manu.blogspot.com/>

el producto. Éstos deben responder a varias exigencias tales como, requerimientos del diseño, especificaciones y estándares del producto, métodos de producción, calidad, flexibilidad y productividad.

4.5.2 La Cantidad de Producción

La cantidad de producción es el número de unidades producidas anualmente, de un sólo tipo, que influyen significativamente sobre la forma en que la fabrica organiza a su personal, sus instalaciones y procedimientos. Las cantidades anuales de producción se califican en tres categorías.

1. *Baja producción*, comprometida en un rango de 1 a 100 unidades por año.
2. *Producción media*, en el intervalo de 100 a 10.000 unidades por año.
3. *Alta producción*, abarca de 10.000 a varios millones de unidades anuales.

4.5.3 La Planeación de Procesos

La planeación de procesos (**PP**) consiste en decidir cuál es la secuencia óptima de operaciones a seguir para manufacturar una pieza; lo cual representa un proceso complejo que requiere de una gran variedad de conocimientos de diseño y manufactura. La utilización de sistemas computarizados es fundamental para la automatización de las tareas de manufactura, ya que permiten a las empresas mejorar la productividad y calidad de los productos terminados.

Es considerada como la parte medular del diseño e implementación de los Sistemas de Manufactura (**SM**), ya que implica la generación de un plan preliminar y detallado de los procesos y operaciones asociado con la transformación de materias primas.

La transformación de materias primas y la obtención de productos manufacturados requieren del estudio y análisis de actividades tales como:

operaciones de manufactura, selección y distribución de maquinaria, herramientas, manejo de materiales, tiempos y movimientos, control y sincronización de procesos entre otras. Todas estas actividades son desarrolladas en la planeación de procesos.

4.5.4 Instalaciones para la Producción

Una empresa manufacturera debe tener sistemas que le permitan lograr eficientemente el tipo de producción que realiza. Los sistemas de producción consisten en mano de obra, equipos y procedimientos diseñados para combinar los materiales y procesos que constituyen sus operaciones de manufactura.

4.5.5 Fundamentos de las Líneas de Producción

Una línea de producción está formada por una serie de estaciones ordenadas de trabajo para que los productos pasen de una estación a otra y en que en cada una de ellas se realice una parte específica del trabajo total. El traslado del producto a lo largo de la línea usualmente se realiza mediante un dispositivo mecánico o sistema de transporte, o por métodos manuales.

Los métodos manuales implican pasar las unidades de trabajo entre las estaciones de forma manual. En algunos casos, el producto de cada estación se recopila en una caja de carga, la cual cuando está llena, se pasa a la siguiente estación. Cuando se termina una tarea en cada estación, el trabajador simplemente empuja la unidad a la siguiente estación. En general, se permite un espacio para recolectar una o más unidades entre las estaciones, con el fin de suavizar el requerimiento de que todos los trabajadores ejecuten sus respectivas tareas en forma sincronizada.

4.6 Operaciones de Maquinado y Máquinas y Herramientas

4.6.1 El Cizallado

Es un proceso de corte para láminas y placas, produce cortes sin que haya virutas, calor ni reacciones químicas. El proceso es limpio rápido y exacto, pero está

limitado al espesor que pueda cortar la máquina y por la dureza y densidad del material. El cizallado suele ser en frío en especial con materiales delgados.

4.6.2 Doblado de tubos

El doblado de tubos requiere de herramientas especiales para evitar flexiones o aplastamientos y dobletes. Para cada operación se usan determinados mandriles internos flexibles que abrazan el tubo antes de ser doblado para que soporten las paredes y evitar así el aplastamiento del tubo durante el doblado.



Figura 6: Dobladora electromecánica de tubos “Curvac” modelo 2000. Fuente: <http://maquinariamacias.com/productos.php?cat=15>

4.6.3 Máquina dobladora de láminas de acero al carbón.

Este tipo de maquinas se encarga básicamente de hacer dobleces en laminas principalmente de acero. Esta tipo de maquina es hidráulica y consiste en una guillotina que aplica un esfuerzo en ambas direcciones de la lamina, provocando una deformación controlada por el operador.



Figura 7: Dobladora mecánica para lamina de cortina “Curvac” Eagle 15 toneladas. Fuente: http://www.ferremaq.com/ferremayoreo_detalle_pb2.asp?Maquina=MOD.+EAGLE+15+TONS

4.6.4 Esmerilado

El esmerilado puede ser implementado con la finalidad de cortar, devastar o pulir. Existen discos específicos para cada tarea dependiendo de cuál de estas de va a realizar.



Figura 8: Trabajador realizando un procedimiento de esmerilado. Fuente: Gerencia de Proyectos de Grupo Vemacero C.A

Un esmerilado para desbaste apropiado elimina de la superficie el material dañado o deformado, introduciendo mientras tanto solo un grado de nuevas deformaciones. El objetivo consiste en conseguir una superficie plana, con unos daños mínimos, que puedan ser eliminados fácilmente durante el pulido posterior de la pieza muestra, en el tiempo más corto posible para evitar la corrosión.

4.6.5 Taladrado

El Taladrado es uno de las operaciones más importantes y comunes de maquinado de orificios. Dicha operación se realiza en el torno mediante la cual se practica un perforado axial a la pieza que se está trabajando. El taladrado consiste básicamente en realizar una perforación en el centro de la pieza en dirección a su eje simétrico. Cabe resaltar que la operación de taladrado es tan sólo una operación de desbaste, es decir, que el acabado resultante tras el paso de la broca no será acorde a la tolerancia de fabricación exigida para la pieza.



Figura 9: Taladro de banco marca Wilton. Fuente: Gerencia de Proyectos de Grupo Vemacero C.A.

4.6.6 Herramientas Neumáticas

El funcionamiento de las herramientas neumáticas se basa en tomar aire comprimido a alta presión como fuente de energía para transformarla en trabajo mecánico. Un compresor inyecta aire a un tanque hasta llegar a una presión específica. Este tanque surte a la herramienta de aire a alta presión a través de una manguera al accionarse un gatillo en la herramienta. Al disminuir la presión de aire a un nivel crítico, el compresor se enciende de nuevo para rellenar el tanque a su presión de operación.



Figura 10: Herramientas neumáticas. Fuente: Elaboración propia.

4.6.7 Soldadura

“La soldadura es un procedimiento por el cual dos o más piezas de metal se unen por aplicación de calor, presión, o una combinación de ambos, con o sin aporte de material llamado metal de aporte, cuya temperatura de fusión es inferior

a la de las piezas que han de soldarse. La mayor parte de los procesos de soldadura se pueden separar en dos categorías: soldadura por presión, que se realiza sin la aportación de otro material mediante la aplicación de la presión suficiente y normalmente ayudada con calor, y soldadura por fusión, realizada mediante la aplicación de calor a las superficies, que se funden en la zona de contacto, con o sin aporte de otro metal. En cuanto a la utilización de metal de aporte se distingue entre soldadura ordinaria y soldadura autógena. Esta última se realiza sin añadir ningún material. La soldadura ordinaria o de aleación se lleva a cabo añadiendo un metal de aporte que se funde y adhiere a las piezas base, por lo que realmente éstas no participan por fusión en soldadura. Se distingue también entre soldadura blanda y soldadura dura, según sea la temperatura de fusión del metal de aportación empleado; la soldadura blanda utiliza metales de aportación cuyo punto de fusión es inferior a los 450 °C, y la dura metales con temperaturas superiores...

El tipo de soldadura más adecuado para unir dos piezas de metal depende de las propiedades físicas de los metales, de la utilización a la que está destinada la pieza y de las instalaciones disponibles. Los procesos de soldadura se clasifican según las fuentes de presión y calor utilizadas.”¹¹

4.6.7.1 Soldadura por Puntos

“La soldadura por punto es un método de soldadura por resistencia, útil en láminas metálicas, aplicable normalmente entre 0,5 y 3 mm de espesor, que se logra mediante el calentamiento de una pequeña zona al hacer circular una corriente eléctrica...

El principio del funcionamiento de este proceso consiste en hacer pasar una corriente eléctrica de gran intensidad a través de los metales que se van a unir. Como en la unión de los mismos la resistencia es mayor que en el resto de sus cuerpos, se generará el aumento de temperatura en la junta (efecto Joule). Aprovechando esta energía y con un poco de presión se logra la unión. La

¹¹ <http://aiu.edu/applications/DocumentLibraryManager/upload/Welding%20Process.pdf>

alimentación eléctrica pasa por un transformador en el que se reduce la tensión y se eleva considerablemente la intensidad para aumentar la temperatura.”¹²

La soldadura por resistencia es aplicable a casi todos los metales, excepto el estaño, zinc y plomo. En los procesos de soldadura por resistencia se incluyen, además de la soldadura por puntos, los de:

- Soldadura por resaltes
- Soldadura por costura
- Soldadura a tope

En la soldadura por puntos la corriente eléctrica pasa por dos electrodos con punta, debido a la resistencia del material a unir se logra el calentamiento y con la aplicación de presión sobre las piezas se genera un punto de soldadura. Las máquinas soldadoras de puntos pueden ser fijas o móviles o bien estar acopladas a un robot o brazo mecánico.



¹² http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_por_puntos

CAPITULO V

ANÁLISIS DE LA MANUFACTURA

5.1 Definición del Producto

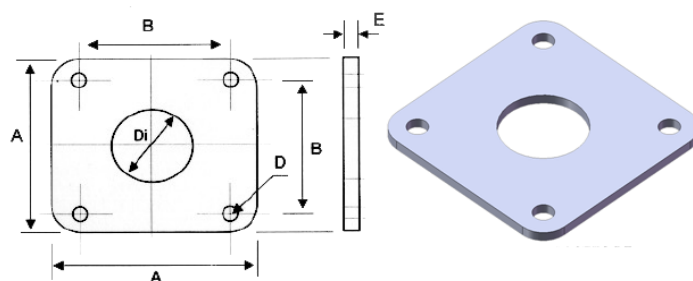
5.1.1 Definición de Postes Solares

Los postes solares, son aparatos diseñados para aportar luz artificial por medio de una lámpara o varias bombillas eléctricas al sistema de alumbrado público. Lo que diferencia estos postes de iluminación de los convencionales es que estos son energizados a través de la energía fotovoltaica y no depende de una red de distribución eléctrica. Estos postes son diseñados para el sector de los **servicios públicos** encargado de la **iluminación** de las vías públicas, parques públicos, y demás espacios de libre circulación que no se encuentren a cargo de ninguna persona natural o jurídica de derecho privado o público, diferente del **municipio**, con el objeto de proporcionar la visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades.

5.1.2 Componentes Básicos de un Poste Solar

5.1.2.1 Base (Flange)

Es una plancha de acero cuadrada, que sirve de asiento al poste para su fijación a la fundación de concreto mediante pernos y tuercas. Consta además de un orificio central que permite el pase del cableado necesario para el alumbrado. Según la norma mencionada anteriormente deberá de ser de lámina de acero al carbón como mínimo de SAE 1010 y sus dimensiones están resumidas en la siguiente figura:



A continuación se muestra como el poste ha de ir sujetado al suelo por medio del anclaje, la tuerca y su respectivo cubre tuercas:

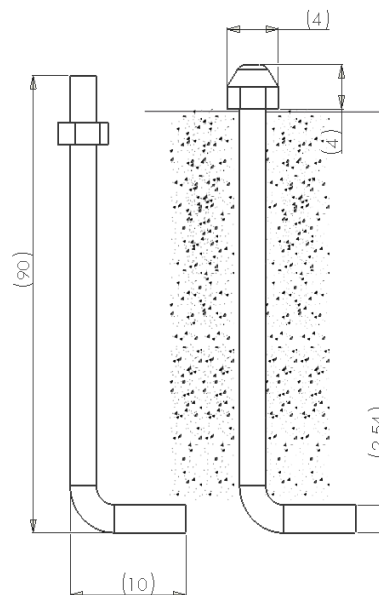
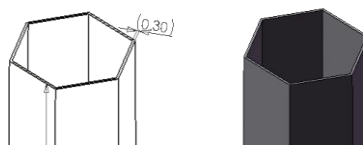


Figura 13: Detalle (en cm) del Anclaje del Poste Hexagonal para la Iluminación Pública. Fuente: Elaboración Propia.

5.1.2.2 Manguito Protector

Es una lámina de acero conformada en forma hexagonal y cónica, soldada a la parte inferior del poste y a la base. Sirve para proteger de la corrosión ambiental a esta zona del poste por considerarse crítica para la estabilidad estructural del



mismo, además sirve de refuerzo que ayudará a combatir los posibles impactos que pudieran efectuarse a lo largo de la vida útil del mismo.

5.1.2.3 Cartelas

Son láminas de acero de forma triangular que sirve de refuerzo a la base del poste y está soldada al manguito de protección y a la base.

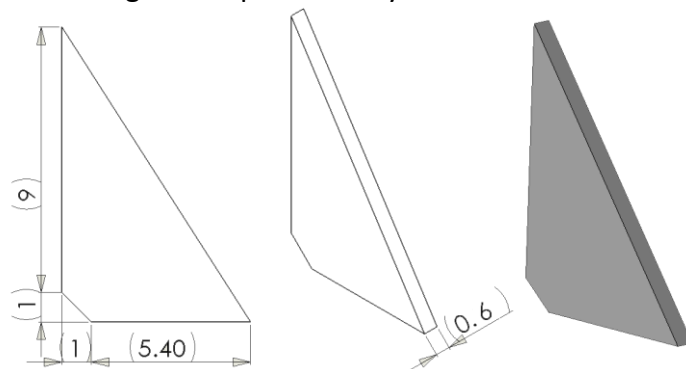


Figura 15: Detalle de las dimensiones (en cm) de las cartelas.

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.2.4 Poste Hexagonal de acero

Es un elemento estructural de sección hexagonal, tronco piramidal fijado en una base en su parte inferior. En su parte superior se conecta al brazo. El espesor es de 2,3 mm según norma. Está constituido secciones de láminas de acero dobladas en formas hexagonales y cónicas, soldadas entre sí, una base (flange), y un manguito soldado en su parte inferior. Cada 3 secciones forman la mitad del poste cortado de forma longitudinal de manera que seis secciones son necesarias para la



manufactura del mismo. A continuación se muestra una figura ilustrativa en donde se detallan las dimensiones principales de la sección.

Las dimensiones de las secciones vienen dadas según la siguiente tabla:

Altura del Poste (metros)[HP]	Conicidad (mm/m)[c]
$4 < HP < 8$	22
$HP > 8$	24

Tabla 1: Conicidad respecto a la altura del poste hexagonal. Fuente: Elaboración Propia

En donde:

$$C \left(\frac{\text{mm}}{\text{m}} \right) = \frac{L(\text{mm}) - l(\text{mm})}{h(\text{m})}$$

En donde L y l son los lados del hexágono que resulta del corte transversal de las secciones superior e inferior respectivamente, y h la distancia entre las mismas.

5.1.2.5 Brazo

Existen dos tipos de brazos usados para la iluminación pública:

Látigo Simple: utilizado comúnmente para alumbrar aceras o calles estrechas, está conformado por un tubo de acero soldado en su parte inferior al poste con la luminaria acoplada a su parte superior.

Doble Látigo: utilizado por lo general en avenidas grandes con doble sentido del tránsito vehicular, consta de dos tubos de acero soldados en su parte inferior a

la estructura hexagonal del poste con las luminarias acopladas en su parte superior.
A continuación se presenta una figura representativa:

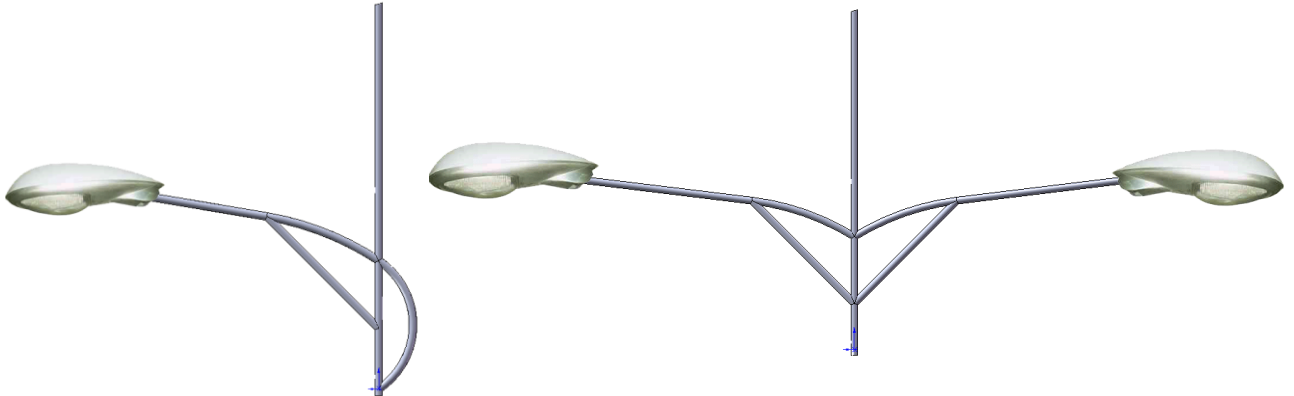


Figura 17: Látigo Simple (izquierda) y Látigo Doble (derecha) para el poste solar. Fuente: Elaboración Propia.

Las medidas utilizadas para el diseño de los mismos están definidas por norma y son resumidas en la siguiente tabla:

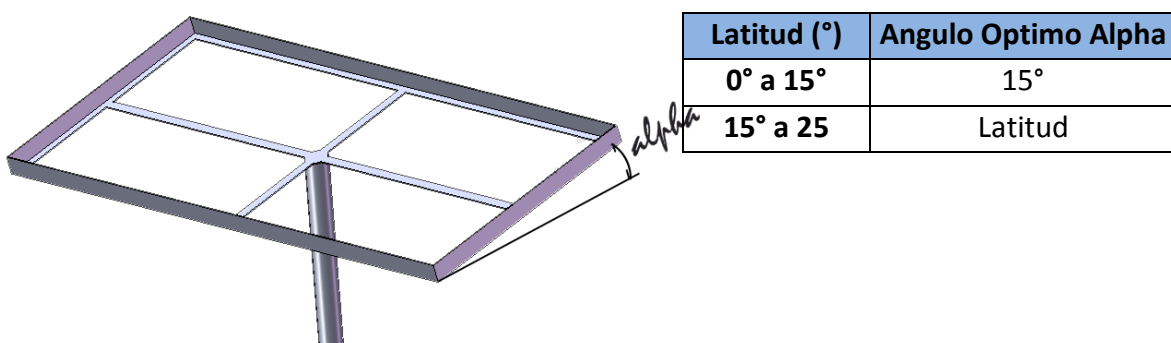
Descripción del Brazo tipo Látigo	Dimensiones mm		
	Longitud	Diámetro	Espesor
Sencillo	1800, 2400 y 3400	60,5	2,3
Doble	1800, 2400 y 3400		

Tabla 2: Dimensiones de los látigos sencillos y dobles. Fuente: Norma COVENIN 3290:1997.

5.1.2.6 Estructura de Soporte

Tradicionalmente las estructuras de soporte son usadas para que sostengan y sitúen los módulos en una inclinación fija durante todo el año, minimizando así los requerimientos de atención y el seguimiento continuo de la posición del sol. En cada estructura de soporte existe espacio máximo para 1 modulo.

Para encontrar el ángulo de inclinación óptimo, en cada ubicación geográfica del sistema fotovoltaico, se recurre a la siguiente figura:



25° a 30°	Latitud + 5°
30° a 35°	Latitud + 10°
35° a 40°	Latitud +15°
40	Latitud + 20°

Figura 18: Estructura de Soporte del Panel Solar Fuente: Elaboración Propia.

5.1.2.7 Luminaria LED

El **LED** (Light-Emitting Diode: Diodo Emisor de Luz), es un dispositivo semiconductor que emite luz incoherente de espectro reducido cuando se polariza de forma directa la unión PN en la cual circula por él una corriente eléctrica. Este fenómeno es una forma de electroluminiscencia, el LED es un tipo especial de diodo que trabaja como un diodo común, pero que al ser atravesado por la corriente eléctrica, emite luz. ¹³



Figura 19: Luminaria LED para la Iluminación Pública. Fuente: Solar Illumination Inc

La luminaria seleccionada cuenta con las siguientes características de diseño:

- ✓ Color: Blanco
- ✓ Color de temperatura es de 6500k.
- ✓ Cada LED tiene una salida mayor a 8000 mcd que son aproximadamente 6 lúmenes.
- ✓ Cada LED consume en promedio 3 v en corriente directa y 15 mA.

¹³ <http://www.monografias.com/trabajos60/diodo-led/diodo-led.shtml>. Enero 2009.

- ✓ Luminosidad con esta lámpara es de 6000 Lux.
- ✓ El voltaje de operación es de 24v, corriente directa. Consume 60 W.
- ✓ El tiempo de vida es de aproximadamente 100.000 horas, para iluminar un promedio de 20 años.

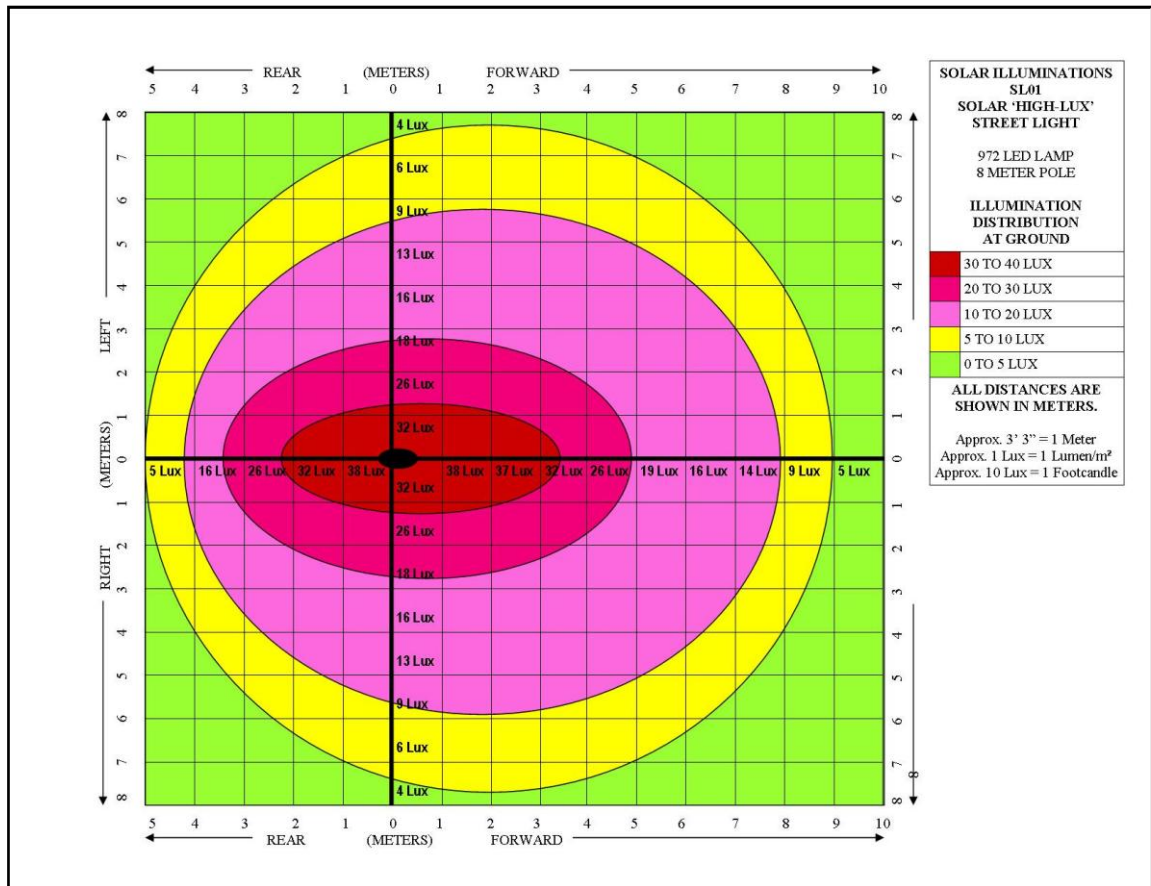


Figura 20: Distribución de luz en el plano. Fuente: Solar Illuminations Inc.

5.1.2.8 Panel Solar

Representan el mecanismo básico de la conversión fotovoltaica, y básicamente están constituidas por celdas solares, circuitos internos, marco de aluminio, rieles de montaje de celdas, conexiones externas para cableado y proyección contra el medio ambiente. Para obtener más información con todo a lo que refiere los paneles solares ir a los **Anexos VIII**.

El panel solar seleccionado cuenta con las siguientes características de diseño:

Tipo de Celdas	Silicon Mono-cristalino
Numero de Celdas y Conexiones	36 en serie
Voc	21,9 Voltios
Vpm	17,4 Voltios
Isc	8,2 A
Ipm	7,5 A
Pmax	130W (+10%/-5)
Eficiencia de la máxima potencia del modulo	13,1%
Voltaje Máximo del Sistema	600
Promedio de Fusibles en Serie	15A
Tipo de terminal de salida	Alambre de plomo con conector MC
Dimensiones	26,1" X 59,0" X 1,8" / 662 X 1499 X 46 mm
Peso	30,86 libras / 14 Kg
Configuración del Paquete	1 piezas por cartón
Tamaño del cartón	59,6" X 26,7" X 2,3" / 1514 X 678 X 59 mm
Cantidades por Paleta	28 piezas por paleta
Capacidad de Carga (Container de 48 pies)	448 piezas (16 paletas)
Capacidad de Carga (Container de 53 pies)	504 piezas (18 paletas)
Temperatura de Operación	-40 a 90°C
Temperatura de Almacenamiento	-40 a 90°C

Tabla 3: Especificaciones técnicas de panel solar a utilizar. Fuentes: Sharp Electronic Inc.

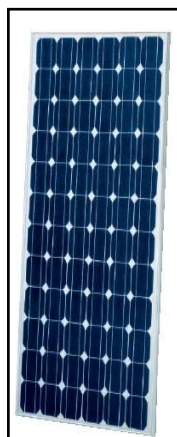


Figura 21: Imagen de panel Sharp 130 W. Fuente: Solar Illuminations Inc.

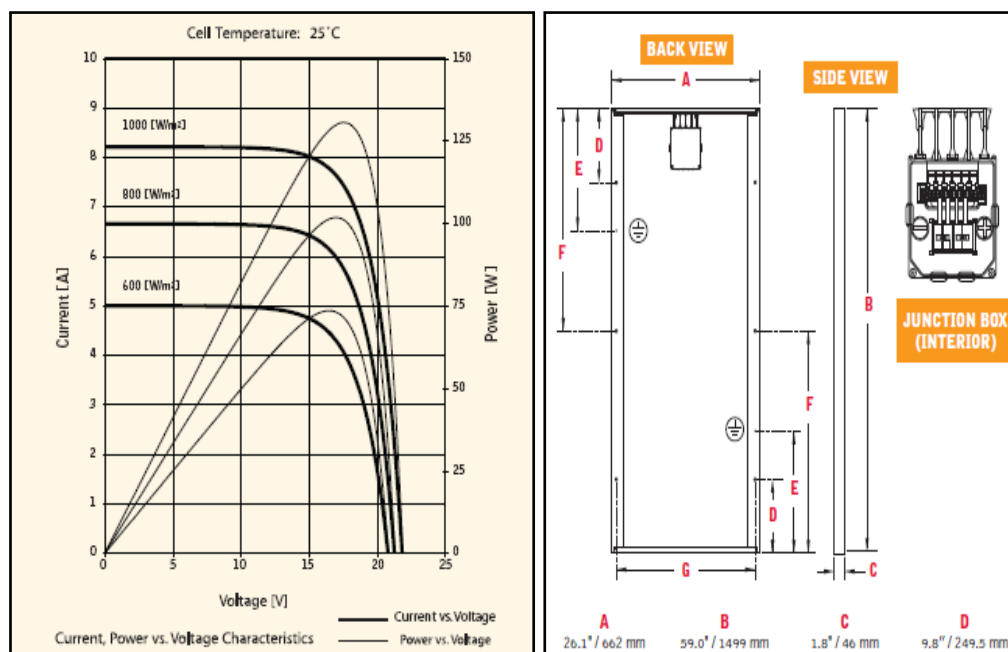


Tabla 3: Especificaciones técnicas de panel solar a utilizar. Fuentes: Sharp Electronic Inc.

5.1.2.9 Regulador

Dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobre-descargas profundas.

El regulador de tensión controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil. También genera alarmas en función del estado de dicha carga. Para tener más Información sobre el funcionamiento de este equipo ir los **Anexos VIII**.

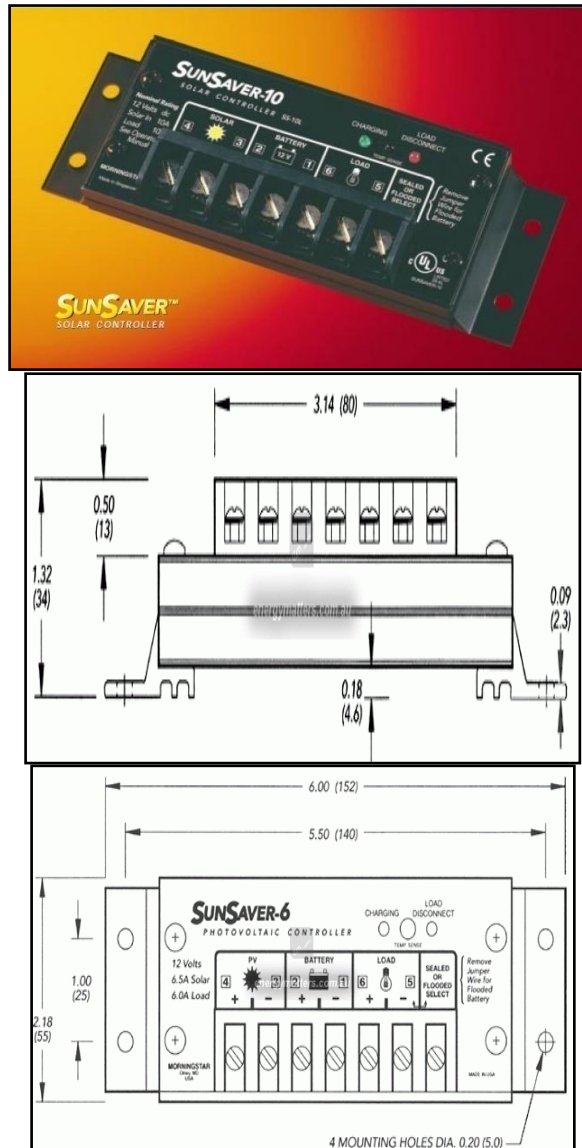


Figura 22: Regulador de Tensión. Fuente: <http://www.energymatters.com.au/morningstar-sunsaver-24volt-10amp-regulator-with-lvd-p-388.html>

Para tener las especificaciones técnicas de este producto ir a los **Anexos VIX**.

5.1.2.10 Baterías

El papel más importante de las baterías en los sistemas fotovoltaicos, es el de almacenar energía en el día, cuando los módulos son capaces de entregar la potencia para luego ser utilizada en la noche. Para más información sobre el funcionamiento de las baterías en los sistemas fotovoltaicos ver **Anexo VIII**.



Figura 23: Baterías de Ciclo Profundo de 6 Voltios 210 Ah marca Trojan. Fuente: <http://www.energymatters.com.au/trojan-flooded-lead-acid-battery-6v-210ah-p-196.html>

Dimensiones	264X181X276 milímetros
Peso	26 Kg
Voltaje de la batería	6V

Minutos de Capacidad	25A	383 minutos
	56A	-
	75A	105 minutos
Capacidad Promedio	5 horas	175 Ah
	20 horas	210Ah

Tabla 4: Especificaciones de las baterías de ciclo profundo marca Trojan de 6 V 210Ah. Fuente: <http://www.energymatters.com.au/trojan-flooded-lead-acid-battery-6v-210ah-p-196.html>

5.1.2.11 Armario de Control

El regulador fotovoltaico, protecciones y baterías, por lo general se colocan en un armario metálico con el fin de proteger estos sistemas eléctricos contra el ambiente y contra robos.

5.1.3 Diseño del prototipo

5.1.3.1 Ubicación del Prototipo

El diseño del producto depende en gran parte a la ubicación donde este va a ser usado debido a que los índices de radiación solar son diferentes para cada localidad.

Para efectos de este trabajo de grado, el diseño del producto se hizo para ser ubicado en la ciudad de Barquisimeto, que es donde la empresa está ubicada y donde se probaran los primeros prototipos. Los datos de radiación solar fueron obtenidos del instituto nacional de meteorología. Los resultados pueden verse en el **Anexo X**.

5.1.3.2 Selección de Equipos a Utilizar

La selección de equipos se llevo a cabo haciendo un análisis de carga, luego se seleccionaron los paneles, baterías y regulador a usar. Para tener más información acerca de cómo hicimos la selección de los equipos ir al **Anexo XI**.

5.1.3.3 Diseño Asistido por Computadora

El prototipo fue diseñado por los autores haciendo uso de la herramienta CAD/CAM llamada Solidworks y tal diseño se encuentra en los **Anexos XII**.

5.2 Integración Diseño-Manufactura

Existen diferentes alternativas que permiten integrar la ingeniería de diseño con la ingeniería de manufactura. Entre las alternativas que analizamos están: Ingeniería Concurrente (CE) y la manufactura integrada por la computadora. La elección de la metodología a usar depende en gran parte al producto que se quiere manufacturar y de las condiciones actuales de la empresa.

Factor	Peso Asignado	Calificación	Calificación Ponderada
Factibilidad de Implementación	0,35	7	2,45
Costos de Implementación	0,40	7	2,80
Nivel de Tecnología	0,25	6	1,50
Total	1,00		6,75

Tabla 5. Evaluación de puntos ponderados para la aplicación de la Ingeniería Concurrente. Fuente:
Elaboración propia.

Factor	Peso Asignado	Calificación	Calificación Ponderada
Factibilidad de Implementación	0,35	5	1,75
Costos de Implementación	0,40	5	2
Nivel de Tecnología	0,25	7	1,75

Total	1,00		5,5
-------	------	--	-----

Tabla 6. Evaluación de puntos ponderados para la aplicación de la Manufactura Integrada por Computadora

Según el análisis efectuado podemos concluir que la alternativa más factible resulto ser la Ingeniería Concurrente. Como se trata de una empresa pequeña y con pocos departamentos, no es necesario un alto nivel de automatización interdepartamental como el planteado por la manufactura integrada por computadora.

5.3 Alternativa de la producción

Las alternativas de manufactura se estudiaron fundamentalmente en torno a los requerimientos exigidos por la norma venezolana COVENIN 3323-1997 sobre la elaboración de los postes hexagonales de acero para el alumbrado público. Esta norma establece los requisitos mínimos que deben cumplir los postes de acero para alumbrado público y los métodos de ensayo a los cuales deben ser sometidos. Los materiales que se seleccionaron fueron aquellos indicados por la misma norma. Entre ellos están:

- Lámina de acero al carbono 1020 de 3mm y 10 mm.

A través de varias visitas a diferentes plantas de fabricación de postes de iluminación pública, pudimos familiarizarnos con las operaciones necesarias para la fabricación, posteriormente elaboramos un flujograma de operaciones para Grupo Vemacero C.A. adaptado a las nuevas características de diseño. El flujograma resultante fue el siguiente:



Figura 24: Flujograma para la producción de los postes solares. Fuente: Elaboración propia.

5.4 Análisis de la alternativa Hacer vs. Comprar

Muchos de los componentes y subsistemas del poste de iluminación pública basado en la energía solar son complejos y solicitan no sólo de procesos de manufactura. Con el objetivo de decidir cuáles de los componentes se fabricaran y cuáles serán adquiridos a través de un proveedor externo, se realizó un análisis de Hacer vs. Comprar. Los factores estudiados para tomar esta decisión fueron los costos asociados a la manufactura, si es considerado un artículo estándar, y si la empresa contará con los procesos internos exigidos para su manufactura. La siguiente tabla divide los componentes que serán adquiridos a otros proveedores.

Componente	Factor
Panel Solar	Costo
Regulador	
Luminaria LED	
Baterías	
Cables	Artículo Estándar
Pintura	
Tubos de acero	
Lámina de acero	
Tornillo, tuercas y arandelas	
Interruptor de tiempo	
Armario de control	

Tabla 7: Clasificación de Componentes. Fuente: Elaboración propia.

5.5 Instalaciones para la producción

El espacio requerido para el funcionamiento de la planta se determinó básicamente según los volúmenes de producción anuales, las dimensiones de la maquinaria y el espacio requerido para inventario. Cabe acotar que dentro de la planta ya existen otros procesos de producción que ocupan casi toda la mayoría del espacio requerido. Dentro de las limitaciones tenemos que la planta de postes de alumbrado público debe ser instalada en la misma planta por lo cual nos vimos en la necesidad de reorganizar los espacios dentro de ella.

5.6 Planeación sistemática de la distribución en planta (SPL)

5.6.1 Análisis producto-cantidad

Lo primero que se debe conocer para realizar una distribución en planta es qué se va a producir y en qué cantidades, y estas previsiones deben disponerse para cierto horizonte temporal.

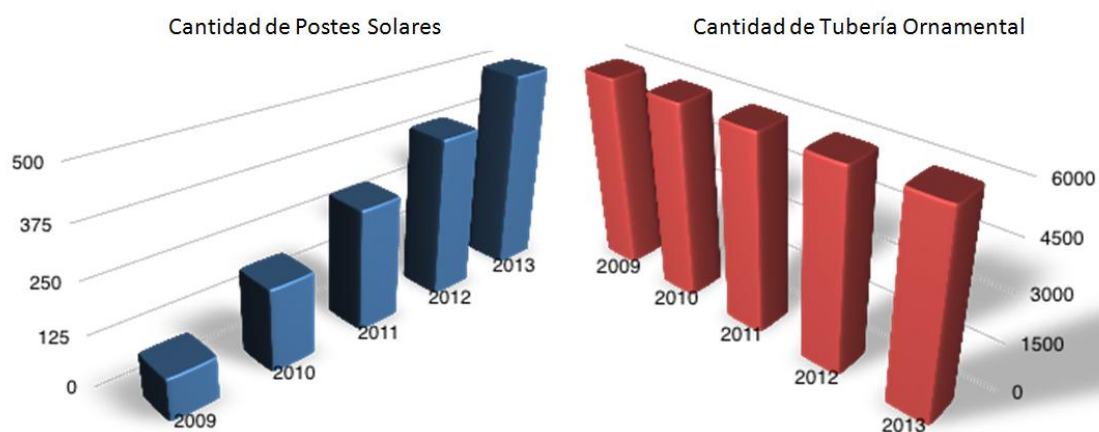


Figura 25: Diagrama Producto-Cantidad para los próximos 5 años. Fuente: Elaboración Propia

debido a que se trata de un producto de características y mercado totalmente distintos que los postes solares. La capacidad de producción de tubería ornamental (2000 tubos/mes), sobrepasa en más de 73% la demanda promedio mensual. Esta sobre capacidad es dada a que en los primeros años de la empresa, el volumen de producción era mucho mayor, hasta que gran parte de la participación en el

mercado del producto cayo dado a la entrada del hierro forjado en el mercado de materiales para herreros.

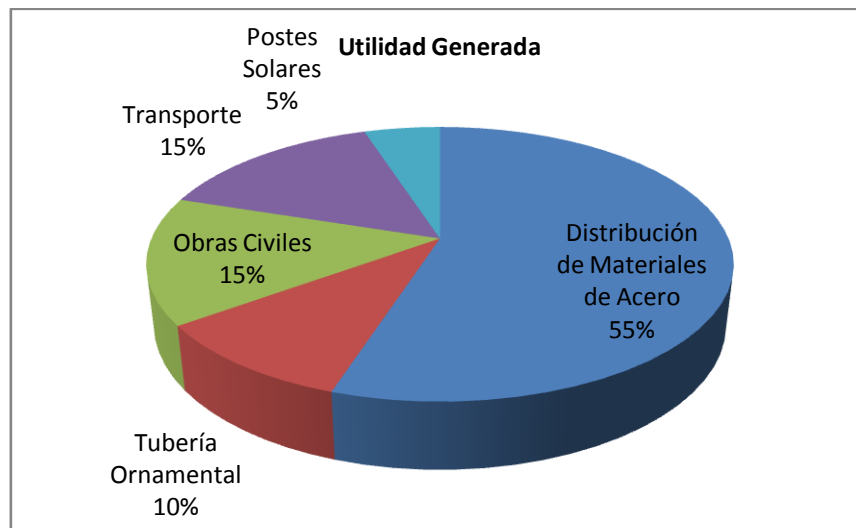


Figura 26: % de utilidad generada por negocio. Fuente: Elaboración Propia

Dado a que la producción de tubería ornamental no representa un gran porcentaje de la utilidad de la empresa y esta requiere a su vez del 60 % del área de la planta, recomendamos que se reduzca la capacidad instalada y se destine el espacio extra para la planta de postes solares, que tendrá capacidad de poder generar mayor utilidades a la empresa.

5.6.2 Flujo de materiales

La situación de la empresa en la actualidad es como se muestra en la siguiente figura:

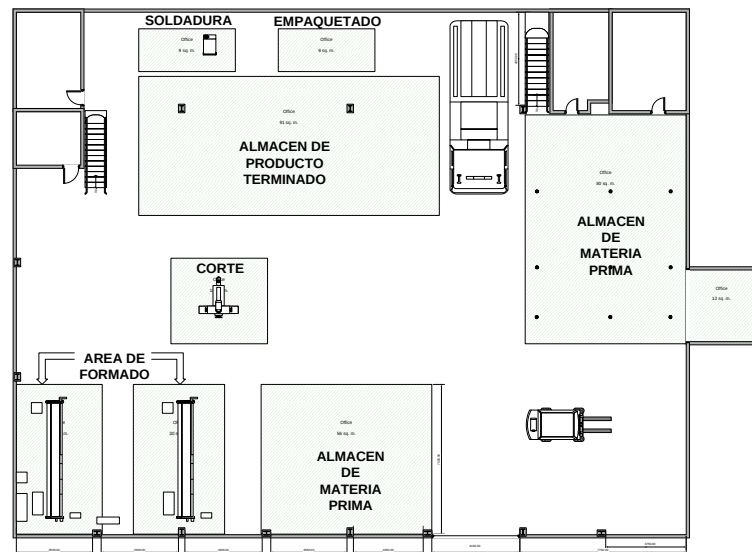


Figura 27: Plano de la empresa por secciones. Fuente: Elaboración Propia

A continuación se muestra el flujo que realizan los materiales a lo largo de todo el proceso de producción de las tuberías ornamentales de acero, como se puede evidenciar existen dos máquinas en el área de formado, a pesar de que en la actualidad sólo se utiliza una debido a que la demanda ha disminuido bastante en los últimos años pero lo que para los efectos de este estudio se asumirá que tal maquinaria ociosa será removida de las instalaciones de la planta.

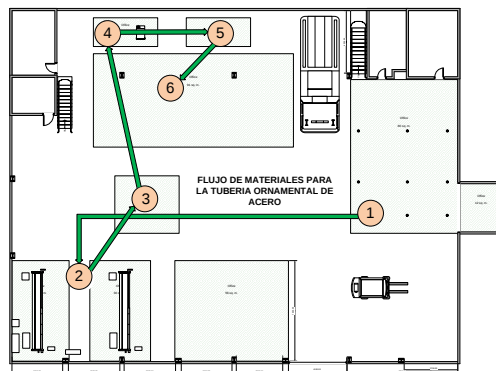


Figura 28: Flujo de Materiales para la tubería ornamental de acero. Fuente: Elaboración propia.

5.6.3 Generación del Layout

Debido a las restricciones de espacio y a que la planta no puede estar parada por un período muy largo de tiempo para el reacomodo de sus estaciones de trabajo se decidió entonces dividir la planta en dos áreas. En cada una se llevaría a

cabo la manufactura de un producto distinto, en la mitad inferior del mapa se realizarían las tuberías ornamentales de acero, y con el espacio habilitado en la parte superior esperaba poder realizarse la manufactura de los postes hexagonales de acero.

Es importante resaltar que ambos productos compartirían un mismo almacén de materia prima, y que se conservaría el área de formado actual para entorpecer en lo más mínimo las operaciones de la planta. Siendo esta la situación se procedió entonces a:

1. Determinar los requerimientos de espacio para cada una de las distintas áreas.
2. Elaborar el Diagrama de Relaciones entre las distintas áreas.
3. Elaborar el Diagrama de Grillas para cada una de las líneas de producción.
4. Medir la eficiencia de los Layout.

Todo este estudio se muestra en el **Anexo XIII** y su aplicación da como resultado la siguiente distribución de planta:

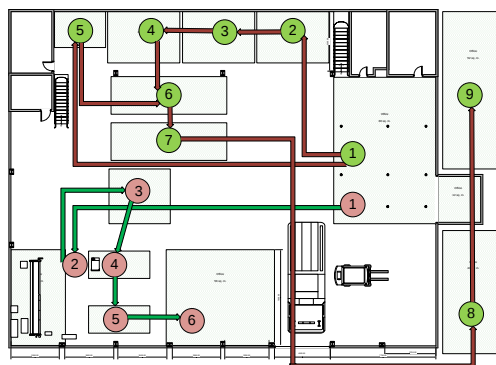


Figura 29: Nuevo flujo de Materiales para la tubería ornamental de acero y para los postes solares.
Fuente: Elaboración propia.

Para mayor información sobre esta figura referirse al **Anexo XIV**.

5.7 Adquisición de equipos y maquinarias

Debido a que la empresa cuenta con varios de los recursos necesarios para la manufactura de postes solares por cuanto se dedica también al negocio de materiales de acero sólo hace falta adquirir pocos equipos. La lista de equipos y

cantidades que se compraran para ser instalados en la planta de producción puede ser vista en los **Anexos XIV**.

La maquinaria industrial será importada desde Estados Unidos y por tanto se deberá pagar impuestos por nacionalización. Toda la maquinaria será traída por vía marítima desde el puerto de Miami, EEUU hasta el Puerto de la Guaira. El gasto de la maquinaria es de **BsF.256.000**.

5.8 Operaciones de Ensamble

El ensamble de los postes solares será realizado por 4 operadores. A continuación se presentan las operaciones de ensamble necesarias.

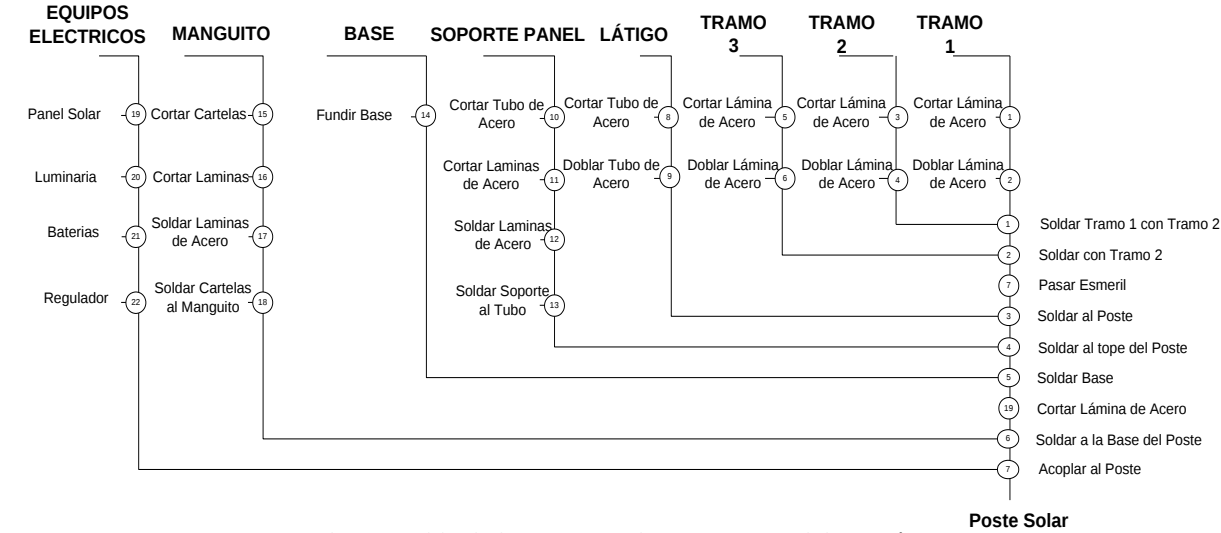


Figura 30: Diagrama de Ensamble de los Postes Solares. Fuente: Elaboración propia.

5.9 Congruencia Estratégica en la Cadena de Suministros

5.9.1 Entendimiento del Cliente:

Al tratarse de un nuevo modelo de productos su demanda está asociada a una importante incertidumbre implícita. Esta incertidumbre implícita de la demanda conduce a dificultades crecientes en el ajuste entre oferta y demanda y puede conducir a agotamiento o excesos de inventarios.

El tiempo de entrega desde el momento que se hace el pedido hasta que se entrega los postes de iluminación será de (3) meses, siempre y cuando las cantidades pedidas correspondan con la capacidad de la planta.

5.9.2 Congruencia Estratégica:

Sabiendo que gran parte de los componentes eléctricos básicos del poste de iluminación pública serán importado de los Estados Unidos, y que además el plazo para traer un cargamento es de aproximadamente de 1 a 2 meses, será necesario realizar una inversión importante para disponer de una alta capacidad de respuesta a una demanda incierta.

5.9.3 Estrategia de Cadena de Suministros:

La capacidad de respuesta de la cadena de suministros es muy importante para poder garantizar los plazos de entrega requeridos por el cliente. Los factores que más influyen en la planeación de la cadena de suministros son el tiempo de respuesta de los proveedores nacionales e internacionales y el tiempo de traslado de la mercancía desde Estados Unidos hasta Venezuela.

Dado que la mayoría de los componentes eléctricos importados son costosos, y por lo general la producción de productos terminados no se inicia hasta después de haber recibido el pedido del cliente, es necesario que la cadena de suministro funcione bajo un modelo de producción bajo pedido. **Ver Anexo XV.**

Dado a que no se cuenta con un tiempo de entrega de la materia importada fija por problemas en las aduanas y el retraso dado a la adquisición de dólares oficiales, es difícil trabajar la producción bajo pedido. Es por ello que decidió hacer durante todos los años de operaciones, pedidos trimestrales de materia prima importada suficiente para cubrir (6) meses de la demanda promedio, siempre y cuando se tenga una clientela fija y se trabaje bajo un mismo diseño. A partir del segundo año, ya la empresa manejara datos históricos de demanda y por tanto se tendrá un mejor conocimiento de cómo se comportará el mercado el segundo año. De esta forma se podría llevar a cabo una planificación agregada utilizando como estrategia

la utilización de inventario como clave. Dicha planificación le proporcionara una serie de variables operacionales que podría mejorar enormemente su desempeño tales como:

- Las cantidades de producción en tiempo ordinario, sobretiempo y tiempo subcontratado.
- El inventario requerido.
- Las cantidades de " backlog" / "stockout"
- Mano de obra a contratar o retirar.

Para evitar los errores cometidos con el pronóstico de demanda realizado, se utilizará siempre un inventario de seguridad para satisfacer demanda cuando esta sea mayor que la proyectada. Asimismo, existe la capacidad de seguridad, definida como la capacidad usada para satisfacer demanda que exceda el pronóstico. Sin embargo, para efectos de nuestro estudio no se ha contemplado un inventario de seguridad por no tener certeza de la demanda.

Entre las estrategias y capacidades que debería tener la empresa para combatir los errores de pronósticos se encuentran:

- Usar sobre tiempo (capacidad de seguridad).
- Mantener personal extra permanente (Capacidad de seguridad).
- Usar contratistas (capacidad de seguridad).
- Levantar y mantener inventarios extras (inventario de seguridad).
- Comprar capacidad o producto en el mercado (capacidad de seguridad).
- Hacer planes flexibles porque "los pronósticos siempre están equivocados".
- Replanificar tan pronto como se disponga de nueva información.
- Usar más planificación agregada a medida que la utilización de la capacidad aumenta.

5.10 Plan de Producción

La producción mensual deberá ser calculada por el Gerente de Ventas y el director de la empresa. Ésta cifra alimentará el plan de producción de la empresa la cual será responsabilidad del supervisor de la producción. El tiempo requerido para recibir un pedido de componentes importados (aproximadamente 2 meses) impide que la empresa opere bajo un sistema bajo pedido, ya que se hace imposible cumplir con el tiempo de entrega tempranos si se realiza el pedido de materia prima al recibir la solicitud del cliente.

5.11 Simulación de la Producción

Para tener una mejor idea de la capacidad de producción de la planta se genero una simulación de la producción. Las distribuciones de probabilidad de tiempo fueron estimadas a través de la toma de tiempo que se realizo en las empresas productoras de postes visitadas. Para obtener mayor información sobre los resultados de la simulación ver **Anexos XVI**.

CAPITULO VI

6.1 Identificación de la Necesidad

Para identificar los principales problemas de la iluminación pública en Venezuela, diseñamos una encuesta donde se presentaba una lista con una serie de problemas relacionados con el servicio de iluminación pública, y los encuestados numeraban del uno al ocho donde el uno representaba el problema primordial y el ocho el más insignificante. Ver encuesta en el **Anexo XVII**.

Se tomó como muestra a una población de 100 personas a diferentes tipos de conductores, entre ellos se caracterizaban como: estudiantes, profesores, choferes de camiones, conductores de transporte público, motorizados, madres y obreros. Los resultados se analizaron a través de una gráfica de Pareto.

Numeración	Descripción
Problema #1	Muchas vías públicas no están siendo iluminadas
Problema #2	Me encandilo cuando manejo de noche
Problema #3	Los postes de luz no iluminan mucho
Problema #4	Los postes de iluminación son necesarios para la seguridad ciudadana
Problema #5	Los postes de iluminación representan un riesgo de peligro eléctrico
Problema #6	Los postes no iluminan la vía uniformemente y a veces me confundo al evitar obstáculos en la vía
Problema #7	Los postes alumbran en exceso
Problema #8	No me siento cómodo en la captación de colores

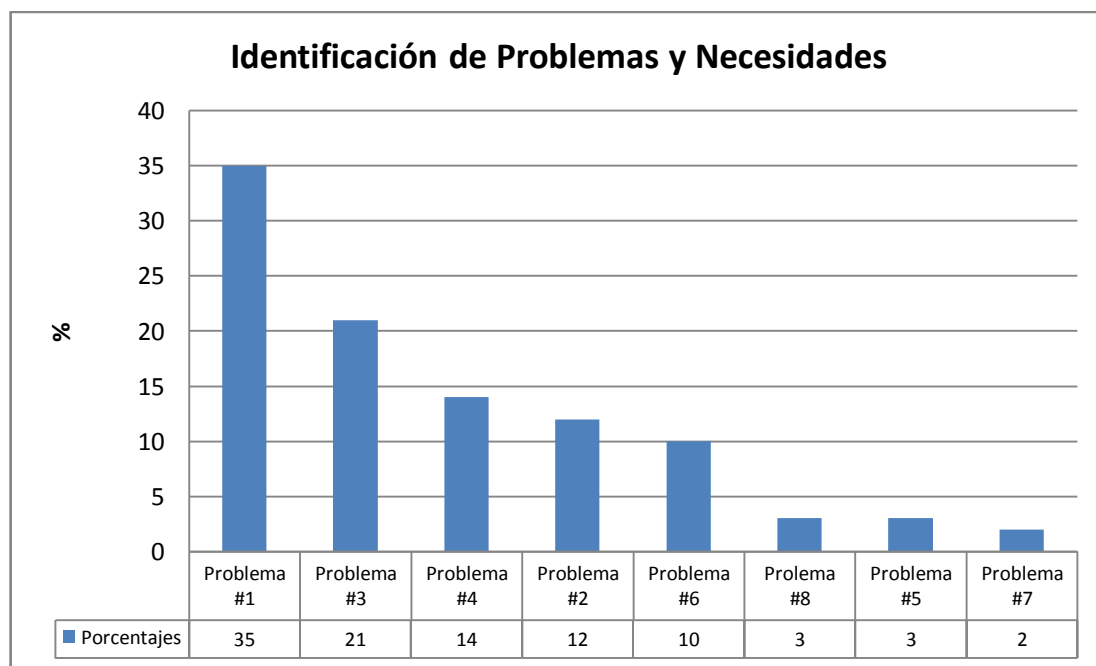


Figura 31. Diagrama de Pareto para la identificación de problemas y necesidades

Con este diagrama podemos concluir que aproximadamente el 70% de las personas establecen como principal problema que el sistema de alumbrado público no ofrece buen servicio de iluminación, sea porque las luminarias se encuentran apagadas o no alumbran lo suficiente, lo cual asumen que estos problemas está afectando su seguridad.

Frente a esta necesidad detectada, se comprueba que existe una oportunidad de negocio que puede ser explotada para la comercialización de los postes solares. A continuación presentamos el análisis estratégico de mercado que soporte esta acción.

6.2 Recolección de la Información

A lo largo de los cuatro meses que llevamos realizando el trabajo especial de grado, hemos realizado un estudio profundo en el país sobre la existencia de empresas que operan en este sector con la finalidad de conseguir información. Como resultado, se encontró que un número muy reducido de proyectos pilotos ha sido ejecutado en el país. Sin embargo, los postes que se han instalado han sido

traídos en su totalidad del exterior, lo cual indica que no hay en el país empresa que se dedique a la producción de postes solares.

Es por ello que se deduce que la empresa puede ser la pionera en el mercado con estos productos. De ser éste el caso deberá aprovechar al máximo esta condición de ser la primera, ya que otras empresas ya constituidas en el país para la producción de postes tradicionales pudieran adaptar sus procesos de producción a postes solares con relativa facilidad.

6.3 Factores diferenciales y Ventajas Competitivas

Desde el punto de vista de mercadeo, la competencia de los postes solares sería los postes de iluminación pública convencional, los cuales son energizados a través de la red eléctrica y utilizando lámparas de vapor de sodio de alta presión.

En el Anexo **XVIII**, se muestra un estudio sobre las ventajas competitivas de los postes solares vs. postes convencionales.

Hay que resaltar que este producto no depende de la red de suministro eléctrico las cuales en la actualidad las compañías eléctricas no han venido adecuando/invirtiendo en su ampliación y se están presentando fallas por deficiencia en atender la demanda de electricidad. Esto quiere decir que además de que los postes solares pueden mejorar la calidad de iluminación del país, estos también aliviaran las redes eléctricas o “dejar” energía disponible para otro uso/usuario. Desde el punto de vista de mercadeo también te permite “aliviar” el impacto del costo inicial del poste solar.

6.4 Oferta y Demanda

El análisis de oferta y demanda tiene como finalidad estimar el volumen de producción requerido para este tipo de poste. Al estudiar el mercado actual, se concluye que no existen competidores directos en el segmento estudiado. Esto hace más difícil la estimación de ventas, ya que el tamaño del mercado no ha sido

calculado. Por ello, se debe diseñar una estrategia que le permita a la empresa estimar un número promedio de unidades a producir durante los próximos 5 años de operación.

El pronóstico de la demanda futura constituye la base para las decisiones estratégicas y operacionales de la cadena de suministros. Sin embargo, por tratarse de un producto nuevo en el mercado, éste conlleva a un alto grado de incertidumbre.

Cuando se tratan de productos nuevos en el mercado, por lo general el estudio de mercado suele ser optimista porque la atención está centrada sobre el producto y en cómo éste puede satisfacer una necesidad bien sea creada o necesaria en el mercado.

6.4.1. Investigación de Antecedentes

En los últimos dos años se sabe que se han instalado alrededor de 200 postes solares como proyectos pilotos en el país. Algunos postes han sido instalados en la Avenida Bolívar de la ciudad de Caracas, y han dado algunos resultados positivos, pero sin embargo estos no cuentan con tecnología de punta como es el caso de las luminarias LED, y además fueron adquiridos a través de un convenio que realizó el gobierno venezolano con Cuba y Vietnam, que no ha resultado ser económicamente viable dado a los altos costos que incurre dado a que hay varios intermediarios.

Existe también un proyecto piloto en la autopista regional del centro, a la altura de la entrada de la ciudad de Maracay, que simplemente no cumple con los requisitos de iluminación pública dado a que fueron mal diseñados y estos no alumbran lo suficiente.

Si bien es cierto, se han adquirido más de 500 postes de iluminación pública solares para ser instalados próximamente en varias ciudades del país, lo cual demuestra interés de las autoridades municipales, las compañías eléctricas y del Ministerio Popular de Ciencia y Tecnología por continuar adquiriendo esta

tecnología, pero todavía no existe una empresa venezolana que se dedique especialmente la producción de postes solares.

Una de las demostraciones de interés en seguir adquiriendo esta tecnología lo hizo público el presidente venezolano: “La iluminación eléctrica pública será sustituida próximamente por la energía solar, así lo anunció el presidente de la República Bolivariana de Venezuela”. ¹⁴

6.4.2 Primer Escenario: Escenario Optimista

A través de la puesta de varios prototipos en el mercado, se logra conseguir un pedido de alto volumen en cinco años.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Unidades producidas por año	100	100	100	100	100	1.000

Tabla 8: Datos sobre unidades producidas por año en un escenario optimista. Fuente: Elaboración propia.

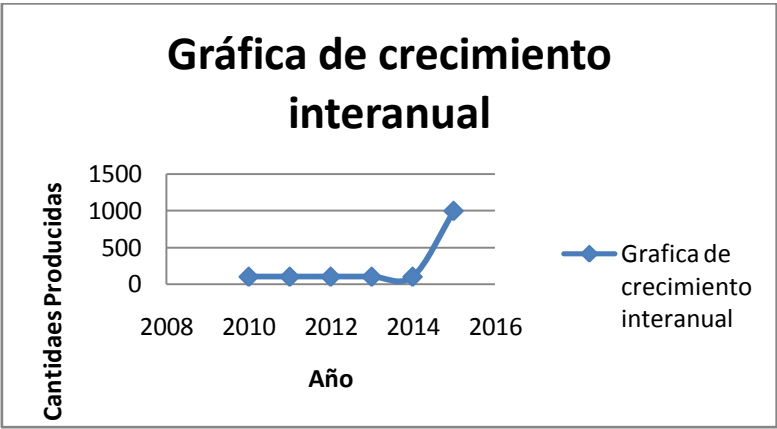


Figura 32. Gráfica de crecimiento interanual del escenario optimista. Fuente: Elaboración propia.

6.4.3 Segundo Escenario: Escenario Conservador

A través de la puesta de varios prototipos en el mercado, no se logra conseguir un pedido de alto volumen en cinco años.

¹⁴ Por: Agencia Bolivariana de Noticias (ABN) Fecha de publicación: 25/11/06

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Unidades producidas por año	100	100	100	100	100	100

Tabla 9: Datos sobre unidades producidas por año en un escenario conservador. Fuente: Elaboración propia

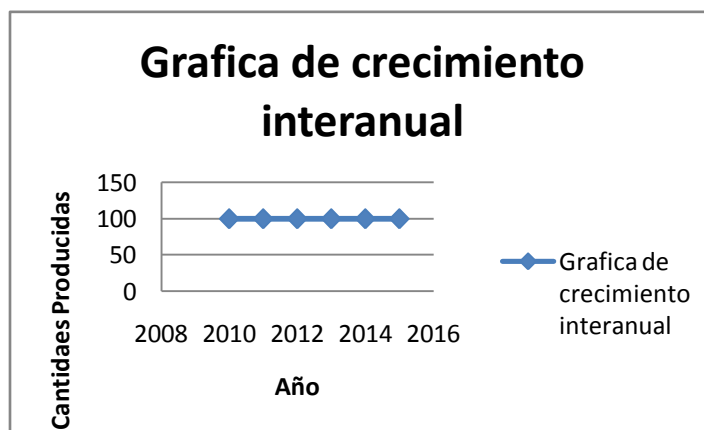


Figura 33. Gráfica de crecimiento interanual del escenario normal. Fuente: Elaboración propia.

6.4.2.1.3 Tercer Escenario: Escenario Pesimista

A través de la puesta de varios prototipos en el mercado, no se logra conseguir un pedido de alto volumen en cinco años.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Unidades producidas por año	100	100	50	50	50	0

Tabla 10: Datos sobre unidades producidas por año en un escenario pesimista. Fuente: Elaboración propia

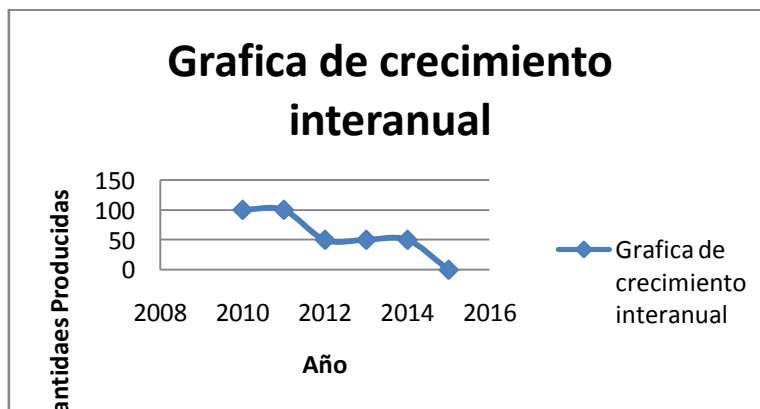


Figura 34. Gráfica de crecimiento interanual del escenario pesimista. Fuente: Elaboración propia.

6.5 La Organización

6.5.1 Cambio de la visión y cultura corporativa

Misión Propuesta

Satisfacer las necesidades de tuberías, válvulas, conexiones, postes de iluminación pública solares y servicios complementarios, así como la realización de proyectos, obras de estructura metálica, brindándoles a los clientes la mejor atención, el mejor precio y el menor tiempo de entrega.

Visión Propuesta

Prestar el mejor servicio en la comercialización de tuberías, válvulas, conexiones de acero y servicios en el mercado laboral.

Ser la empresa nacional líder en venta de postes solares.

6.5.2 Comercialización del Producto Propuesta

Toda iniciativa de producto debe estar respaldada por una iniciativa comercial. La finalidad de las iniciativas comerciales es enamorar al consumidor y hacer que éstos se sientan identificados con el producto convenciéndolos de que cubrirá sus necesidades de iluminación pública.

Antes de dar inicio a la ejecución de las iniciativas comerciales, la empresa deberá negociar con las entidades públicas, ministerio del poder popular para la ciencia y tecnología, y diferentes empresas eléctricas, para abrir una categoría para la participación de este tipo de poste de iluminación pública. Dado a que eso le traerá beneficios a ambas partes, no cabe duda que es muy probable que se le de apoyo a esta iniciativa. Como parte de las iniciativas comerciales la empresa tiene pensado hacer demostraciones de los prototipos en diferentes ciudades del país, las cuales impulsarían el interés de los potenciales clientes.

Respecto a la publicidad, será imprescindible la presencia en páginas de Internet, prensa y radio sin tomar en cuenta los medios televisivos ya que éstos son excesivamente costosos.

Finalmente, se propone asistir a diferentes ruedas de negocios que se realizan entre las pequeñas y medianas empresas con las empresas privadas.

Red de Distribución Propuesta

La red de distribución del producto terminado es de vital importancia ya que ésta dependerá que nuestros potenciales clientes tengan acceso a las compras. Grupo Vemacero C.A., cuenta con una flota de transporte terrestre la cual puede ser utilizada para llevar los postes de iluminación pública solares desde la Zona Industrial II de Barquisimeto, hasta cualquier parte de Venezuela.

CAPITULO VII

ANÁLISIS ECONÓMICO

En este Capítulo se expondrá el panorama financiero del proyecto. Para ello se eligió un horizonte de planificación de 5 años.

7.1 Cálculo de la Tasa de Inflación

La tasa de inflación de la economía venezolana se hizo haciendo un pronóstico en base a las estadísticas provistas por el Banco Central de Venezuela, se utilizó el método de línea de tendencia y se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 11: Inflación Anual

Pronóstico de Inflación Anual 2008-2013								
AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Inflación (%)	16.98	22.46	31.9	39.14	46.6	54.06	61.52	68.98

Fuente: Banco Central de Venezuela y cálculos propios

7.2 Estructura de Costos

La estructura de costos de la empresa se elaboró en torno a las principales vertientes por donde ésta incurre en costos: la planta de producción y las actividades administrativas. Dichos costos se pueden clasificar dentro de las siguientes categorías:

- Inversión Inicial

Esta incluye la maquinaria industrial, las herramientas y los implementos de taller, los equipos de seguridad, vehículos, artículos de oficina, inventario de componentes importados, un sistema administrativo y de facturación, patentes, papelería e insumos.

- Costos de Operación

Estos incluyen el costo asociado a las operaciones diarias de la planta como lo son el salario de los obreros, los gastos administrativos, materia prima, insumos y suministros.

7.2.1 Inversión Inicial

La inversión inicial para un proyecto de esta escala es usualmente bastante alta, sin embargo debido a que VEMACERO ya se dedica a la manufactura de tuberías de acero y ya cuenta con las instalaciones necesarias para la producción de postes, los costes se ven sumamente reducidos. La maquinaria será importada de Estados Unidos y el acondicionamiento de la planta se realizará de acuerdo al estudio de diseño de plantas expuesto en el Capítulo V del presente trabajo especial de grado.

Tabla 12: Estimación de la Inversión Inicia. Fuente: Elaboración propia

Motivo	BsF.	Dólar Oficial (2,150 BsF)
Maquinaria Industrial	256,000.50	119,070.00
Insumos Varios	10,000.00	4,651.16
Herramientas e Implementos del Taller	20,000.00	9,302.33
Equipos de Seguridad	5,000.00	2,325.58
Artículos de Oficina	10,000.00	4,651.16
Acondicionamiento de la Planta	7,000.00	3,255.81
Total Inversión Inicial	Bs 308,000.50	\$143,256.05

La depreciación de los activos de la empresa se realizó por medio de la metodología denominada línea recta, la cual consiste en dividir el valor de los bienes entre su tiempo de vida útil de la maquinaria industrial los 5 años de operación de la empresa completados, sin embargo, vale destacar que la mayoría de estas maquinas probablemente tengan un valor de salvamento. El cálculo de la depreciación de los activos se realizó a 60 meses y el resultado se presenta en la tabla a continuación:

Tabla 13: Depreciación de los activos

Descripción	TOTAL (BsF.)
Cortadora de Lámina	170,667.00
Dobladora de Tubo	85,333.50
TOTALES (BsF.)	256,000.50

Depreciación Mensual	4,266.68
Depreciación Anual	21,333.38

7.2.2 Costos de Operación

7.2.2.1 Costos fijos de Operación

Tabla 14: Costos Fijos de Operación

COSTOS FIJOS DE OPERACIÓN (BsF.)					
Concepto	2009	2010	2011	2012	2013
Total Materia Prima	700,100.00	974,119.14	1,428,058.66	2,200,067.17	3,553,548.49
Servicios y mantenimiento	5,120.01	7,123.98	10,443.76	16,089.65	25,988.01
Total Mano de Obra Directa	66,000.00	91,832.40	134,626.30	207,405.28	335,001.00
Total mano de Obra Indirecta	16,500.00	22,958.10	33,656.57	51,851.32	83,750.25
TOTAL CF DE OPERACIÓN	787,720.01	1,096,033.62	1,606,785.29	2,475,413.42	3,998,287.75

La Materia Prima, Costos de Servicios, Mano de Obra Directa y Mano de Obra Indirecta se podrán ver con detalle en el **Anexo XIX**.

7.3. Cálculo de Ingresos

El cálculo de los ingresos se calculó en base a la demanda estimada de los postes. El precio de venta al cliente se fijó en 9.267,29 BsF. para el primer año con un aumento de los precios acorde a la inflación, y este precio contempla una ganancia aproximada de 15%. Las cifras de venta anual se presenta en la tabla a

Tabla 15: Ingresos Total Anual por ventas

	2009	2010	2011	2012	2013
Unidades Anuales	100	100	100	100	100
Precio de Venta Unitario (BsF)	9,267.29	9,267.29	9,267.29	9,267.29	9,267.29
Venta Total Anual (BsF)	926,729.42	926,729.42	926,729.42	926,729.42	926,729.42

7.4 Estado de Ganancias y Pérdidas

El estado de ganancias y pérdidas se realizó con el propósito de calcular la utilidad neta anual y los impuestos.

Tabla 16: Estado de Resultados

	ESTADO DE RESULTADOS (BsF.)				
	2009	2010	2011	2012	2013
Ventas	926,729.42	1,289,451.32	1,890,335.63	2,912,251.08	4,703,867.94
Costo de Ventas	787,720.01	1,096,033.62	1,606,785.29	2,475,413.42	3,998,287.75
Utilidad Bruta	139,009.41	193,417.70	283,550.35	436,837.66	705,580.19
Utilidad antes de la Dep. e Impuestos	139,009.41	193,417.70	283,550.35	436,837.66	705,580.19
Depreciación	21,333.38	21,333.38	21,333.38	21,333.38	21,333.38
Utilidad antes de Impuesto	117,676.04	172,084.32	262,216.97	415,504.29	684,246.82
ISRL(34%)	40,009.85	58,508.67	89,153.77	141,271.46	232,643.92
Utilidad Neta	77,666.19	113,575.65	173,063.20	274,232.83	451,602.90

7.5 Flujo de Caja

El flujo de caja del proyecto no es más que el resultado de la cantidad de dinero que ingresa y egresa de los recursos del inversionista. Dicho flujo de caja se determinó anualmente como el flujo de los ingresos menos el flujo de los egresos.

Dicho flujo se presenta en la tabla a continuación:

Tabla 17: Flujo de Caja

	2009	2010	2011	2012	2013
INGRESOS (BsF.)					
Ingresos por Ventas	926,729.42	1,289,451.32	1,890,335.63	2,912,251.08	4,703,867.94
Ingresos por préstamo	0.00				
SUBTOTAL INGRESOS	926,729.42	1,289,451.32	1,890,335.63	2,912,251.08	4,703,867.94
EGRESOS (BsF.)					
Total materia Prima	700,100.00	974,119.14	1,428,058.66	2,200,067.17	3,553,548.49
Total Costo Servicios	5,120.01	7,123.98	10,443.76	16,089.65	25,988.01
Total Mano de Obra Directa	66,000.00	91,832.40	134,626.30	207,405.28	335,001.00
Total Mano de Obra Indirecta	16,500.00	22,958.10	33,656.57	51,851.32	8,375.03
Impuesto	40,009.85	58,508.67	89,153.77	141,271.46	239,171.93
SUBTOTAL EGRESOS	827,729.86	1,154,542.29	1,695,939.06	2,616,684.87	4,162,084.46
INVERSION INICIAL (BsF.)	(308,000.50)				
FLUJO DE CAJA (BsF.)	(209,000.94)	134,909.03	194,396.58	295,566.20	541,783.49

7.6 Cálculo de la tasa de rendimiento atractiva mínima para el inversionista (TRAM)

La TRAM se calcula sumando la Tasa Libre de Riesgo (TLR) con la Prima por Riesgo. La Tasa Libre de Riesgo no es más que el rendimiento que obtendría el inversionista a través de un instrumento financiero del mercado cuyo riesgo asociado se considera cero. Por otra parte, la Prima por Riesgo representa el rendimiento adicional exigido por el inversionista sobre el capital invertido producto del nivel de riesgo asociado al proyecto. La Prima por Riesgo incluye todos los riesgos asociados en el proyecto. Los valores de la TLR y la Prima por riesgo que se eligieron para el cálculo del TRAM fueron:

Tabla 18: Cálculo de la TRAM

TLR	6.5%
Prima por Riesgo	13.5%
TRAM	20.0%

7.7 Determinación de los Indicadores de la rentabilidad del proyecto

Para estudiar la rentabilidad del proyecto se calcularon unos indicadores que ofrecen una orientación acerca de la conveniencia económica del proyecto. Para efectos del presente estudio se eligió calcular el VPN y el TIR. A continuación se presentan los datos utilizados para su cálculo.

	2009	2010	2011	2012	2013
FLUJO DE CAJA (BsF.)	-209,000	134,909	194,396	295,566	541,783

TRAM	20%
TIR	180%
VPN BsF.	392,285
VPN \$	182,458

Tabla 19: Cálculo del VPN y el TIR como indicadores de la rentabilidad del proyecto. Fuente: Elaboración Propia.

El resultado de los indicadores indicó que el VPN del proyecto resulta ser mayor que cero y el $TIR > TRAM$. Según este resultado se concluyó que es conveniente invertir en el proyecto.

7.8 Período de recuperación de capital

Para arrancar el proyecto se requiere una inversión inicial de BsF. 308.000,50. El período de recuperación del capital se calculó basado en el flujo de caja anual (Tabla 25).

	2009	2010	2011	2012	2013
FLUJO DE CAJA (BsF.)	-209,000	134,909	194,396	295,566	541,783
			Recuperación de Capital		

Tabla 20: Flujo Efectivo con Período de Recuperación de Capital

Finalmente se estimó que el tiempo de recuperación de la inversión es de aproximadamente dos años y medio.

7.9 Análisis de Riesgo

Cualquier potencial inversionista estará interesado en saber si el proyecto tiene la capacidad de soportar las fluctuaciones del mercado que afecten su

rendimiento. Por este motivo se realizó un análisis de riesgo que contempló distintos escenarios. El contexto base anteriormente expuesto arrojó un resultado rentable, sin embargo se plantearon otros dos escenarios: uno optimista y otro pesimista.

7.9.1 Escenario Optimista

La introducción del producto en el mercado resulta un éxito, los consumidores se sienten totalmente identificados con la propuesta comercial y la demanda estimada para los primeros cuatro años es de 100 postes anuales y finalmente, el quinto año se produce un aumento súbito de la demanda a 1000 postes anuales.

	ESTADO DE RESULTADOS (BsF.)				
	2009	2010	2011	2012	2013
Ventas	926,729	1,289,451	1,890,335	2,912,251	47,038,679
Costo de Ventas	787,720	1,096,033	1,606,785	2,475,413	35,980,224
Utilidad Bruta	139,009	193,417	283,550	436,837	11,058,455
Utilidad antes de la Dep. e Impuesto	139,009	193,417	283,550	436,837	11,058,455
Depreciación	21,333	21,333	21,333	21,333	21,333
Utilidad antes de Impuesto	117,676	172,084	262,216	415,504	11,037,121
ISRL (34%)	40,009	58,508	89,153	141,271	3,752,621
Utilidad Neta	77,666	113,575	173,063	274,232	7,284,500

Tabla 21: Estado de Resultado para un Escenario Optimista. Fuente: Elaboración Propia

	2009	2010	2011	2012	2013
FLUJO DE CAJA (BsF.)	-209,000	134,909	194,396	295,566	7,305,833

TRAM	20%
TIR	178%
VPN BsF.	3,110,605
VPN \$	1,446,793

Tabla 22: Cálculo del VPN y el TIR para el Escenario Pesimista. Fuente: Elaboración Propia

Evidentemente el TIR y el VPN es superior al del escenario base, con un período de recuperación de la inversión de dos años y medio.

7.9.2 Escenario pesimista

La demanda de los postes en el mercado no es como se esperaba, los primeros dos años se producen 100 postes anuales, los siguientes dos 50 postes anuales y finalmente el último año no hay producción.

	ESTADO DE RESULTADOS (BsF.)				
	2009	2010	2011	2012	2013
Ventas	926,729	1,289,451	945,167	1,456,125	-
Costo de Ventas	787,720	1,096,033	803,392	1,237,706	1,999,143
Utilidad Bruta	139,009	193,417	141,775	218,418	-1,999,143
Utilidad antes de la Dep. e Impuesto	139,009	193,417	141,775	218,418	-1,999,143
Depreciación	21,333	21,333	21,333	21,333	-
Utilidad antes de Impuesto	117,676	172,084	120,441	197,085	-1,999,143
ISRL (34%)	40,009	58,508	40,950	67,009	-679,708
Utilidad Neta	77,666	113,575	79,491	130,076	-1,319,434

Tabla 23: Estado de Resultados para el Escenario Pesimista. Fuente: Elaboración Propia

	2009	2010	2011	2012	2013
FLUJO DE CAJA (BsF.)	-209,000	134,909	100,824	151,409	-1,319,434

TRAM	20%
TIR	-
VPN	
BsF.	-479,366
VPN \$	-222,961

Tabla 24: Cálculo del VPN y el TIR para el Escenario Pesimista. Fuente: Elaboración Propia

Al estudiar el flujo de caja de la empresa bajo este escenario, se notó que a pesar de las bajas ventas el inversionista recuperaría el capital el quinto año. Sin embargo en este contexto se obtuvo $TIR < TRAM$, lo cual significa que el inversionista perdió dinero al invertir en el proyecto y no en un instrumento financiero libre de riesgo con un $VPN < 0$.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

A través del estudio de factibilidad realizado podemos concluir que es factible crear una nueva unidad de negocio para la fabricación de postes solares en la plata de Grupo Vemacero C.A.

El diseño que realizamos de poste solar para la ciudad de Barquisimeto, al cual realizamos estudios de manufactura, mercadeo, finanzas, diseño de plantas y simulación, para posteriormente, determinar la factibilidad técnica y económica del negocio, nos indico que aunque las ventajas competitivas de los postes solares frente a los convencionales no son muy ventajosas desde el punto de vista económico, existe una demanda incierta del gobierno nacional que puede ser satisfecha. Hay que decir que la inversión inicial para montar la nueva línea de producción es muy baja para la empresa, lo cual compensa cualquier riesgo que implica este negocio.

La maquinaria para la producción de los postes solares también puede ser utilizada para disminuir los costos en la producción de las obras de herrería, en la de los postes convencionales o para ofrecer servicios especiales.

8.2 Recomendaciones

- ✓ Recomendamos a la empresa realizar diseños de postes solares y estudiar la factibilidad de los mismos para proyectos particulares, dado a que las variables de diseño cambian mucho dependiendo de la ubicación y de la zona que se quiere iluminar.
- ✓ Recomendamos también a que se estudie la posibilidad de utilizar la inversión requerida para el desarrollo de otros productos y negocios.
- ✓ No recomendamos a la empresa crear legalmente otra nueva unidad de negocios hasta de estos productos en el mercado.

- ✓ La empresa cuenta con un espacio muy limitado para montar esta nueva línea de producción, por lo cual recomendamos que se busque ampliar la planta de ser exitosa la nueva línea de producción.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bibliografía con Soporte Escrito

- Centro de Estudio de la Energía Solar. Energía Solar: Aplicaciones prácticas. Publicado por ProgenSA, 2005.
- WOLFANG, Palz. Estudio Económico de la Energía Solar. Publicado por Blume, 1978
- GUTIÉRREZ, Luís. Guía teórica de Cadenas de Suministros. Universidad Católica Andrés Bello
- DÍAZ, Joubran. Guía Teórica de Sistemas de Producción I. Universidad Católica Andrés Bello.
- **Domínguez, M.** , Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales – UNED – Madrid
- Norma Venezolana COVENIN 3126:1994 Alumbrado Público. Deficiones. Elaborado por CODELECTRA
- Norma Venezolana COVENIN 3290:1997 Alumbrado Público. Diseño. Elaborado por CODELECTRA
- Norma Venezolana COVENIN 3625:2000 Alumbrado Público. Construcción. Elaborado por CODELECTRA
- Norma Venezolana COVENIN 3323:1997 Postes Hexagonales de acero para el alumbrado público. Elaborado por CODELECTRA

Más Información:

- http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_por_puntos
- <http://aiu.edu/applications/DocumentLibraryManager/upload/Welding%20Process.pdf>
- http://www.ferremaq.com/ferremayoreo_detalle_pb2.asp?Maquina=MOD.+EAGLE+15+TONShttp://maquinariamacias.com/productos.php?cat=15

- <http://washingtonst.conevyt.org.mx/actividades/energia/Solar.html>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_verde
- <http://www.energymatters.com.au/trojan-flooded-lead-acid-battery-6v-210ah-p-196.html>
- <http://www.energymatters.com.au/trojan-flooded-lead-acid-battery-6v-210ah-p-196.html>
- <http://www.energymatters.com.au/morningstar-sunsaver-24volt-10amp-regulator-with-lvd-p-388.html>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Insolaci%C3%B3n>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Insolaci%C3%B3n>

Índice de Anexos

Anexo I: Metodología Empleada para el Estudio Técnico	1
Anexo II: Metodología Empleada para el Estudio Económico.....	15
Anexo III: Unidad Estratégica de Negocios	19
Anexo IV: Incidencia de la Luz Solar en la Tierra	23
Anexo V: Datos de Insolación en las Principales Ciudades del País	24
Anexo VI: Glosario y Modelo de la Ingeniería Concurrente	26
Anexo VII: Manufactura Integrada por Computadora (CIM)	31
Anexo VIII: Sistemas Fotovoltaicos	37
Anexo IX: Especificaciones Técnicas del Regulador.....	72
Anexo X: Datos de la Radiación Solar para la Ciudad de Barquisimeto	74
Anexo XI: Selección de los Equipos a Usar	75
Anexo XII: Diseño del Prototipo.....	76
Anexo XIII: Resultados de la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta	94
Anexo XIV: Adquisición de Equipos y Maquinaria	102
Anexo XV: Proceso de Producción bajo Pedido	104
Anexo XVI: Simulación de la Producción	106
Anexo XVII: Encuesta de Listado de Identificación de Necesidades y Problemas en la Iluminación Pública.....	116
Anexo XVIII: Ventajas Competitivas del Producto	117

ANEXO I

METODOLOGIA EMPLEADA EN EL ESTUDIO TÉCNICO

Manufactura

Aquí se describe la metodología que se sigue durante el estudio de manufactura para la producción en masa de postes solares.

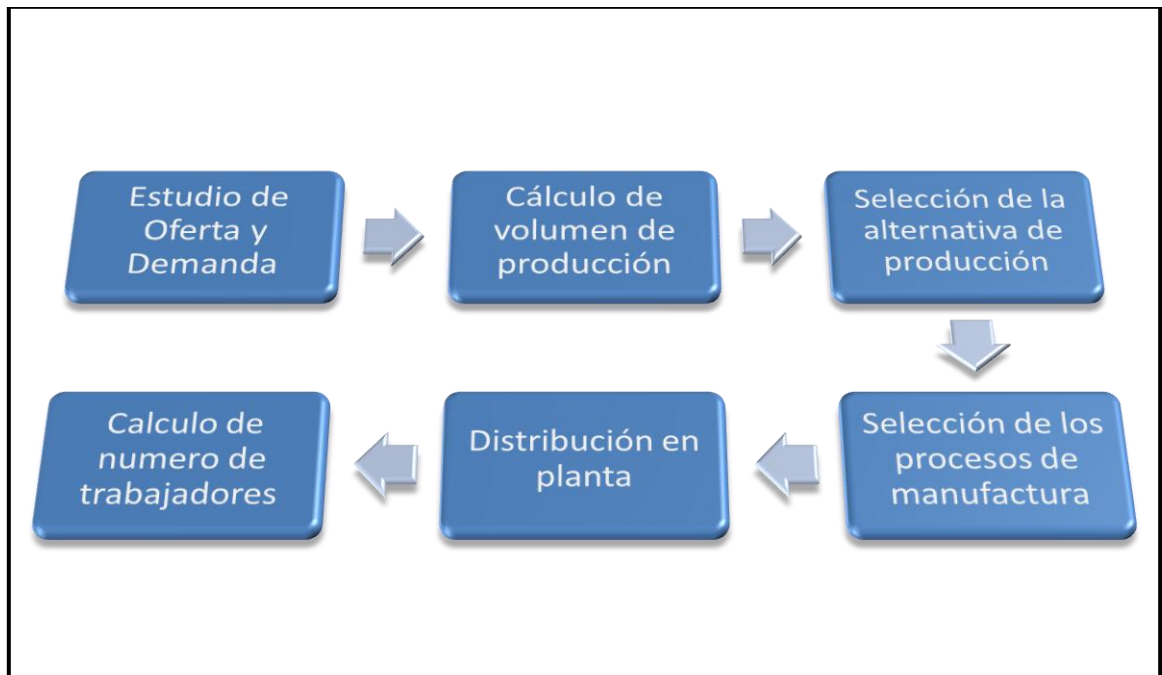


Figura 1. Metodología del estudio de manufactura. Fuente: Elaboración propia.

Selección de la alternativa de producción

Para seleccionar la mejor alternativa de producción recurrimos al método de factores ponderados. Este método consiste en establecer factores cuantitativos a una serie de factores relevantes para la elección de cada componente. Esta técnica permite ponderar factores de preferencia para el investigador en la toma de decisión. Se puede aplicar el siguiente procedimiento para jerarquizar los factores cualitativos.

1. Desarrollar una lista de factores relevantes.

2. Asignar un peso a cada factor para indicar su importancia relativa (los pesos deberán sumar 1.00), el peso asignado dependerá exclusivamente del criterio del investigador.
3. Asignar una escala compón a cada factor (por ejemplo, de 0 a 10) y elegir cualquier mínimo.
4. Calificar a cada opción de acuerdo a una escala designada y multiplicar la calificación por el peso.
5. Sumar la puntuación de cada alternativa y elegir la máxima puntuación.

Selección de los Procesos de Manufactura

1. Identificar las partes que componen el diseño.
2. Definir las operaciones de procesamiento y ensamblaje.
3. Elaborar diagrama de flujo de procesos.
4. Selección de maquinaria y equipos.

Planeación sistemática de la distribución en planta.

Esta metodología conocida como SLP por sus siglas en inglés, ha sido la más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza. Fue desarrollada por Richard Muther en 1961 como un procedimiento sistemático multicriterio, igualmente aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes. El método (resumido en la Figura 2) reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas precedentes e incorpora el flujo de materiales en el estudio de distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que, como el propio Muther describe, permiten identificar, valorar y

visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos...

Como puede apreciarse en la figura el diagrama brinda una visión general del SLP, aunque no refleja una característica importante del método: su carácter jerárquico, lo que indica que este debe aplicarse en fases jerarquizadas en cada una de las cuales el nivel de detalle es mayor que en la anterior.

Diseño para la manufactura

La metodología para el Diseño para Manufactura se describe en el siguiente esquema:

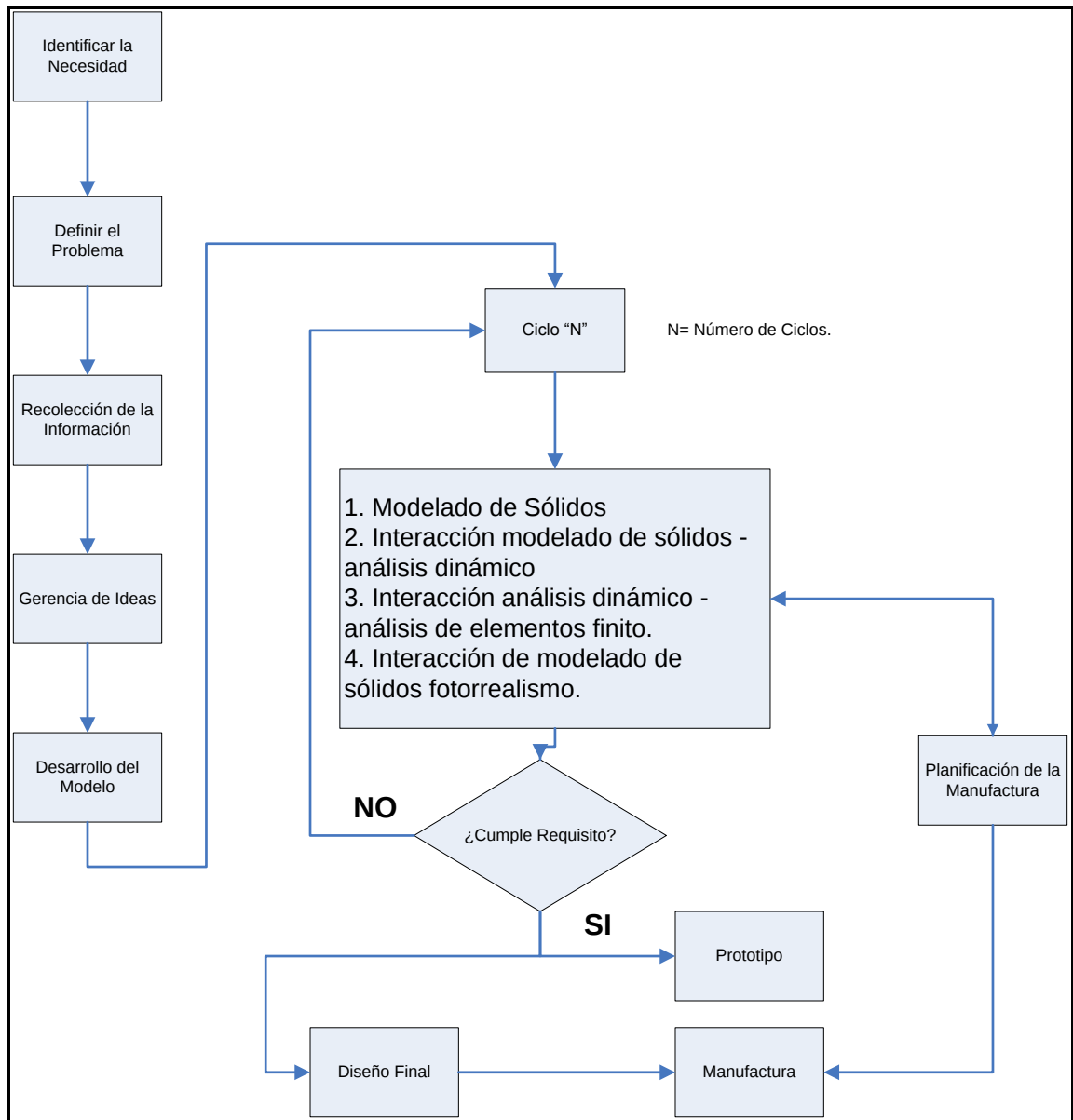


Fig.2 Metodología para el diseño de manufactura.

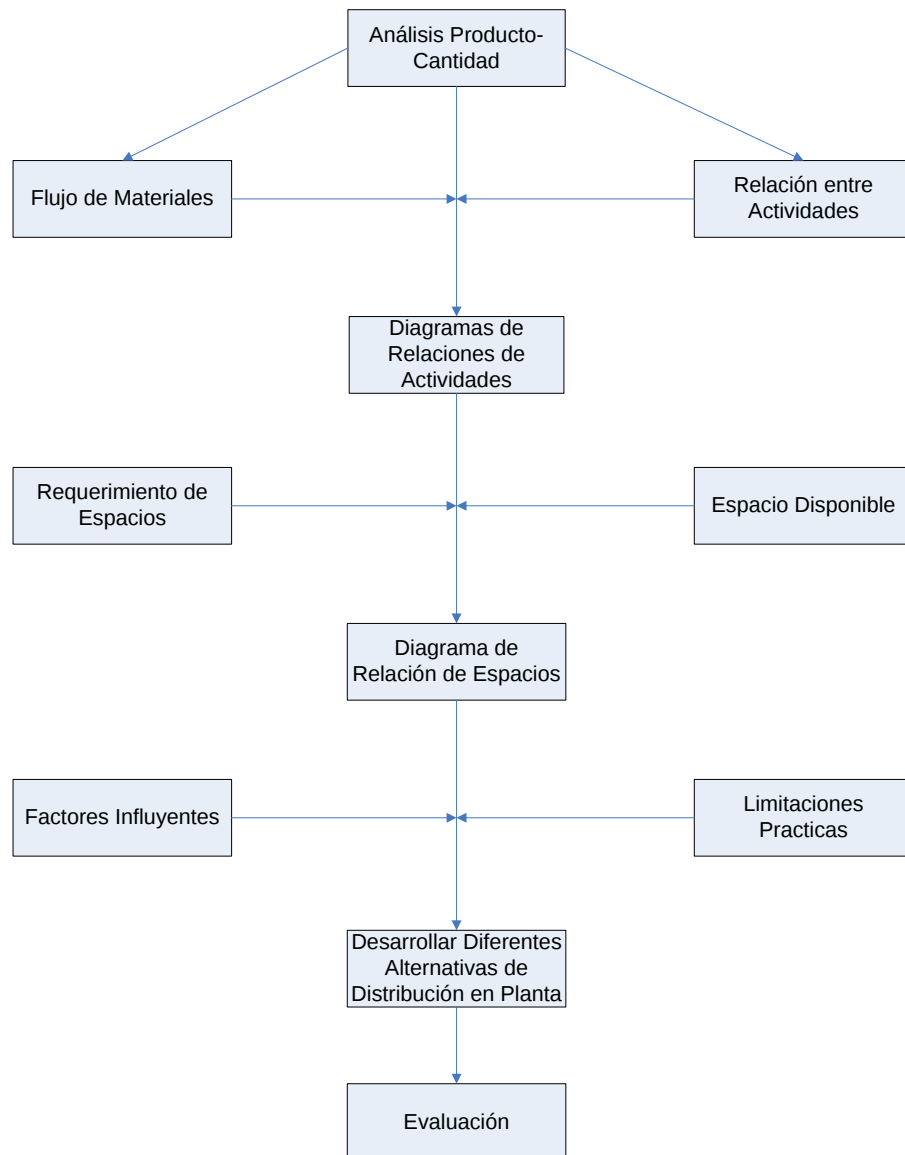


Figura 2. Esquema de la planeación sistemática de la distribución en planta. Fuente: Muther (1968)

Fases de Desarrollo

Las cuatro fases o niveles de la distribución en planta, que además pueden superponerse uno con el otro, son:

Primera Fase: Localización

“Aquí debe decidirse la ubicación de la planta a distribuir. Al tratarse de una planta completamente nueva se buscará una posición geográfica competitiva basada en la satisfacción de ciertos factores relevantes para la misma. En caso de una redistribución el objetivo será determinar si la planta se mantendrá en el emplazamiento actual o si se trasladará hacia un edificio recién adquirido, o hacia un área similar potencialmente disponible.

Segunda Fase: Distribución General del Conjunto

Aquí se establece el patrón de flujo para el área que va a ser distribuida y se indica también el tamaño, la relación, y la configuración de cada actividad principal, departamento o área, sin preocuparse todavía de la distribución en detalle. El resultado de esta fase es un bosquejo o diagrama a escala de la futura planta.

Tercera Fase: Plan de Distribución Detallada

Es la preparación en detalle del plan de distribución e incluye la planificación de donde van a ser colocados los puestos de trabajo, así como la maquinaria o los equipos.

Cuarta Fase: Instalación.

Esta última fase implica los movimientos físicos y ajustes necesarios, conforme se van colocando los equipos y máquinas, para lograr la distribución en detalle que fue planeada.

Estas fases se producen en secuencia, y según el autor del método para obtener los mejores resultados debe solaparse unas con otras.

A continuación se describe de forma general los pasos del procedimiento.

Paso 1: Análisis producto-cantidad

Lo primero que se debe conocer para realizar una distribución en planta es qué se va a producir y en qué cantidades, y estas previsiones deben disponer para cierto horizonte temporal. A partir de este análisis es posible determinar el tipo de distribución adecuado para el proceso objeto de estudio. En cuanto al volumen de información, pueden presentarse situaciones variadas, porque el número de productos puede ir de uno a varios miles. Si la gama de productos es muy amplia, convendrá formar grupos de productos similares, para facilitar el tratamiento de la información, la formulación de previsiones, y compensar que la formulación de previsiones para un solo producto puede ser poco significativa. Posteriormente se organizarán los grupos según su importancia, de acuerdo con las previsiones efectuadas. Muther (1981) recomienda la elaboración de un gráfico en el que se representen en abscisas los diferentes productos a elaborar y en ordenadas las cantidades de cada uno. Los productos deben ser representados en la gráfica en orden decreciente de cantidad producida. En función del gráfico resultante es recomendable la implantación de uno u otro tipo de distribución.

Pasó 2: Análisis del recorrido de los productos (flujo de producción)

Se trata en este paso de determinar la secuencia y la cantidad de los movimientos de los productos por las diferentes operaciones durante su procesado. A partir de la información del proceso productivo y de los volúmenes de producción, se elaboran gráficas y diagramas descriptivos del flujo de materiales...

Tales instrumentos no son exclusivos de los estudios de distribución en planta; son o pueden ser los mismos empleados en los estudios de métodos.

Entre estos se cuenta con:

- Diagrama OTIDA
- Diagrama de acoplamiento.
- Diagrama As-Is
- Cursogramas analíticos.
- Diagrama multiproducto.

- Matrices origen- destino.
- Diagramas de hilos.
- Diagramas de recorrido.

De estos diagramas no se desprende una distribución en planta pero sin dudas proporcionan un punto de partida para su planteamiento. No resulta difícil a partir de ellos establecer puestos de trabajo, líneas de montaje principales y secundarias, áreas de almacenamiento, etc.

Paso 3: Análisis de las relaciones entre actividades

Conocido el recorrido de los productos, debe plantearse el tipo y la intensidad de las interacciones existentes entre las diferentes actividades productivas, los medios auxiliares, los sistemas de manipulación y los diferentes servicios de la planta. Estas relaciones no se limitan a la circulación de materiales, pudiendo ser ésta irrelevante o incluso inexistente entre determinadas actividades. La no existencia de flujo material entre dos actividades no implica que no puedan existir otro tipo de relaciones que determinen, por ejemplo, la necesidad de proximidad entre ellas; o que las características de determinado proceso requieran una determinada posición en relación a determinado servicio auxiliar. El flujo de materiales es solamente una razón para la proximidad de ciertas operaciones unas con otras.

Entre otros aspectos, el proyectista debe considerar en esta etapa las exigencias constructivas, ambientales, de seguridad e higiene, los sistemas de manipulación necesarios, el abastecimiento de energía y la evacuación de residuos, la organización de la mano de obra, los sistemas de control del proceso, los sistemas de información, etc.

Esta información resulta de vital importancia para poder integrar los medios auxiliares de producción en la distribución de una manera racional. Para poder representar las relaciones encontradas de una manera lógica y que permita clasificar la intensidad de dichas relaciones, se emplea la tabla relacional de actividades (Figura 3), consistente en un diagrama de doble entrada, en el que

quedan plasmadas las necesidades de proximidad entre cada actividad y las restantes según los factores de proximidad definidos a tal efecto. Es habitual expresar estas necesidades mediante un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales: A (absolutamente necesaria), E (especialmente importante), I (importante), O (importancia ordinaria) y U (no importante); la indeseabilidad se representa por la letra X.

En la práctica, el análisis de recorridos expuesto en el apartado anterior se emplea para relacionar las actividades directamente implicadas en el sistema productivo, mientras que la tabla relacional permite integrar los medios auxiliares de producción.

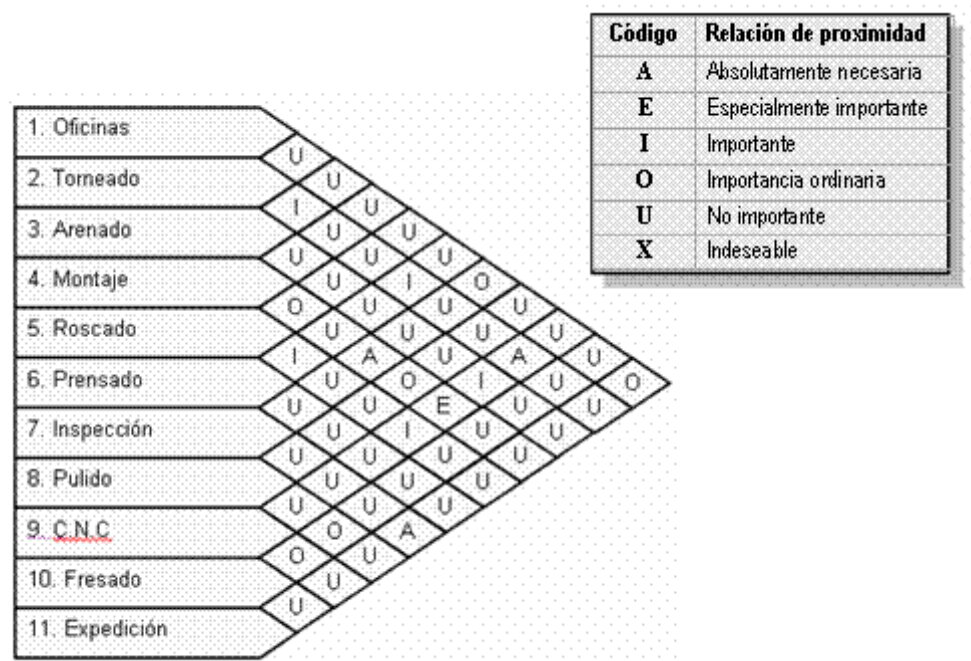


Figura 3. Ejemplo de Tabla Relacional de Actividades. Fuente: Muther (1968)

Paso 4: Desarrollo del Diagrama Relacional de Actividades

La información recogida hasta el momento, referente tanto a las relaciones entre las actividades como a la importancia relativa de la proximidad entre ellas, es

recogida en el Diagrama Relacional de Actividades. Éste pretende recoger la ordenación topológica de las actividades en base a la información de la que se dispone. De tal forma, en dicho grafo los departamentos que deben acoger las actividades son adimensionales y no poseen una forma definida.

El diagrama es un grafo en el que las actividades son representadas por nodos unidos por líneas. Estas últimas representan la intensidad de la relación (A,E,I,O,U,X) entre las actividades unidas a partir del código de líneas que se muestra en la Figura 4.

A continuación este diagrama se va ajustando a prueba y error, lo cual debe realizarse de manera tal que se minimice el número de cruces entre las líneas que representan las relaciones entre las actividades, o por lo menos entre aquellas que representen una mayor intensidad relacional. De esta forma, se trata de conseguir distribuciones en las que las actividades con mayor flujo de materiales estén lo más próximas posible (cumpliendo el principio de la mínima distancia recorrida, y en las que la secuencia de las actividades sea similar a aquella con la que se tratan, elaboran o montan los materiales (principio de la circulación o flujo de materiales).

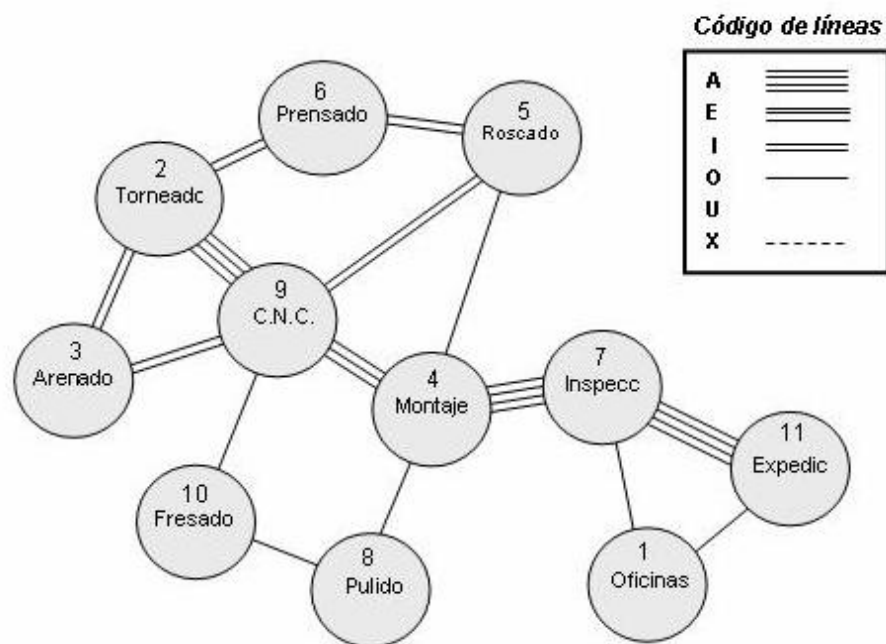


Figura 4. Ejemplo de Diagrama Relacional de Actividades. Fuente: Muther (1968)

Paso 5: Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios

El siguiente paso hacia la obtención de alternativas factibles de distribución es la introducción en el proceso de diseño, de información referida al área requerida por cada actividad para su normal desempeño. El planificador debe hacer una previsión, tanto de la cantidad de superficie, como de la forma del área destinada a cada actividad.

No existe un procedimiento general ideal para el cálculo de las necesidades de espacio. El proyectista debe emplear el método más adecuado al nivel de detalle con el que se está trabajando, a la cantidad y exactitud de la información que se posee y a su propia experiencia previa. El espacio requerido por una actividad no depende únicamente de factores inherentes a sí misma, si no que puede verse condicionado por las características del proceso productivo global, de la gestión de dicho proceso o del mercado. Por ejemplo, el volumen de producción estimado, la variabilidad de la demanda o el tipo de gestión de almacenes previsto pueden afectar al área necesaria para el desarrollo de una actividad. En cualquier caso, según dicho autor, hay que considerar que los resultados obtenidos son siempre previsiones, con base más o menos sólida, pero en general con cierto margen de error.

El planificador puede hacer uso de los diversos procedimientos de cálculo de espacios existentes para lograr una estimación del área requerida por cada actividad. Los datos obtenidos deben confrontarse con la disponibilidad real de espacio. Si la necesidad de espacio es mayor que la disponibilidad, deben realizarse los reajustes necesarios; bien disminuir la previsión de requerimiento de superficie de las actividades, o bien, aumentar la superficie total disponible modificando el proyecto de edificación (o el propio edificio si éste ya existe). El ajuste de las necesidades y disponibilidades de espacio suele ser un proceso iterativo de continuos acuerdos, correcciones y reajustes, que desemboca finalmente en una solución que se representa en el llamado Diagrama Relacional de Espacios.

Paso 6: Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios

El Diagrama Relacional de Espacios es similar al Diagrama Relacional de Actividades presentado previamente, con la particularidad de que en este caso los símbolos distintivos de cada actividad son representados a escala, de forma que el tamaño que ocupa cada uno sea proporcional al área necesaria para el desarrollo de la actividad.

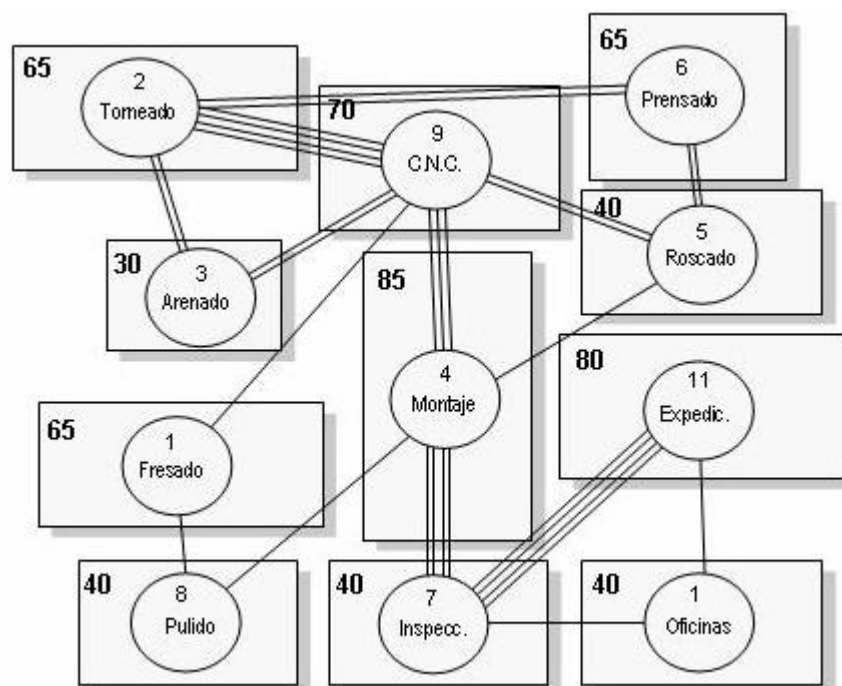


Figura 5 .Ejemplo de Diagrama relacional de espacios con indicación del área requerida por cada actividad. Fuente: Muther (1968)

En estos símbolos es frecuente añadir, además, otro tipo de información referente a la actividad como, por ejemplo, el número de equipos o la planta en la que debe situarse. Con la información incluida en este diagrama se está en disposición de construir un conjunto de distribuciones alternativas que den solución al problema. Se trata pues de transformar el diagrama ideal en una serie de distribuciones reales, considerando todos los factores condicionantes y limitaciones prácticas que afectan al problema.

Entre estos elementos se pueden citar características constructivas de los edificios, orientación de los mismos, usos del suelo en las áreas colindantes a la que es objeto de estudio, equipos de manipulación de materiales, disponibilidad insuficiente de recursos financieros, vigilancia, seguridad del personal y los equipos, turnos de trabajo con una distribución que necesite instalaciones extras para su implantación.

A pesar de la aplicación de las más novedosas técnicas de distribución, la solución final requiere normalmente de ajustes imprescindibles basados en el sentido común y en el juicio del distribuidor, de acuerdo a las características específicas del proceso productivo o servicio que tendrá lugar en la planta que se proyecta. No es extraño que a pesar del apoyo encontrado en el software disponible en la actualidad, se sigan utilizando las técnicas tradicionales y propias de la distribución en la mayoría de las ocasiones. De tal forma, sigue siendo un procedimiento ampliamente utilizado la realización de maquetas de la planta y los equipos bi o tridimensionales, de forma que estos puedan ir colocándose de distintas formas en aquella hasta obtener una distribución aceptable.

La obtención de soluciones es un proceso que exige creatividad y que debe desembocar en un cierto número de propuestas (Muther, 1968 aconseja de dos a cinco) elaboradas de forma suficientemente precisa, que resultarán de haber estudiado y filtrado un número mayor de alternativas desarrolladas solo esquemáticamente.

Como se indica en el Systematic Layout Planning finaliza con la implantación de la mejor alternativa tras un proceso de evaluación y selección. El planificador puede optar por diversas formas de generación de layouts (desde las meramente manuales hasta las más complejas técnicas metaheurísticas), y de evaluación de los mismos.

Paso 7: Evaluación de las alternativas de distribución de conjunto y selección de la mejor distribución

Una vez desarrolladas las soluciones, hay que proceder a seleccionar una de ellas, para lo que es necesario realizar una evaluación de las propuestas, lo que nos pone en presencia de un problema de decisión multicriterio. La evaluación de los planes alternativos determinará que propuestas ofrecen la mejor distribución en planta. Los métodos más referenciados entre la literatura consultada con este fin se relacionan a continuación:

- a) Comparación de ventajas y desventajas
- b) Análisis de factores ponderados
- c) Comparación de costos

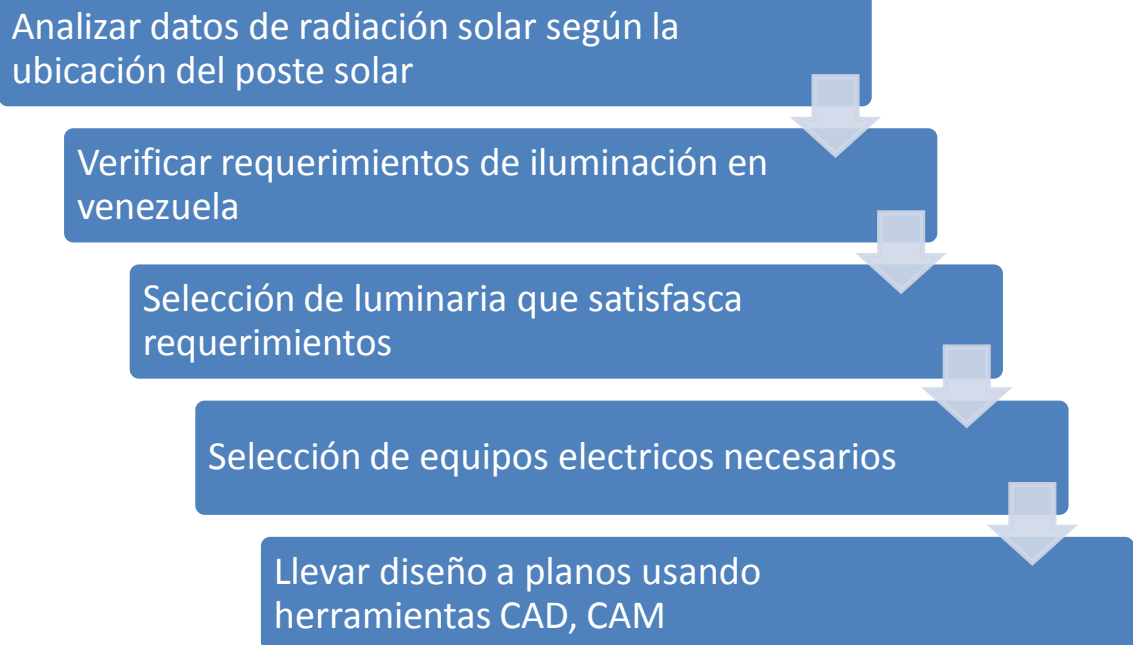
Probablemente el método más fácil de evaluación de los mencionados anteriormente es el de enlistar las ventajas y desventajas que presenten las alternativas de distribución, o sea un sistema de "pros" y "contras". Sin embargo, este método es el menos exacto, por lo que es aplicado en las evaluaciones preliminares o en las fases (I y II) donde los datos no son tan específicos.

Por su parte, el segundo método consiste en la evaluación de las alternativas de distribución con respecto a cierto número de factores previamente definidos y ponderados según la importancia relativa de cada uno sobre el resto, siguiendo para ello una escala que puede variar entre 1-10 o 1-100 puntos. De tal forma se seleccionará la alternativa que tenga la mayor puntuación total. Esto aumenta la objetividad de lo que pudiera ser un proceso muy subjetivo de toma de decisión. Además, ofrece una manera excelente de implicar a la dirección en la selección y ponderación de los factores, y a los supervisores de producción y servicios en la clasificación de las alternativas de cada factor.

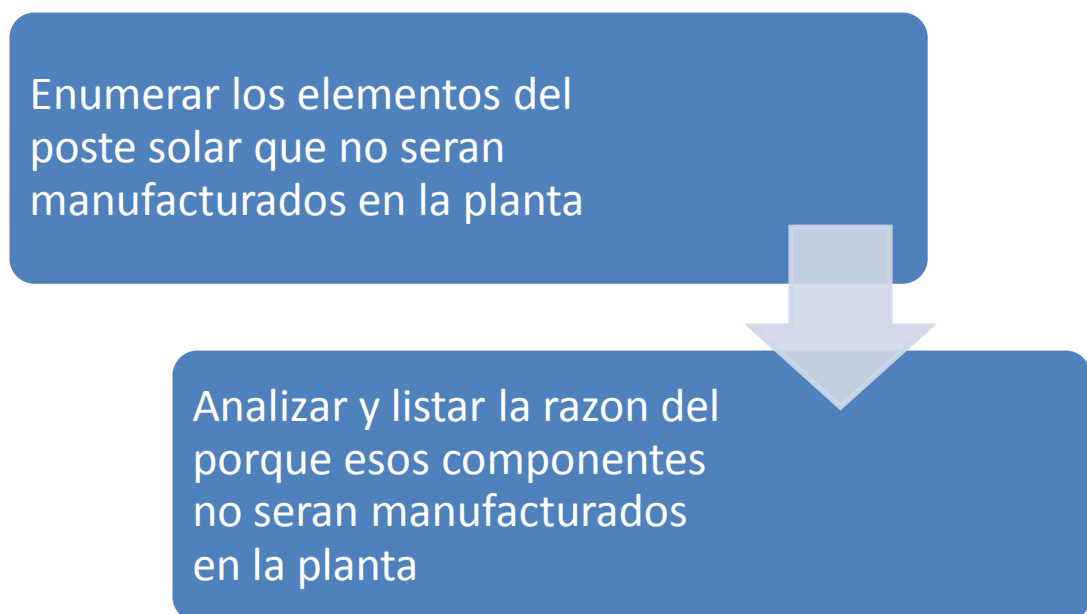
El método más substancial para evaluar las Distribuciones de Planta es el de comparar costos. En la mayoría de los casos, si el análisis de costos no es la base principal para tomar una decisión, se usa para suplementar otros métodos de evaluación. Las dos razones principales para efectuar un análisis de costos son: justificar un proyecto en particular y comparar las alternativas propuestas. El

preparar un análisis de costos implica considerar los costos totales involucrados o solo aquellos costos que se afectarán por el proyecto.

Diseño del Prototipo



Análisis Hacer Vs. Comprar



ANEXO II

METODOLOGIA EMPLEADA EN EL ESTUDIO ECONÓMICO

Análisis de costos

Los costos son la cantidad desembolsada o invertida para comprar o producir un bien.

Cuando las empresas o compañías calculan sus costos, suelen evaluar también los costos marginales y los costos medios. El marginal es el costo de producir una unidad adicional. El costo medio es el gasto total dividido por el número de unidades producidas. El precio tiene que ser igual al costo marginal de la última unidad producida para que la empresa no incurra en pérdidas al producir esta última unidad.

Los costos ofrecen una base para determinar la utilidad, para hacer la planeación de las utilidades, para el control y para la toma de decisiones.

A través de la historia, factores como la inflación, la fiscalización, los costos de mano de obra, los costos de material, así como los costos de distribución, han impulsado a las industrias a buscar modos mejores y más económicos de realizar la producción.

La mayoría de los productos que se elaboran para el público general sólo dan resultados satisfactorios si se pueden producir en masa y comercializar a precios ventajosos.

El diseño de productos afecta los costos de manufactura (mano de obra directa e indirecta, materias primas y gastos generales), los costos de garantía y reparaciones en el campo. Muchas veces una simplificación en el diseño es mejorar el costo de un producto. Al reducir el número de piezas fabricadas, los costos de las materias primas por lo general se reducen, bajan los niveles de inventario, se reduce el número de proveedores y el tiempo de producción puede disminuir

Punto de Equilibrio

El análisis de Punto de Equilibrio se refiere al punto donde los ingresos totales recibidos se igualan a los costos asociados con la venta de un producto ($IT = CT$). Un punto de equilibrio es usado comúnmente en las empresas/organizaciones para determinar la posible rentabilidad de vender determinado producto.

Valor Presente Neto

El Valor Presente Neto (VPN) es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de cajas futuros. El método, además, descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el período considerado. La obtención del VPN constituye una herramienta fundamental para la evaluación y gerencia de proyectos, así como para la administración financiera.

Este método es muy utilizado por dos razones, la primera es muy de muy fácil aplicación y la segunda porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman a moneda de hoy y así puede verse, fácilmente, si los ingresos son mayores que los egresos. Cuando el VPN es menor que cero implica que hay una pérdida a una cierta tasa de interés o por el contrario si el VPN es mayor que cero se presenta una ganancia. Cuando el VPN es igual a cero se dice que el proyecto es indiferente.

La condición indispensable para comparar alternativas es que siempre se tome en la comparación igual número de años, pero si el tiempo de cada uno es diferente, se debe tomar como base el mínimo común múltiplo de los años de cada alternativa.

Tasa interna de retorno

Se define como la tasa de descuento de interés que iguala el VPN a cero, es decir, se efectúan tanteos con diferentes tasas de descuentos consecutivas hasta

que el VPN sea cercano o igual a cero y obtengamos un VPN positivo y uno negativo.

Si $TIR > \text{tasa de descuento } (r)$: El proyecto es aceptable.

Si $TIR = r$: El proyecto es postergado.

Si $TIR < \text{tasa de descuento } (r)$: El proyecto no es aceptable.

Este método presenta más dificultades y es menos fiable que el anterior eso suele usarse como complementario al VPN.

Periodo de Recuperación

Se define como el período que tarda en recuperarse la inversión inicial a través de los flujos de caja generados por el proyecto. La inversión se recupera en el año en el cual los flujos de caja acumulados superan a la inversión inicial.

Se efectúa por tanteos utilizando los valores del VPN hasta obtener un valor negativo y uno positivo.

No se considera un método adecuado si se toma como criterio único. Pero, de la misma forma que el método anterior, puede ser utilizado complementariamente con el VPN.

Coefficiente beneficio Costo

Se obtiene con los datos del VPN; cuando se divide la sumatoria de todos los beneficios entre la sumatoria de los costos.

Si $BC > 1$: El proyecto es aceptable.

Si $BC =$ ó cercano a 1: El proyecto es postergado.

Si $BC < 1$: El proyecto no es aceptable.

ANEXO III

UNIDAD ESTRATEGICA DE NEGOCIOS

“El nivel intermedio o de negocio se hace especialmente necesario en las empresas diversificadas o multiactividad, en las cuales la heterogeneidad de los distintos negocios hace inviable un tratamiento estratégico conjunto de los mismos.

Aparece la necesidad de definir unidades de análisis distintas de la empresa en su conjunto y de los tradicionales subsistemas de funciones. Uno de los puntos de partida fundamentales para el desarrollo del análisis estratégico y la formulación de una estrategia empresarial en la empresa diversificada consiste en la subdivisión de la misma en unidades estratégicas, al efecto de poder comprender mejor su realidad particular y tomar así decisiones con más elementos de juicio.

Cómo se delimitan las UEN

“Dicho lo anterior, probablemente la primera cuestión de orden práctico que se plantea es la de cómo se delimitan las UEN. Cada ámbito producto mercado (P-M) en que quede dividida la empresa, dependerá del mercado de referencia utilizado. La delimitación del mercado de referencia puede hacerse en base a los dos siguientes factores:

- La amplitud de la oferta del producto.
- La extensión del mercado.

La amplitud de la oferta del producto o lote de productos, deberá estar definida desde el punto de vista del catálogo. Pero esto depende de factores exógenos y no de la libre voluntad de la empresa. Alguno de los factores reconocidos como influyentes en la fijación de la amplitud de la oferta es:

- Reducción de los costes por la ampliación de la oferta.
- Gastos del catálogo.
- Efecto relativo de la calidad.

- Hábitos de compra.
- Estructura de las necesidades.

El segundo factor que interviene en la identificación del mercado de referencia es la extensión del mercado, lo que tiene que ver con la geografía del mercado: mercado local, mercado regional, mercado internacional. En este aspecto se deberán tener en cuenta: las barreras aduaneras, las barreras no tarifarias (normas internas restrictivas), la importancia de la proximidad del cliente, la fidelidad del cliente, los hábitos de la clientela. En la práctica también juegan otros factores en la delimitación de las UENs, tales como: la importancia de los clientes, los canales de distribución, los destinatarios (minoristas, mayoristas). Llegado este punto, se pueden extraer los rasgos representativos de la filosofía tenidos en cuenta por las empresas que utilizan este recurso organizativo:

Como reacción a los cambios del mercado, la empresa identifica y diferencia diferentes ámbitos producto - mercado.

- La empresa diversificada en ámbitos producto-mercado está dirigida como un portafolio de negocios en los que cada unidad de negocio sirve a un segmento producto-mercado claramente definido con una estrategia claramente diferenciada.
- Cada unidad de negocio del portafolio desarrolla una estrategia diseñada de acuerdo a sus posibilidades y necesidades competitivas, aunque consistente con las capacidades y necesidades de la empresa como un todo.
- El conjunto de los negocios del portafolio se manejan asignándole los recursos de capital y de dirección, de acuerdo con los intereses de la empresa como un todo, para alcanzar un crecimiento equilibrado en ventas, beneficios y conjunto de activos, con un aceptable y controlable nivel de riesgo. En esencia, el portafolio está diseñado y manejado para alcanzar una

estrategia general empresarial (estrategia básica, master plan, etc.), de la que más adelante se hablará.

Jerarquía estratégica: el protagonismo de las UENs

La mayoría de las empresas que disponen de sistemas de dirección estratégica, lo desarrollan en tres niveles:

- **Estrategia básica o corporativa:** define, a grandes rasgos, el curso futuro de la empresa contemplada globalmente.
- **Estrategias de las UEN:** para empresas orientadas al mercado (no sólo a la producción), basadas en la existencia de unidades diferenciadas (semejantes, pero no iguales a las tradicionales divisiones de producción) llamadas unidades estratégicas de negocio (UEN). La estrategia básica induce la formulación de las estrategias de las UEN, que deberán ser dirigidas como un portafolio de negocios, en el que cada unidad atiende a un segmento producto-mercado, claramente definido, mediante una estrategia específica para cada UEN. Al conjunto de los negocios del portafolio se le asignarán los recursos de capital y de dirección, de acuerdo con los intereses de la empresa. El portafolio debería ser diseñado y manejado para alcanzar la estrategia básica. De ahí la importancia de la elección de las UEN en el desarrollo de la estrategia total.
- **Estrategia funcional:** afecta a las unidades funcionales clásicas de la empresa (fabricación, finanzas, personal, marketing, etc.), protagonistas del proceso productivo. Su papel está subordinado a la orientación de mercado que se propone la empresa, por lo que la preparación de las estrategias funcionales es una operación deductiva, partiendo de la estrategia básica y de las estrategias de negocios. Aunque se aplica a toda la empresa, su objetivo es armonizar los diferentes conceptos de cada estrategia de negocio, confiriendo a la empresa una estructura uniformemente articulada.

ANEXO IV
INCIDENCIA DE LA LUZ SOLAR EN LA TIERRA

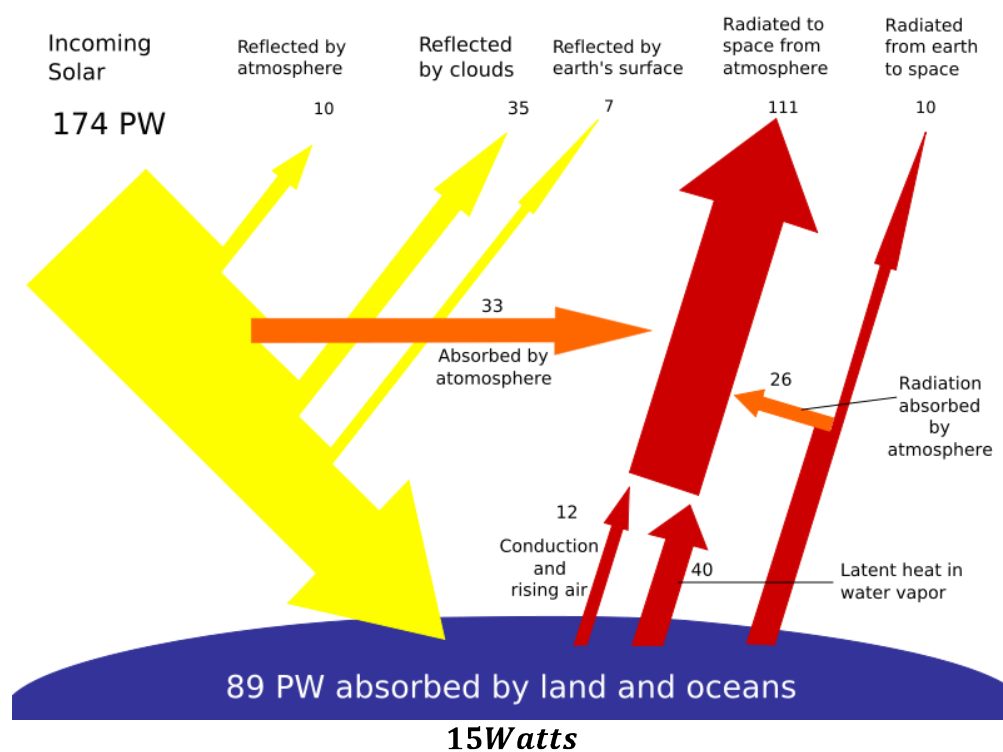


Figura 6. Incidencia de la Luz Solar en la Tierra. Fuente: Original JPG por Frank van Mierlo Graphic.

ANEXO N°V

DATOS DE INSOLACIÓN EN LAS PRINCIPALES CIUDADES DEL PAÍS

Estado/Ciudad	Caracas	Maracaibo	Valencia
Latitud	10° 30' N	10° 39' N	10° 09' N

Longitud	66° 54' W	71° 36' W	68° 00' W
Enero	5.14	4.71	5.75
Febrero	5.82	5.09	6.68
Marzo	6.11	5.42	7.17
Abril	5.94	5.22	7.28
Mayo	5.76	5.12	6.48
Junio	5.63	5.28	5.11
Julio	5.77	5.49	5.92
Agosto	5.77	5.31	6.26
Septiembre	5.72	5.2	6.26
Octubre	5.56	4.68	6.13
Noviembre	5.01	4.55	5.76
Diciembre	4.84	4.51	5.41
Promedio al Año	5.59	5.05	6.18

Figura 7: Datos de Insolación de las principales ciudades del país. Fuente: NASA - Surface meteorology and Solar Energy Data Set.

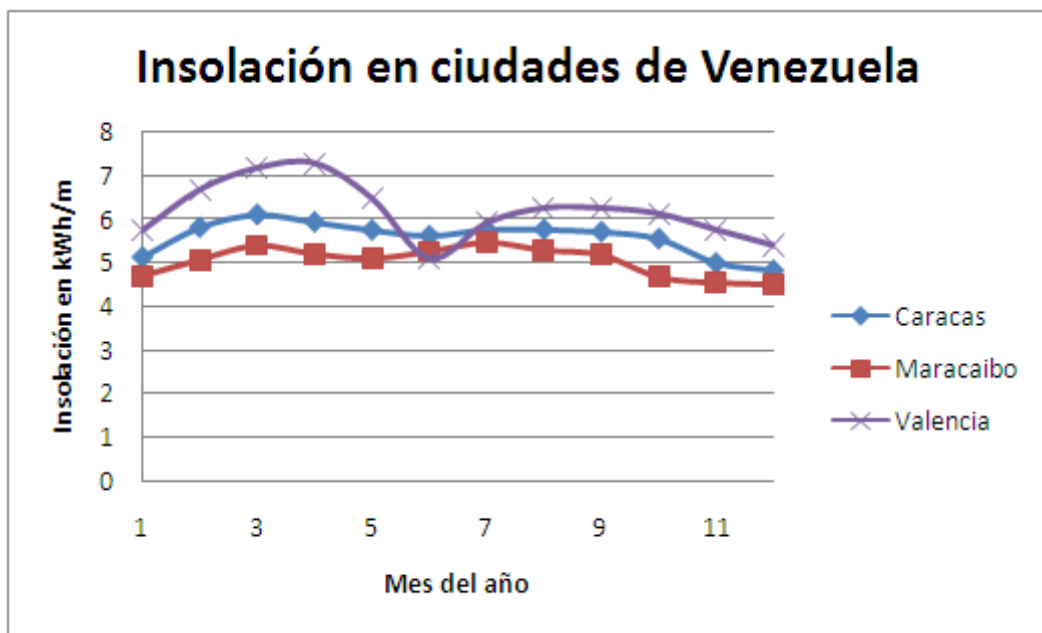


Figura 8. Insolación en las principales ciudades de Venezuela. Fuente: Elaboración propia.

ANEXO VI

GLOSARIO Y MODELOS DE LA INGENIERIA CONCURRENTE

Glosario de la ingeniería concurrente

“Casa de la calidad: Herramienta teórica de la IC. Es una técnica de evaluación de un producto, considerando y focalizando las necesidades de los clientes, los requerimientos ingenieriles de diseño y competitividad para un producto. Durante el desarrollo de un producto se va aplicando esta técnica y se va midiendo cuanto están cumpliendo los objetivos en función de los parámetros establecidos.

Simulación: Es un proceso numérico diseñado para experimentar el comportamiento de cualquier sistema en una computadora digital, a lo largo de la dimensión tiempo. El comportamiento del sistema se presenta a base de modelos matemáticos y lógicos, diseñados para tal fin.

Tiempo: Corresponde acortar los tiempos de salida de los productos al mercado, disminuyendo el tiempo de ciclo de desarrollo de los productos.

Diseño: Corresponde a generar diseños propios e innovadores que suman valor agregado al producto y diferencian el producto.

Implementación: Corresponde al proceso físico necesario para la inclusión de cada uno de los conceptos en el tiempo de acuerdo a toda las consideraciones hechas. Acá no se debe dejar de realizar un control instantáneo en el momento de implementación, respecto de la planificación particular y de la estructura general de aplicación.

Perfeccionamiento: Aquí se toman las decisiones que retroalimentaran el punto de implementación durante el horizonte de planificación y para el tiempo que opere la filosofía en la organización. Es por ello que el perfeccionamiento cae en un loop sin retorno con el punto implementación, es decir el modelo contempla un constante perfeccionamiento de la filosofía. Lo anterior se funda principalmente en que la filosofía contempla por ejemplo, la realización de

desarrollos específicos para sí misma en la organización. Respecto de lo anterior un punto importante dentro del perfeccionamiento es la institucionalización de la investigación y desarrollo al interior de la organización.

Modelos de la ingeniería concurrente

Respecto de la metodología de la IC, veremos que las funciones involucradas en el ciclo de desarrollo de un producto están en interacción constante. Así, existen dos formas de ver y analizar dicha interacción:

Primero, podemos visualizar el proceso como una interacción múltiple, constante y semi-secuencial entre las funciones de Marketing, Diseño, Producción y Soporte apoyando esta interacción a través de un sistema de información que relacione a todas ellas entre sí, a fin de incrementar el dialogo entre las mismas y fomentar el trabajo en equipos multidisciplinarios, como se ve en la figura.

INGENIERÍA CONCURRENTE (IC)

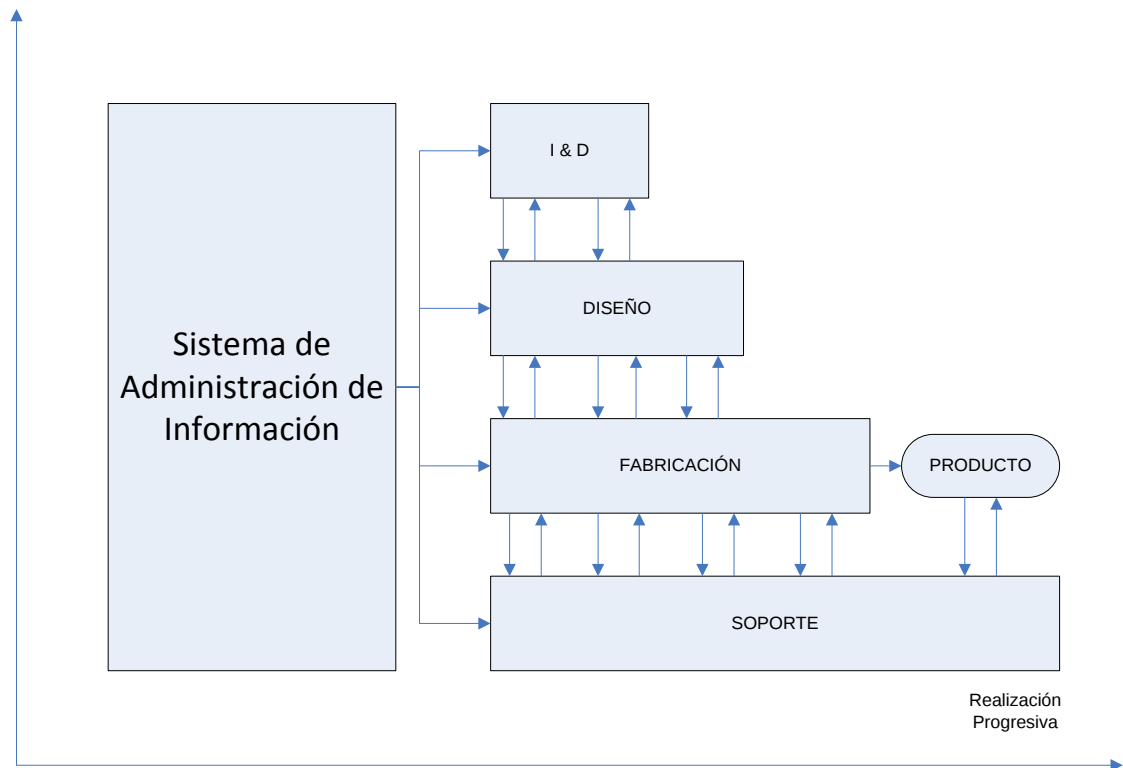


Figura 9. Sistema de administración de la información en la Ingeniería Concurrente. Fuente: <http://members.tripod.com/admusach/doc/ingconc.htm>

Diagrama de Ingeniería Concurrente

Por otra parte, es posible ver que todas las funciones asociadas al diseño de productos forman un círculo de análisis en el cual se debe basar el equipo de diseño en un ambiente de IC, para generar el diseño final que será fabricado por la empresa. Dicho círculo, forma parte de la etapa de diseño, la que incluye herramientas computacionales (softwares como herramientas CAD, simuladores, etc.) de apoyo para el diálogo entre estas funciones. Además, requiere de profesionales altamente capacitados para el uso de estas herramientas que constituyen el control lógico de este círculo y que, a su vez, forman parte del centro del círculo. La etapa de diseño, también, interactúa bidireccionalmente con las funciones de Marketing y unidireccionalmente hacia producción la que, por su

parte, vuelve a interactuar con Marketing a través de los usuarios o clientes, como se ve en la figura.

Ciclo del Desarrollo del Producto usando el “Círculo de IC”

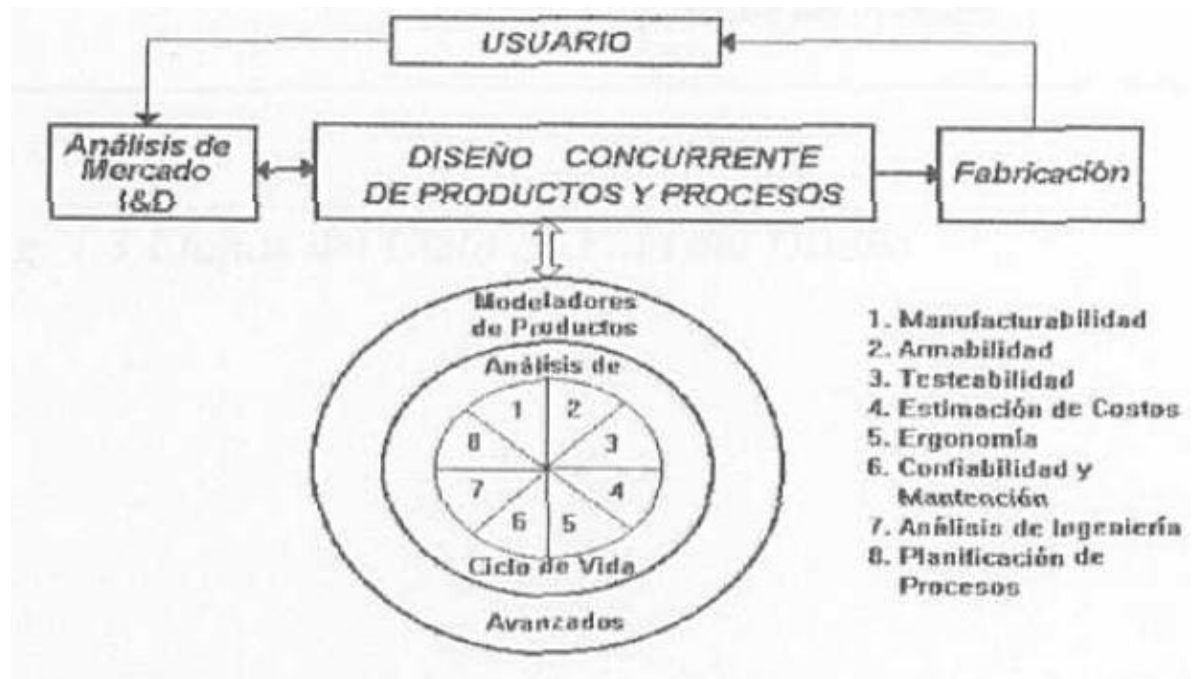


Figura 10. Ciclo del desarrollo del producto usando el “Círculo de IC”. Fuente: <http://members.tripod.com/admusach/doc/ingconc.htm>

En IC el producto debe ser programado para todo el ciclo de vida, debiendo, por lo tanto, incluirse en todas las etapas posibles en el ciclo de desarrollo, como muestra la figura.

Etapas del Ciclo de Vida del Diseño

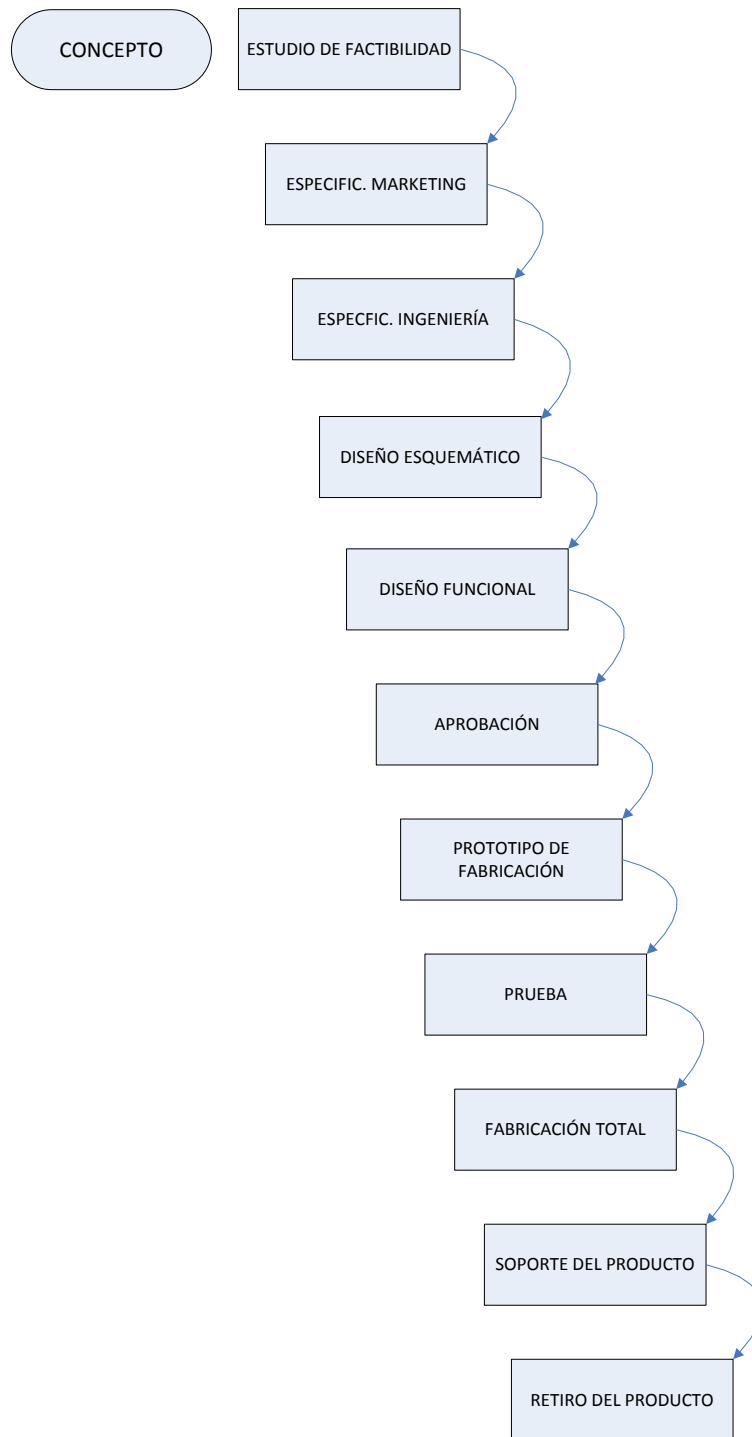


Figura 11: Etapas del Ciclo de Vida del Diseño. Fuente: <http://members.tripod.com/admusach/doc/ingconc.htm>

ANEXO VII

MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA (CIM)

“La manufactura integrada por computadora se define como "la integración de las computadoras digitales en todos los aspectos del proceso de manufactura". Otra definición afirma que se trata de un sistema complejo, de múltiples capas diseñado con el propósito de minimizar los gastos y crear riqueza en todos los aspectos. También se menciona que tiene que ver con proporcionar asistencia computarizada, automatizar, controlar y elevar el nivel de integración en todos los niveles de la manufactura.

Anteriormente se ha tratado de describir el concepto CIM y como las tecnologías de sus componentes calzan en ese concepto, los avances tecnológicos están permitiendo que la integración sea realizada. Esta tecnología se centra en la computación y las telecomunicaciones, y busca la integración de todas las actividades del negocio. Por lo tanto la manufactura integrada por computadora es uno de tantos conceptos avanzados que abarcan tecnologías modernas de manufactura, así como otros conceptos de manufactura como Justo a Tiempo, calidad total, teoría de restricciones, etc. Lo realmente importante no es dar una definición al concepto, sino entender que se trata de una forma de trabajo en la cual todas las partes que intervienen para el desarrollo de un producto están enfocadas a lograr la meta de una organización. Sin importar cuán eficientes sean las operaciones de corte, ensamblaje y movimiento de materiales, mientras no exista una buena coordinación y planificación no existirá real eficiencia. La tecnología CIM que mejora la administración de la manufactura son los sistemas MRP II (manufacturing resource planning) o planeación de insumos de manufactura y, más recientemente, JIT (just in time) o justo a tiempo.

CIM tiene un componente tecnológico penetrante, pero es más que solo una nueva tecnología es una filosofía de operación. Para entender esta tecnología se requiere de un entendimiento de los conceptos de manufactura, integración y la aplicación de las computadoras.

Manufactura: Significa fabricar o producir objetos o mercancías manualmente o por medios mecánicos. Sin embargo desde el punto de vista moderno envuelve todas las actividades necesarias para transformar la materia prima en producto terminado, para entregar el producto al cliente y soportar el desempeño del producto en el campo. Este concepto de manufactura empieza con el concepto de la entrega del producto, incluye actividades de diseño y especificaciones y se extiende hasta la entrega y actividades de ventas, por lo tanto involucra la integración de todos los sistemas de información.

Integración: Este término debe ser visto claramente por los diferentes departamentos de la empresa sin importar la actividad que estén desempeñando, por lo tanto la necesidad de información es básica. Integración significa que la información requerida por cada departamento esté disponible oportunamente, exactamente en el formato requerido y sin preguntas. Los datos deben venir directamente de su origen, que incluyen a las actividades de cada una de las áreas de la empresa.

Las Computadoras: son herramientas que se seleccionan para las actividades de automatización y también pueden ser seleccionadas para la integración automatizada. Entonces la manufactura CIM se define como el uso de la tecnología por medio de las computadoras para integrar las actividades de la empresa.

La tecnología computacional es la tecnología que integra todas las otras tecnologías CIM. La tecnología computacional incluye todo el rango de hardware y de software ocupado en el ambiente CIM, incluyendo lo necesario para las telecomunicaciones. Existe una jerarquía de control en los ambientes manufactureros, en la cual hay 5 niveles principales que se detallan a continuación.

1. Control de máquinas (PLCs)
2. Control de celdas
3. Computador de área
4. Computador de planta
5. Computador corporativo

El nivel más bajo (1) consiste en productos basados en microprocesadores que controlan directamente las máquinas. En el segundo nivel, varias máquinas trabajan en conjunto, y aunque cada una de ellas trabaja con su propio control, existe un computador central que las maneja. El tercer nivel monitorea operaciones de un área de la planta, por ejemplo, una línea de ensamblado o una línea de soldadura robotizada. El computador de planta sirve más para funciones administrativas, puesto que a pesar de que la planeación debe hacerse a distintos niveles, siempre existe alguien que los autoriza y divide las labores en la planta. Finalmente, y al tope de la jerarquía de control, encontramos el computador corporativo, dentro del cual reside la base de datos y los programas financieros y administrativos de la empresa. Una de las más importantes funciones de este computador es organizar la base de datos, de tal manera que ella pueda ser fácilmente manejada y guardada.

Las comunicaciones entre los sistemas es vital en un ambiente moderno de manufactura. Una jerarquía de computadores que se comunican entre ellos implica al menos una estandarización en los protocolos de comunicación. Es así como existen los protocolos MAP y TOP (Manufacturing Automation Protocol y Technical and Office Protocol), los cuales permiten fluidez en la integración de los departamentos. Los protocolos son reglas que gobiernan la interacción entre entidades comunicadas, y deben proveer una serie de servicios:

- Permitir la transmisión de datos entre programas o procesos en la red interna

- Tener mecanismos de control entre hardware y software
- Aislar a los programadores del resto, cuando éstos lo necesitan
- Ser modular, de tal manera que elegir entre protocolos alternativos tenga el
- mínimo impacto
- Permitir comunicación con otras redes

Al ser creado, el MAP especificó un protocolo funcional de red para la fábrica misma; en cambio, el TOP lo especificó para el procesamiento de información en ambientes técnicos y de negocios. Sin embargo, ambos protocolos cumplen funciones similares y están normalizados por la ISO en conformidad a la referencia de las "siete capas".

La implementación de un sistema CIM debe verse por el valor de ella como una estratégica y no como una mera inversión de capital. Para aquellas compañías que eligen CIM, los beneficios son reales, y pueden significar la diferencia entre el éxito y el fracaso.

Para las empresas que estén evaluando la implementación de CIM, existe una lista de opciones que deberían tener claras:

- Constatar la estrategia y los fines del negocio
- Comprometerse con la integración total, no solo buscar la excelencia en puntos
- aislados o convenientes
- Estudiar la compatibilidad entre los sistemas existentes
- Comprometerse a manejar toda la información de manera digital
- Estar de acuerdo con las normas y estándares existentes
- Tener aptitud para aprender del nuevo hardware y software
- Tener aptitud para aprender de la experiencia de otras compañías
- Conocer de las tecnologías JIT y de grupo

- Ajustar los departamentos y las funciones de cada uno para manejar una
- organización en red
- Usar fuentes externas (Universidades, asociaciones profesionales y
- consultores)
- Identificar potenciales beneficios

Para estudiar si se justifica o no instalar un sistema CIM, deben considerarse preguntas como: ¿Lo están instalando otras empresas del rubro?, ¿Podemos ser nosotros los líderes al incorporarlo?, ¿Vale la pena hacer esta inversión a corto/ mediano/ largo plazo?, entre otras.

En la práctica, el ambiente externo está cambiando constantemente, y muchos de los más importantes cambios son predecibles. Es por esto que un análisis mediano plazo, díganse 10 años, puede incorporar estimaciones realistas como para analizar la factibilidad de la inversión.

A pesar de que los beneficios cualitativos del CIM no son cuantificados en las ecuaciones de factibilidad de inversión, se sabe positivamente que CIM aporta incuantificables beneficios. Entre los más importantes beneficios del CIM se encuentran las mejoras en la productividad, mayor rapidez en la introducción o modificación de productos, y una mejor intercambiabilidad de los trabajos específicos. Algunos de los más importantes beneficios estratégicos del CIM están presentados en la siguiente tabla:

Beneficio	Descripción
Flexibilidad	Capacidad de responder más rápidamente a cambios en los requerimientos de volumen o composición.
Calidad	Resultante de la inspección automática y mayor consistencia en la manufactura.

Tiempo Perdido	Reducciones importantes resultantes de la eficiencia en la integración de la información.
Inventarios	Reducción de inventario en proceso y de stock de piezas terminadas, debido a la reducción de pérdidas de tiempo y el acceso oportuno a información precisa.
Control Gerencial	Reducción de control como resultado de la accesibilidad a la información y a la implementación de sistemas computacionales de decisión sobre factores de producción.
Espacio Físico	Reducciones como resultado de incremento de la eficiencia en la distribución y la integración de operaciones
Opciones	Previene riesgos de obsolescencia, manteniendo la opción de explotar nueva tecnología

Figura12: Beneficios Estratégicos de la manufactura integrada por computadora.

Fuente:http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/cimmanufacturaintegradaporcomputadora/

ANEXO VIII

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

“El efecto fotovoltaico es una técnica que aprovecha la alta calidad de los fotones solares, mediante la cual la energía media de éstos es utilizada para la generación simultánea de una fuerza electromotriz y el paso de corriente a través de una carga conectada al sistema.

El rendimiento máximo de un dispositivo cuántico es del orden del 40%, por restringirse su captación a aquellos fotones que superen un cierto nivel energético y a la generación calórica propia del proceso.

Al fenómeno fotovoltaico se le ha llamado también, efecto de fotoemisión interna, diferenciándose de la fotoemisión, por la presencia de un umbral inferior para la absorción de fotones, pero asemejándose en su conversión directa de la luz en electricidad sin pasar por una etapa térmica.

La célula fotovoltaica es la única que posee una absorción óptica suficientemente alta y una resistencia eléctrica lo suficientemente baja, para la conversión de energía solar a escala útil.

Un sistema fotovoltaico puede ser autónomo de cualquier fuente de combustible tradicional o actuar en paralelo con ésta, para asegurar la continuidad del servicio y disminuir la vulnerabilidad frente a una situación crítica. Su rango de producción de potencia eléctrica es muy amplio, por lo que es utilizado para una gran diversidad de aplicaciones.

Además al no producir contaminación, ruido ni emisiones electromagnéticas, es considerado como un sistema de bajo mantenimiento para muchos usos en nuestra sociedad.

Panel Solar

Cada celda solar está constituida por:

1. Un absorbente óptico que capta los fotones. Escogiéndose para ello un semiconductor que posea una banda prohibida ajustada al espectro solar.
2. Un campo eléctrico interno que separa las cargas.

3. Contactos en los extremos de un semiconductor para la conexión con la carga externa.

“En la realidad se han desarrollado una gran cantidad de estudios profundos, acerca del uso de diversos materiales en la construcción de celdas solares, como el Sulfuro de Cadmio, Arseniuro de Galio y el Silicio entre otros. Considerando el 2.

Curva de Tensión-Corriente (I-C)

El aspecto técnico que reviste de mayor importancia para un sistema fotovoltaico es el resultado obtenido en los valores de tensión y corrientes medidos a la salida del módulo. Basándose en dichos datos, el diseñador puede predecir el comportamiento del sistema frente al medio ambiente que lo rodeará y como será la interacción con la carga enfrentada.

Como se ve en la siguiente figura, la corriente de salida es prácticamente constante para un rango de valores operativos de tensión, sin descuidar que a partir de un valor lo suficientemente alto de tensión (15 o 16 Volts), el valor de la corriente desciende rápidamente.

La curva representa una fotografía de todas las combinaciones potenciales entre la tensión y la corriente, para un módulo especificado bajo unas condiciones externas conocidas, tomándose el valor deseado a partir de los datos operativos de la carga que alimenta el sistema.

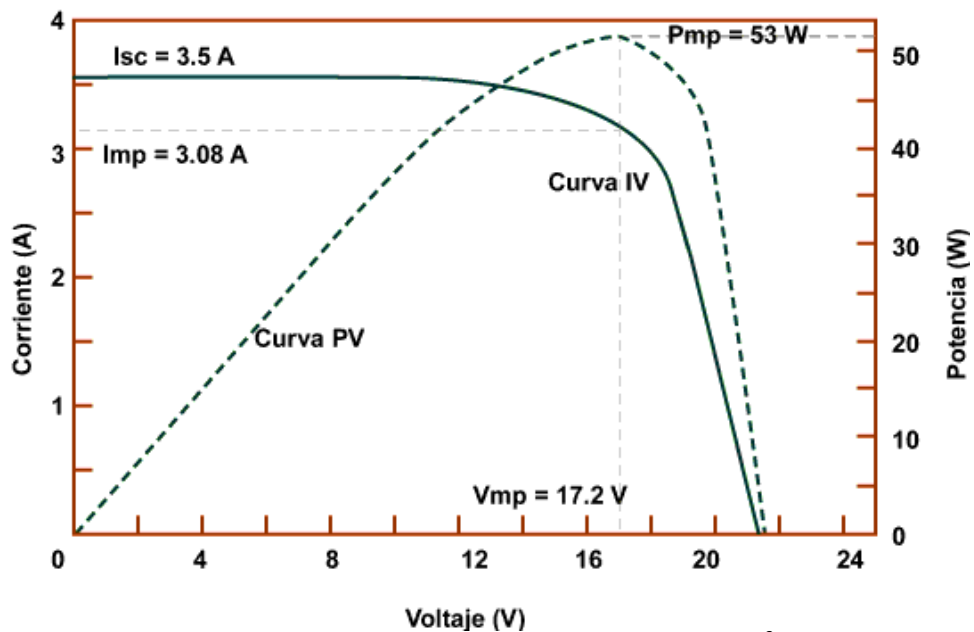


Figura 13: Curva IV y PV para un módulo fotovoltaico típico a 1,000 W/m² y 25 °C. Fuente: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html#

Términos Útiles en la curva I-V

Corriente de Corto-Circuito (Isc)

La máxima corriente producida por el sistema bajo ciertas condiciones de luz 2) y temperatura (25 ° C), correspondiente a cero tensión, por consiguiente la potencia de salida también es cero.

Tensión de Circuito Abierto (Voc)

La máxima tensión producida por el sistema bajo ciertas condiciones de luz y temperatura, correspondiente a cero corriente, por consiguiente la potencia de salida también es cero.

Potencia Máxima (Pmáx)

El mayor valor obtenido del sistema bajo ciertas condiciones de luz y temperatura.

$$P_{max} = I_{mp} \times V_{mp}$$

Corriente Bajo la Máxima Potencia (I_{mp})

La corriente que resulta al encontrarse en el valor de la máxima potencia.

Tensión bajo la Máxima Potencia (V_{mp})

La tensión que resulta al encontrarse en el valor de la máxima potencia. Es utilizado para determinar cuántas celdas o módulos son necesarios para ajustarse a la tensión requerida por la carga.

Fill Factor (FF)

Es la relación entre $P_{máx}$ y la potencia ideal trabajando con I_{sc} y V_{oc} .

$$I_{sc} \times V_{oc}$$

Eficiencia del área total

Es la relación entre la potencia eléctrica de salida y la potencia lumínica incidente en toda el área del módulo, incluyendo el espacio entre celdas y el marco de soporte. Es el valor de la eficiencia en la realidad.

$$Potencia\ lumínica \times Area\ total$$

Eficiencia del área efectiva

Es la relación entre la potencia eléctrica de salida y la potencia lumínica incidente exclusivamente en el área ocupada por los semiconductores. Utilizada para la investigación y el seguimiento de la actuación de los materiales escogidos.

$$\text{Potencia lumínica} \times \text{Area efectiva}$$

Efecto del Medio Ambiente en la potencia de salida

Efecto de la intensidad de luz

Cuando la intensidad de luz varía, los fotones entrando al sistema lo hacen de igual manera, influenciando directamente la corriente de salida, bajo cualquier tensión.

Del análisis de la figura 14, se concluye que la variación de la radiación solar, produce un impacto determinante en la producción de corriente del módulo fotovoltaico.

La I_{sc} (Corriente de corto circuito) es directamente proporcional a la intensidad de luz, mientras que el V_{oc} (Tensión de circuito abierto) varía de una manera logarítmica, haciéndolo más lentamente.

2 (25 °) llamada "sol" para lograr la comparación entre diversos módulos fotovoltaicos.

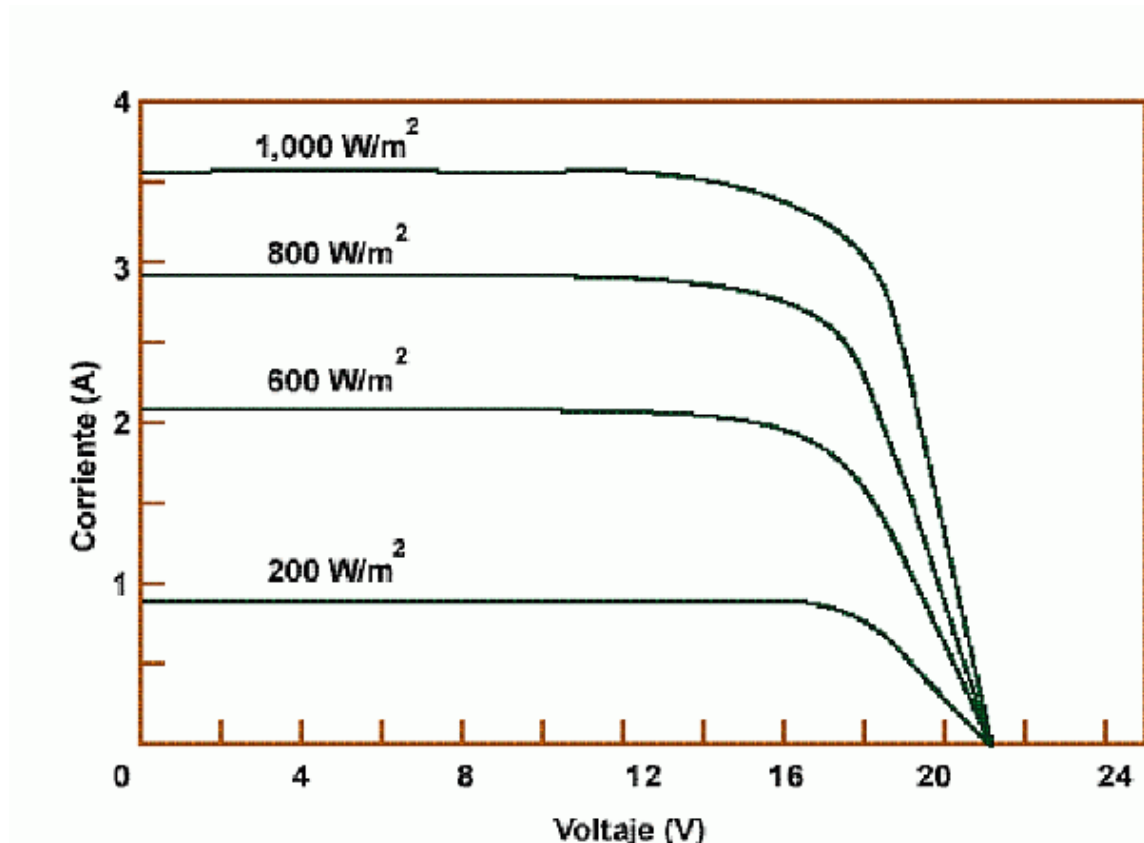


Figura 14. Dependencia de la corriente producida en función del voltaje para diferentes intensidades de radiación (temperatura constante de 25 °C). Fuente: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html

Efecto de la temperatura

Basándonos en la figura 15, podemos deducir que el efecto principal del aumento de la temperatura es la reducción proporcional de la tensión disponible, paralelo a un leve aumento de la corriente existente.

Numéricamente tenemos que por cada grado centígrado que aumenta la temperatura, ocurre una reducción del 0,5 % de la potencia máxima obtenible del sistema.

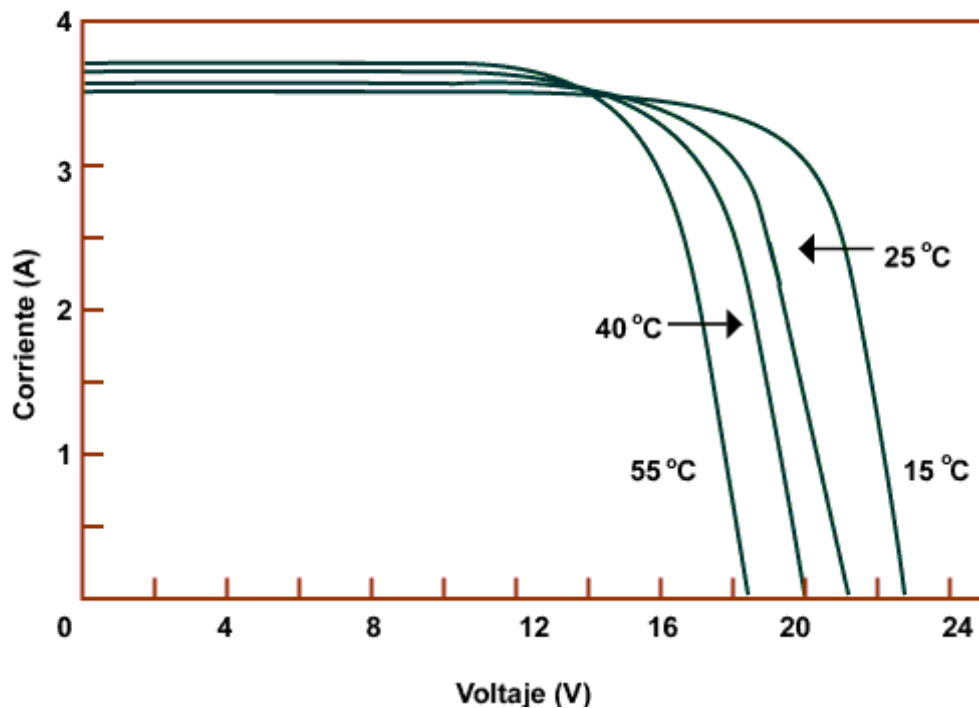


Figura 15: Dependencia de la corriente producida en función del voltaje para diferentes temperaturas de operación (irradiancia constante 1,000W/m²). Fuente: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html#

Los diseñadores, anticipando la caída de tensión en condiciones reales de climas cálidos, diseñaron módulos que contengan suficientes celdas, para subsanar la caída de tensión y no alterar la continua recepción de la carga.

Combinaciones de Celdas Solares

Cuando se colocan las celdas solares en serie, la corriente que fluye es la misma en cada celda o célula, mientras que la tensión es la suma de la conseguida en cada una de las mismas.

Al colocarse en paralelo, el mismo valor de tensión es compartida y la corriente resultante es la suma de la que atraviesa por cada celda.

La curva exacta de salida de una combinación de celdas, se consigue al sumar las curvas de las celdas unitarias de manera apropiada, horizontalmente en caso de ser una conexión en serie y en forma vertical para el caso de una conexión en paralelo.

El nivel de tensión es el factor que determina la agrupación de las celdas, encontrándose con frecuencia módulos de 30-36 celdas en serie para cubrir la necesidad de carga de una batería de 12 voltios, muy utilizada en el mercado común.

Si el nivel de tensión o corriente así lo exige, es posible la combinación de módulos completos entre sí para otorgar prácticamente cualquier valor de corriente o tensión deseado.

“Una forma fácil de entender el concepto de sistemas conectados en serie, es mediante la analogía presentada en la Figura 16 entre un sistema hidráulico y un eléctrico. Como se puede observar en el sistema hidráulico (izquierda) el agua que cae desde cuatro veces la altura de 12 metros produce una caída de agua con cuatro veces la presión a la misma tasa de flujo, 2 L/s. La cual se puede comprar con los 48 voltios que el sistema eléctrico (derecha) alcanza al pasar una corriente de 2 amperios por cuatro módulos conectados en serie. La corriente se compara con el flujo ya que ambas permanecen constantes en el circuito, y el voltaje es análogo al papel de la presión en el sistema hidráulico.

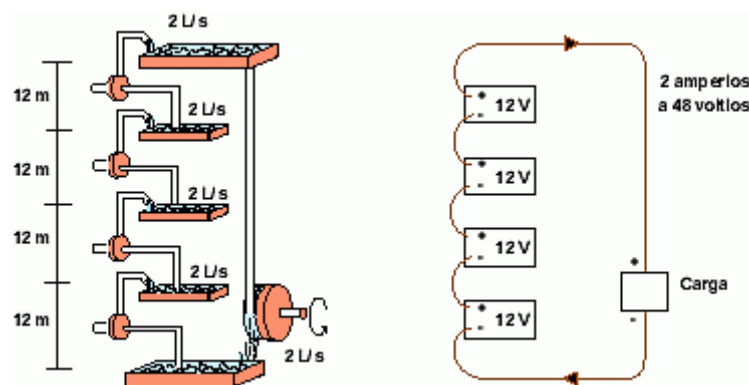


Figura 16. Analogía de una conexión en serie entre un sistema eléctrico y un hidráulico. Fuente: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html

Máxima Potencia durante el día

Un módulo durante el día experimenta condiciones cambiantes que afectan su actuación, siendo necesarios el análisis del comportamiento del sistema, calculando las diversas curvas en el transcurso del día.

Graficando la Potencia máxima vs. Horas del día, se obtiene una representación del cambio de potencia disponible del sistema en el transcurso de las 24 horas del día. Figura 17.

Allí se observa el efecto de la variación de la intensidad de la luz, a lo largo del día, y se corrobora la intuición acerca de que el nivel máximo de potencial de salida; se ubica cercano a las horas del mediodía.

Además al calcular el área bajo la curva es posible saber la potencia total, que el dispositivo es capaz de entregar a una carga. Con esta gran información podemos invertir el procedimiento y en base a una necesidad de carga dada, obtener las características de los módulos requeridos.

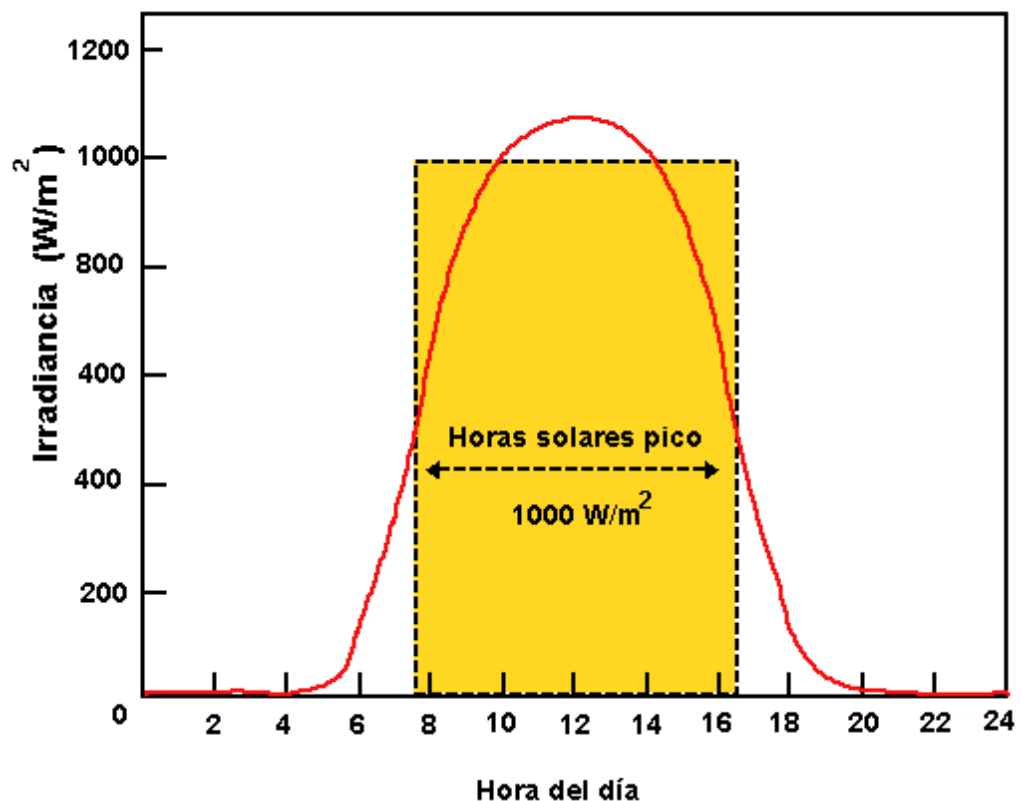


Figura 17. Irradiancia y horas solares pico (insolación) durante un día soleado. Fuente: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html

Consideraciones de la Carga

El diseño completo del sistema está basado en el tamaño y en las características de la carga. Si la información no es precisa, los costos iniciales al colocar una gran red sin necesidad o la ineficiencia de un sistema demasiado pequeño, pueden condenar el proyecto al fracaso.

Además se deben tomar en cuenta variables como la posibilidad de expansión en el futuro y el comportamiento en el tiempo de la carga, para diseñar con propiedad el sistema fotovoltaico.

Un valor promedio de exigencia de la carga durante el año es útil para el diseño, pero una variación de éste valor de acuerdo a la estación, repercutirá en la escogencia del ángulo de inclinación y en algunos otros componentes del sistema.

La idea consiste en compaginar la actuación de la insolación durante el año, con la actitud de la carga durante el mismo periodo a través del diseño, para evitar la falta de energía o el sobrante inútil en algún periodo.

Componentes de un sistema fotovoltaico

Módulos solares

Representan el mecanismo básico de la conversión fotovoltaica, y básicamente están constituidas por celdas solares, circuitos internos, marco de aluminio, rieles de montaje de celdas, conexiones externas para cableado y proyección contra el medio ambiente.

Cada celda solar está constituida por:

4. Un absorbente óptico que capta los fotones. Escogiéndose para ello un semiconductor que posea una banda prohibida ajustada al espectro solar.
5. Un campo eléctrico interno que separa las cargas.
6. Contactos en los extremos de un semiconductor para la conexión con la carga externa.

En la realidad se han desarrollado una gran cantidad de estudios profundos, acerca del uso de diversos materiales en la construcción de celdas solares, como el Sulfuro de Cadmio, Arseniuro de Galio y el Silicio entre otros. Considerando el

2.

Baterías

Las baterías representan un componente clave, dentro de los sistemas fotovoltaicos; y su función puede ser enfocada en diversas direcciones:

1. Autonomía

El papel más importante de las baterías en los sistemas fotovoltaicos, es el de permitir que la carga opere satisfactoriamente cuando los módulos no son capaces de entregar la potencia suficiente para ello. Esta situación ocurre cada noche, en los días muy nublados o en temporadas de mal tiempo.

El sistema se describe como autónomo por tener la capacidad de operar aisladamente de un generador eléctrico convencional.

2. Suplir un aumento momentáneo de corriente

Otra función importante del sistema de baterías, es el de responder a una exigencia de corriente mayor a la que puede entregar el sistema modular, ya que esta última se encuentra limitada por la I_{sc} del módulo.

De ésta manera la batería puede actuar como un regulador, al suplir grandes corrientes a la carga por cortos períodos y ser recargada lentamente, por los módulos durante las horas de la luz.

3. Balance del nivel de Tensión

Un tercer propósito es el de nivelar las variaciones de tensión producidas por los módulos, evitando así el daño, que éstas causarían en la carga si la conexión entre el módulo-carga fuese directa.

Las baterías funcionan en un rango de tensión más estrecho que los módulos, logrando así mantener un valor de tensión en un nivel más aceptable para nuestras necesidades.

Actuación dentro de los Sistemas Fotovoltaicos

1. Compartiendo la carga

Usualmente el banco de baterías y los módulos operan conjuntamente frente a las necesidades de la carga, alternándose en el transcurso del día.

Durante la noche toda la potencia necesaria proviene de las baterías, mientras que en las primeras horas de la mañana la corriente en los módulos comienza a elevarse.

Si para ese momento de la mañana el valor de la corriente producida por los módulos, no es lo suficientemente alto como para suplir los requerimientos de la carga, la batería sigue acción simultánea con los módulos, asegurando el servicio.

En el transcurso de la mañana el valor de la corriente producida por los módulos, es superior al promedio requerido por la carga, porque es capaz de suplir las necesidades de la misma y además, otorgar el exceso para que la batería se recargue.

Finalmente en la tarde, la entrega de los módulos disminuye nuevamente, y cuando se coloca por debajo del valor promedio de la carga, las baterías se ponen en funcionamiento nuevamente.

Durante la noche los módulos no producen potencia y es trabajo exclusivo del banco de baterías el encargarse de la carga.

2. Ciclo diario

La interacción descrita entre la carga, los módulos y el banco de baterías conlleva a un ciclo de carga-descarga de las baterías. La profundidad de la descarga afecta directamente el número de ciclo diarios, que una batería puede soportar antes de perder significativamente su capacidad. Si el estado de carga sólo es reducido en un 15% se considera una descarga poco profunda, y si es en 80% una extremadamente profunda.

Para aplicaciones fotovoltaicas en zonas rurales, es recomendable una descarga poco profunda, ya que esta variable afecta directamente a la capacidad y vida útil de las baterías.

3. Ciclos anuales

Compaginando los ciclos diarios se obtiene una idea de cómo varía el estado de la carga del banco de baterías en el transcurso del año, logrando así conocer la dimensión de los módulos es la adecuada.

Aunque sería tentador el diseñar un equipo que asegure un nivel bajo de descarga de las baterías, durante todo el año, los costos de una instalación de esas dimensiones no sería económicamente viable. Por lo que es preferible permitir una cierta descarga (30%) (4) del banco de baterías durante aquellos períodos de mal tiempo y no tener un excedente de energía proveniente del resto de los días soleados.

En base a la información del promedio de días consecutivos de mal tiempo, podemos conocer la autonomía que el grupo de baterías es el único responsable de mantener el nivel de alimentación de la carga.

Tasa de Carga y Descarga

Usualmente los fabricantes de baterías se refieren a la tasa de carga o descarga, como el tiempo que tardaría para que se lleve a cabo completamente la carga o descarga de las mismas.

tiempo(hr)

Tasa

Al utilizar este término, se hace posible la comparación de la actuación de una batería sin la necesidad de conocer su tamaño.

En cuanto a la descarga, da una idea concreta del tiempo útil que disponemos cuando se encuentra actuando aisladamente de los módulos.

El "mantenimiento de las baterías incluye el suministro de una pequeña corriente constante, para contrarrestar el proceso de descarga natural existente en cada batería.

La tasa de descarga natural se incrementa con la edad y la temperatura a que es expuesta la batería, ajustándose a un valor de 4% mensual

Interacción entre el banco de baterías y los módulos

Las baterías representan la carga directa de la mayoría de los sistemas fotovoltaicos, y la tensión de las mismas determina el valor de la tensión de todos los elementos conectados al banco, incluyendo el módulo.

En muchos casos se piensa que un módulo que produzca una tensión de 20 voltios, represente un peligro para una batería de 12 voltios al forzarla a funcionar a un nivel distinto del incluido en su diseño, pero es la batería la que ajusta la tensión operativa del módulo, y no en forma inversa.

A medida que una batería es recargada su tensión aumenta, y de igual manera, al descargarse disminuye. La tensión de una batería se encuentra dentro de un rango estrecho, usualmente entre 11-15 Volts, para una de "12 Volts", con un promedio operativo de 13-14 Volts.

El margen de seguridad de tensión operativo, es debido a las diversas causas, tanto internas como externas, que afectan la tensión nominal de las baterías.

De esta manera el dato de tensión fijado por el banco de baterías es el encargado de determinar el punto en que nos encontramos en la gráfica I-V (Corriente Tensión), y de ésta forma el valor del flujo de corriente para la carga.

Combinado de baterías

Similarmente a las celdas solares, la tensión disponible de una sola batería es insuficiente para nuestros propósitos, siendo necesario el combinarlas para obtener el valor requerido.

Para aumentar la tensión se hace la conexión en serie y para incrementar la corriente se lleva a cabo en paralelo. Es recomendable el combinar baterías de

semejantes características en cuanto al fabricante, capacidad y edad, para asegurar el transporte simétrico de la corriente y la igualdad de tensión de recarga.

Factores que afectan la vida de las baterías

Profundidad de descarga

Cuando una batería se descarga los vínculos del material activo con los platos se debilitan gradualmente, teniendo como consecuencia la pérdida de capacidad de la misma.

Los días de autonomía tienen una relación directa con la tasa de descarga del banco de baterías.

Temperatura

Ningún valor externo de temperatura favorece la actuación de un banco de baterías, las bajas disminuyen la capacidad de una batería en tanto las altas acortan su vida útil.

Por ello se recomienda mantenerlas en un rango de 15-35° C para maximizar su desarrollo en el transcurso del tiempo.

Excesiva gasificación

Si una corriente de un valor mayor al recomendado por el fabricante es utilizada para cargar un banco de baterías, la tensión se incrementará hasta el

punto donde se producir la electrólisis o separación entre los átomos de Hidrogeno y Oxigeno.

Este fenómeno es llamado gasificación y es uno de los factores de mayor responsabilidad en la pérdida del nivel de agua de la batería.

Una alta gasificación acorta la vida útil del banco, al influir en el descenso de la capacidad y en el alza de la temperatura interna.

Por otra parte una dosis leve de gasificación es beneficiosa, porque favorece la mezcla entre el agua y el ácido sulfúrico presente en el interior de la batería.

Sulfatación

Si el banco de baterías es dejado parcialmente descargado por varios días, el sulfato de plomo presente en los platos, comienza a cristalizar formando cristales de sulfato, que afectan la capacidad de la E en forma regular.

En el caso de las baterías níquel-cadmio existe la ventaja de no ser víctimas de la sulfatación, por lo que son utilizadas para casos donde las condiciones atmosférica interrumpa el período de carga.

Eficiencia de las Baterías

Energía consumida al cargarse totalmente

Eficiencia Voltaica

La eficiencia voltaica de una batería mide la relación entre la tensión de descarga, cuando la corriente de salida es liberada y la tensión de carga cuando la batería está consumiendo corriente de los módulos.

Tensión de entrada

Los valores involucrados de tensión varían en cierto rango, de acuerdo al estado de carga y a la tasa de carga-descarga del banco de baterías.

Eficiencia Coulombica

Esta eficiencia relaciona la medida de corriente en la salida y el valor suministrado por los módulos en la entrada de las baterías. La causa principal de la diferencia de valores radica en la existencia de la gasificación, donde los electrones escapan con las moléculas de Hidrogeno y Oxigeno no participando en la corriente de carga y descarga.

Valor de la corriente de entrada

En una aplicación fotovoltaica típica, el dimensionamiento tanto de los módulos como del banco de baterías, contempla tasas máximas de carga de 30-40 Horas (Lentas) para minimizar la gasificación.

La eficiencia Coulombica es un valor relevante en el diseño de sistemas fotovoltaicos, al favorecer el cálculo de la cantidad de módulos necesarios en base a la cantidad de corriente total entregada por lo módulos diariamente.

Regulador de corriente

Un dispositivo simple de control de corriente debe ser parte indispensable de un sistema fotovoltaico, para ser colocado entre los módulos y el banco de baterías.

Un diseño simple incluye un dispositivo de una etapa, que permita controlar el paso de la corriente, monitoreando constantemente la tensión de la batería. De ésta manera cuando la tensión evidencia un punto cercano a la carga total, (2,4 Volts para una batería de 2 Volts y 14,4 Volts para una de 12 Volts) el flujo de corriente de carga es detenido.

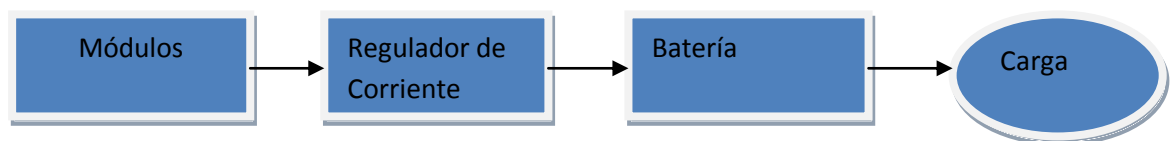


Figura 18. Diseño simple de control de corriente. Fuente: Elaboración Propia

Un método alternativo establece un mecanismo de dos etapas, donde se permite la carga hasta un nivel determinado, seguido luego por una disminución del flujo de corriente a un valor muy bajo, que permite la continuidad del proceso, sin exponer a la batería a cambios de escenarios.

La segunda etapa consiste en desviar la corriente excesiva a otra fuente de recepción, para no perderla, logrando así un mayor rendimiento del sistema global.

Figura 19

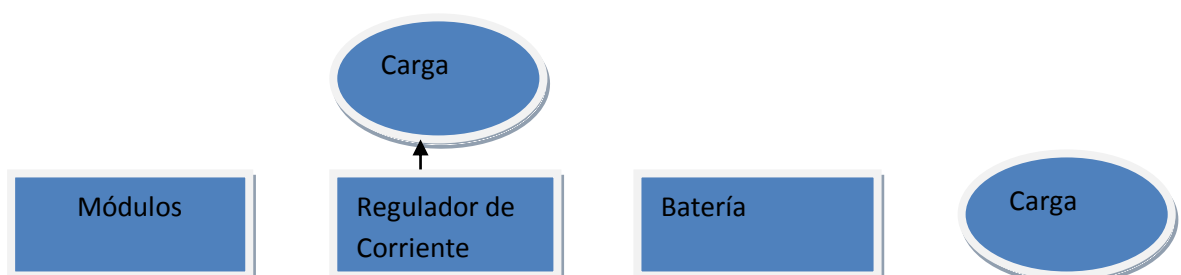




Figura 19. Diseño simple alternativo de control de corriente. Fuente: Elaboración Propia

Una variación interesante es un esquema, donde existan controladores de corriente para porciones separadas de los módulos, desviando en esa posición los aportes energéticos de cada sección por separado hacia usos más apropiados.

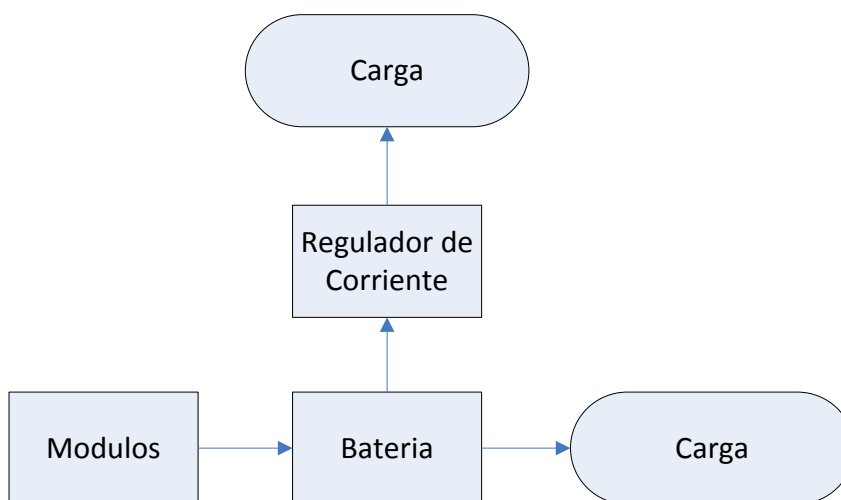


Figura 20. Variante del diseño de control de corriente. Fuente: Elaboración Propia

Esta política permite una mejor distribución de la corriente, avalada por un incremento de costo.

Se puede extender esta filosofía hasta agrupar los módulos fotovoltaicos, y colocar secciones paralelas revestidas de un regulador de corriente independiente, que permita ejercer un mayor control sobre la corriente y aumentar la eficiencia de su uso.

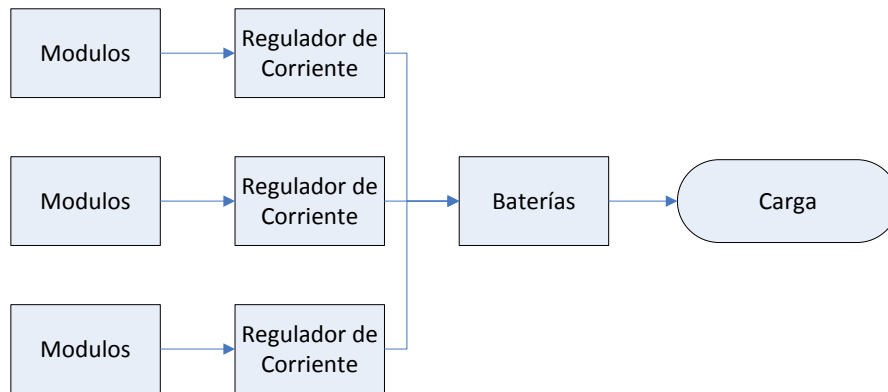


Figura 21. Diseño de control de corriente para secciones paralelas revestidas de un regulador de corriente independiente. Fuente: Elaboración Propia

Relación entre el tamaño de la batería y el uso del regulador

Si el tamaño de las baterías es lo suficientemente grande, puede ser capaz de absorber toda la corriente enviada por los módulos, sin que ocurra la gasificación. En general, si estamos en presencia de una tasa de carga de 90-100 Horas, se considera lenta en tal magnitud, que tolera largos periodos, aunque se encuentren completamente cargadas.

Para calcular si es necesario el regulador de corriente, se considera la tasa pico de corriente de carga esperada de los módulos, que actúa sobre el banco de baterías instalado.

Número de Módulos en Paralelo .Imp

Este valor es comparado con la tasa de 90 Horas, de manera que:

Tasa pico de carga > 90.....Suficientemente lenta como para prescindir del regulador

Tasa pico de Carga < 90.....Muy rápida, siendo necesario el uso de un regulador de corriente.

Sistemas Auto-Reguladores

Un diseño que elimina el uso de reguladores de corrientes, es el llamado "modulo autorregulador", que no consiste en un módulo con un regulador interno instalado desde su fabricación, si no un módulo con suficientes celdas en serie para almacenar la tensión de carga.

En módulos típicos de potencia fotovoltaica, existen 33-36 celdas que mantienen el valor de tensión, por debajo de la tensión deseada para la carga de las baterías, aún cuando el sistema se encuentre caliente.

Los módulos autorreguladores consisten en 28-30 celdas, que permiten trabajar en el rango previsto por el banco de baterías. A medida que el día transcurre, la tensión de las baterías aumenta por encontrarse en el proceso de recarga, y el potencial de tensión de los módulos disminuye por el aumento de la temperatura a que es sometida.

Estos dos procesos de sentido contrario causan que el punto de operación en la curva I-V, se mueva hacia el valor de Voc (Tensión de circuito abierto), por lo que la corriente disminuye.

Por ello se puede conectar un módulo de ciertas características, que mantengan la corriente en un nivel lo suficientemente baja, como para evitar la sobrecarga.

El uso de un módulo autoregulador no asegura automáticamente que el sistema fotovoltaico será "autoregulable", por lo que otras consideraciones deben ser tomadas en cuenta.

1. La carga debe utilizarse diariamente y de una manera constante y predecible para evitar la sobrecarga.
2. El clima no debe ser muy frío, por que evitaría el desplazamiento de la curva I-V hacia valores de tensiones menores

Regulador de Tensión

Algunas cargas pueden no ser capaces de operar apropiadamente, ajo las condiciones de variación de tensión, proporcionadas por el banco de baterías, siendo necesario la colocación de un dispositivo regulador entre la carga y las baterías.

Este mecanismo mantiene niveles de potencia continua (DC), dentro de un rango de tensiones aún más estrecho que el del banco de baterías. En la Figura 22 se evidencia los márgenes de tensión presentes, antes y después del regulador de tensión, lo que demuestra el potencial de estos dispositivos. Su aplicación principal radica en casos donde se operan equipos electrónicos delicados, y se incluyen elementos de medición de extrema calibración.

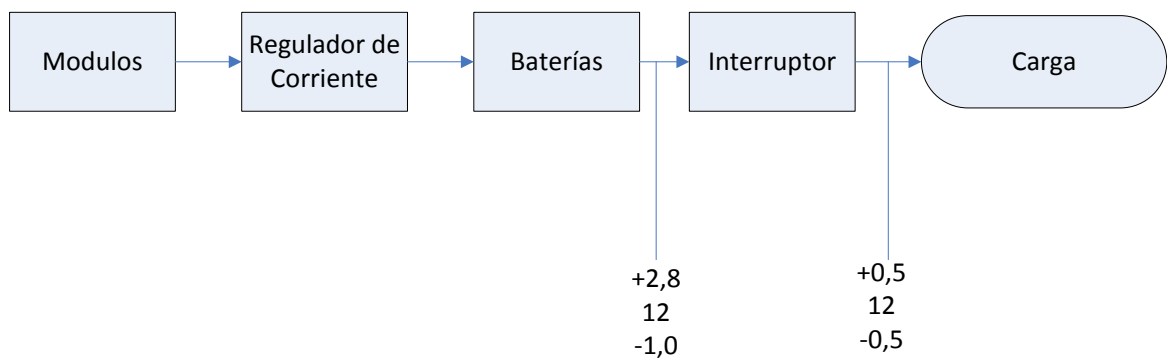


Figura 22. Diseño de control de Tensión. Fuente: Elaboración Propia

Alarma de Tensión

Si el regulador de corriente se daña o los módulos sufren un desperfecto físico, es posible que sea afectada la autonomía del diseño, logrando colocar el estado de la batería en un nivel fuera de los previstos para la seguridad.

Una alarma que detecte tensiones extremas, puede monitorear constantemente las baterías y producir una señal audible, visual o electrónica que permita la llegada del personal de mantenimiento.

Otra acción que puede emprenderse si la tensión del banco de baterías se encuentra en un nivel muy bajo, es el desconectar ciertas cargas no imprescindibles, usando un interruptor conectado entre la batería y la carga en cuestión.

La Figura 23 representa la disposición típica de una alarma de tensión, dentro del sistema fotovoltaico.

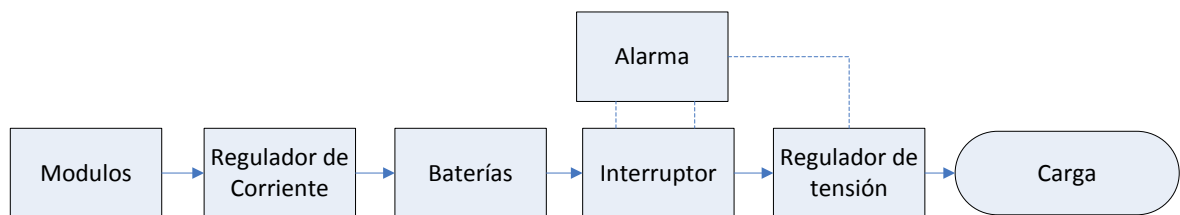


Figura 23. Diseño de control de Tensión. Fuente: Elaboración Propia

Inversor

Tanto la batería como los módulos en un sistema fotovoltaico producen corriente continua (DC), trayendo como consecuencia que si la aplicación requiere de corriente alterna (AC), debe incorporarse un inversor al esquema de diseño.

Un inversor ideal debe contener:

A- Capacidad de Sobretensión

Muchas cargas inductivas (motores, compresores) requieren de una sobretensión de potencia del orden de 4-6 veces su potencia nominal para lograr su puesta en marcha.

B- Potencia de salida continua

Se hace necesario que la tasa de potencia de salida del inversor, pueda ser confiable por largos periodos de tiempo.

C- Eficiencia

El inversor consume energía suplida por los módulos, lo que incrementa el dimensionamiento en el diseño, además de los costos iniciales

La eficiencia depende de la naturaleza de la carga, aumentando en casos de cargas puramente resistivas y disminuyendo en inductivas por la manera distinta de absorber la potencia.

Un valor promedio de eficiencia considerando es del orden de 90-95% (9)

D- Regulación de tensión

El inversor debe ser capaz de equilibrar la tensión en descenso del banco de baterías, con la exigencia de la carga durante el día.

E- Baja distorsión

Al convertir una señal DC en una AC, ondas de diferentes frecuencias y amplitudes están involucradas. La señal principal es llamada primera armónica, y

la potencia de las secundarias puede afectar la principal y causar recalentamiento en la carga.

F- Forma de onda

El tipo de onda del inversor debe coincidir con la presente en la carga. Existiendo tres tipos generales de onda, la sinusoidal, la cuadrada y la cuadrada modificada.

G- Combinación

Pueden ser conectados en paralelo para incrementar el servicio continuo de potencia.

La figura 24 muestra la posición típica de un inversor dentro del sistema fotovoltaico, ubicándose entre las baterías y la carga.

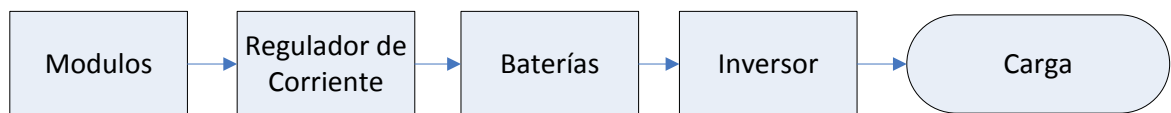


Figura 24. Diseño de un sistema fotovoltaico usando inversor. Fuente: Elaboración Propia

AC vs. DC

Cuando se decide el grupo de aparatos eléctricos que componen una carga determinada, paralelamente se elige el tipo y la cantidad de corriente que debemos suministrar al conjunto.

Para corrientes alternar se dispone de una gran gama de equipos disponibles, pero es necesario el incurrir el costo del inversor, para crear un sistema fotovoltaico viable.

En el caso de escoger corriente continúa; se evita el uso de un inversor, pero se incrementan los costos de adquisición de los aparatos eléctricos y una reducción en su espectro de posibilidades.

La decisión debe ser tomada por el diseñador en base a datos como: La existencia previa de aparatos eléctricos, la disponibilidad de inversores en el mercado y los costos totales del proyecto.

Diodos para la desviación

Celdas sombreadas en serie

Cuando una sección del módulo está bajo la sombra, no es capaz de producir el mismo nivel de corriente, que el resto del módulo expuesto a la luz directa. Esta situación logra modificar la curva I-V de la celda sombreada, desplazándola en sentido vertical descendente.

Las celdas iluminadas obligan a la sección sombreada, a recibir un flujo de corriente mayor que su actual I_{sc} , empujando a éstas últimas a trabajar en una sección de tensión negativa, causando una caída de tensión del sistema.

Diodos en paralelo con las celdas sombreadas

Se debe prevenir el calor excesivo generado por la tensión negativa, para proteger la integridad física del módulo. Por ello es preferible el desconectar el módulo en cuestión, temporalmente; utilizando diodos en paralelo para grupos de celdas en cada módulo.

En el caso que la tensión de entrada sea mayor que la existente en las celdas bajo su protección, este dispositivo obliga a la corriente a circular por el módulo, al encontrarnos en una situación normal.

Por otra parte si la tensión de entrada, es menor que la de la otra conexión del diodo, toda la corriente mayor que el I_{sc} de la sección protegida, es obligada a circular por el dispositivo de protección, rodeando así el módulo o el grupo de celdas.

Previendo debilidad en las noches

Durante las horas iluminadas, los módulos contienen mayor tensión que la batería, fluyendo la corriente en el sentido módulo-batería. Pero por las noches el potencial del módulo cae vertiginosamente, y la batería podría descargarse a través de los módulos, perdiendo energía útil sin justificación.

Este fenómeno puede evitarse colocando un diodo en serie, entre el módulo y el banco de baterías, que permita al paso de corriente hacia las baterías pero impida el flujo inverso durante la noche.

El método preferido de conexión para un conjunto de módulos, es el de enlazar pequeños grupos en serie, para luego colocarlos en paralelo entre sí, con la incorporación de un diodo de bloqueo a la cabeza de cada sección. De esta forma si alguno de los grupos requiere de una reparación, es posible separarlo sin afectar la tensión nominal del sistema.

En la actualidad es común la incorporación de este tipo de sistemas por parte de los fabricantes y nuestra escogencia de módulos, contará con esa prioridad en el momento de su elección

Estructuras de Soporte

“La máxima energía se obtiene cuando los rayos solares llegan perpendiculares a la superficie del captador. En el caso de arreglos fotovoltaicos la perpendicularidad entre las superficies de los módulos y los rayos solares solo se puede conseguir si las estructuras de montaje del arreglo se mueven siguiendo al Sol.

Existen estructuras de soporte del arreglo que ajustan automáticamente el azimut y/o la elevación. Estas estructuras de montaje se llaman seguidores. Generalmente el ángulo de elevación del arreglo es fijo. En algunos casos se usan seguidores azimutales. Dependiendo de la latitud del lugar, los seguidores azimutales pueden incrementar la insolación promedio anual en un 15-25%.

En el caso de que no se tenga un seguidor solar, el arreglo se monta en una estructura fija como se muestra en la Figura 14. Este montaje tiene la ventaja de ser muy sencillo. Debido a que el ángulo de elevación del Sol cambia durante el año, se debe tener un criterio de selección del ángulo óptimo del arreglo que garantice la máxima producción de energía eléctrica. En el hemisferio Norte el Sol se declina hacia el Sur, por lo cual se requiere que los arreglos fijos se coloquen inclinados (respecto de la horizontal) viendo hacia el Sur.

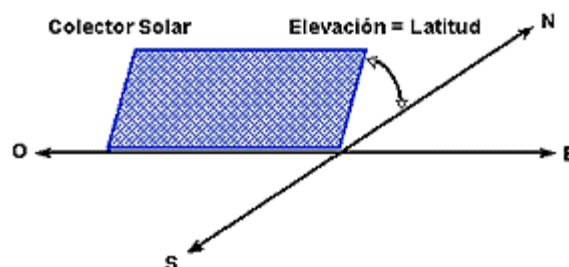


Figura 25. Orientación de una estructura fija para maximizar la captación de radiación solar a lo largo del año. Fuente: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html

La Trayectoria Solar

Además de las condiciones atmosféricas hay otro parámetro que afecta radicalmente a la incidencia de la radiación sobre un captador solar, este es el movimiento aparente del sol a lo largo del día y a lo largo del año, ver Figura 26. Se dice "aparente" porque en realidad la Tierra es la que está girando y no el Sol. La Tierra tiene dos tipos de movimientos: uno alrededor de su propio eje (llamado movimiento rotacional) el cual da lugar al día y la noche y el otro; es alrededor del sol (llamado movimiento traslacional) siguiendo una trayectoria elíptica, el cual da lugar a las estaciones del año.

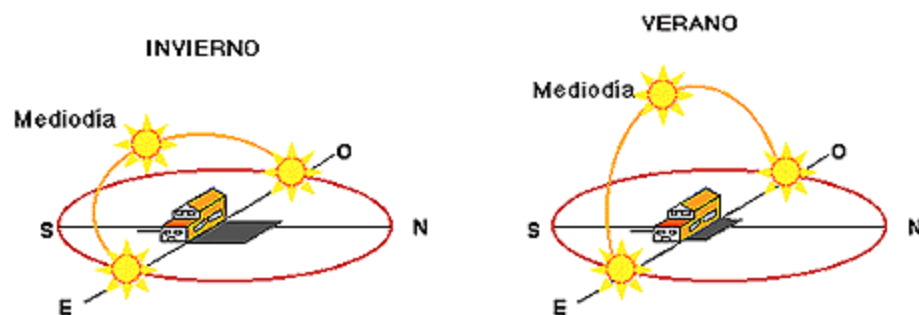


Figura 26: Movimiento aparente del sol en la bóveda celeste en función de la hora del día y la época del año. Fuente: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html

Un arreglo fotovoltaico recibe la máxima insolación cuando se mantiene apuntando directamente al sol. Esto requeriría el ajuste de dos ángulos del arreglo: el azimut para seguir el movimiento diario del sol de este a oeste, y el ángulo de elevación para seguir el movimiento anual de la trayectoria solar en la dirección norte-sur.

Movimiento aparente del sol en la bóveda celeste en función de la hora del día y la época del año

Uso de sistemas fotovoltaicos combinados con redes eléctricas

La combinación del sistema fotovoltaico y el servicio eléctrico tradicional, puede resultar ventajosa en casos donde la red eléctrica se encuentre instalada con anterioridad, pero no ofrezca una garantía de continuidad o una calidad de servicio aceptable.

Aportes Selectivo del Sistema Fotovoltaico

El sistema fotovoltaico puede ser diseñado para suplir solamente a una parte de la carga o para encargarse de otorgar el nivel eléctrico promedio durante el día. En temporadas de mal tiempo, o en caso de ocurrir un alza momentánea en la demanda, entra en acción la red eléctrica convencional, a través de un interruptor de transferencia.

No existe conexión directa entre las dos fuentes energéticas, y el banco de baterías nunca es cargado con energía proveniente de la red tradicional, lo que los hace totalmente independientes entre sí.

En la figura 27 se anexa un esquema de los componentes de este tipo de sistemas, donde se nota la aparición de un sensor de baja tensión, conectado a las baterías; que es el primer responsable de lograr la combinación efectiva de ambos sistemas de producción eléctrica.

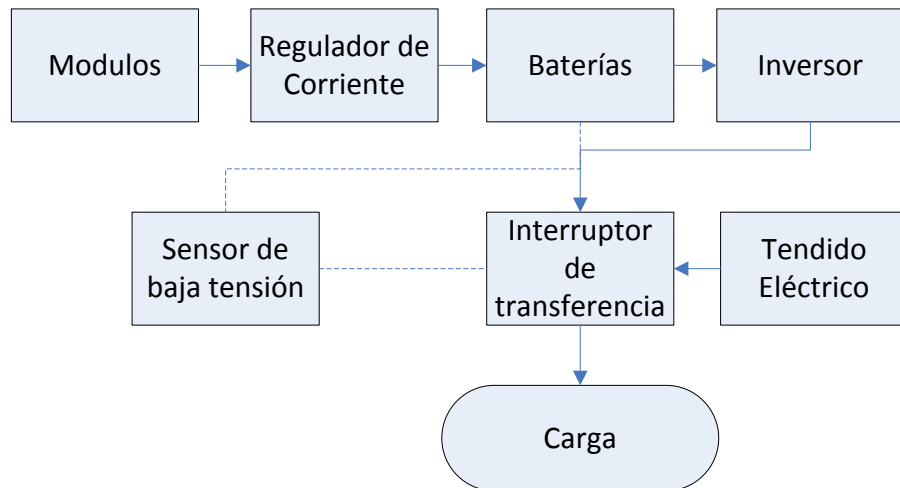


Figura 27: Movimiento aparente del sol en la bóveda celeste en función de la hora del día y la época del año. Fuente: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html

ANEXO N°IX

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL REGULADOR

Mechanical Specifications

Wire size #10 AWG (5.2 mm²)

Anodized aluminum case

Marine rated terminals

Epoxy encapsulated

Weight is 8 oz (0.23 kg)

Electrical Specifications

	12 Volt	24 Volt
Rated Solar Input	6.5 / 10 / 20 A	
Rated Load	6 / 10 / 20 A	
25% Current Overload	5 min.	5 min.
Regulation Voltage:		
Sealed Battery	14.1 V	28.2 V
Flooded Battery	14.4 V	28.8 V
Load Disconnect	11.5 V	23.0 V
LVD Reconnect	12.6 V	25.2 V
Temp. Comp. (mV/°C)	-28	-56
Self-consumption	6 to 10 mA	
Operating Temp.	-40 to +85°C	

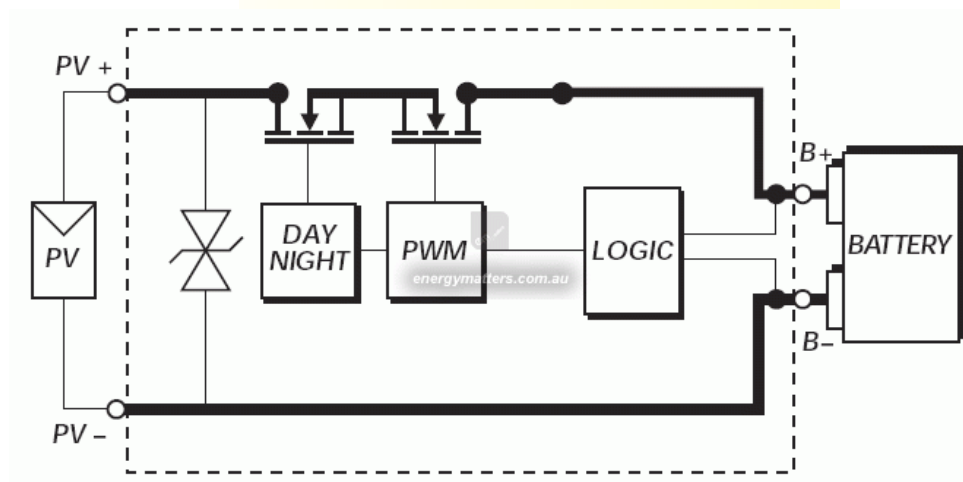


Figura 28. Especificaciones mecánicas y eléctricas del regulador Morningstar Sunsaver 24Volt 10Amp con LVD. Fuente: <http://www.energymatters.com.au/morningstar-sunsaver-24volt-10amp-regulator-with-lvd-p-388.html>

Morningstar Sunsaver 24Volt 10Amp Regulator with LVD



[larger image](#)

- Model:
SS-10L-24V
- Shipping Weight: 0.25kg
- Manufacturer:
Morningstar
- **Available**
(call for delivery time)

\$129.00

Buy online & save

\$20.00

Add to Cart:

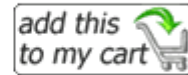
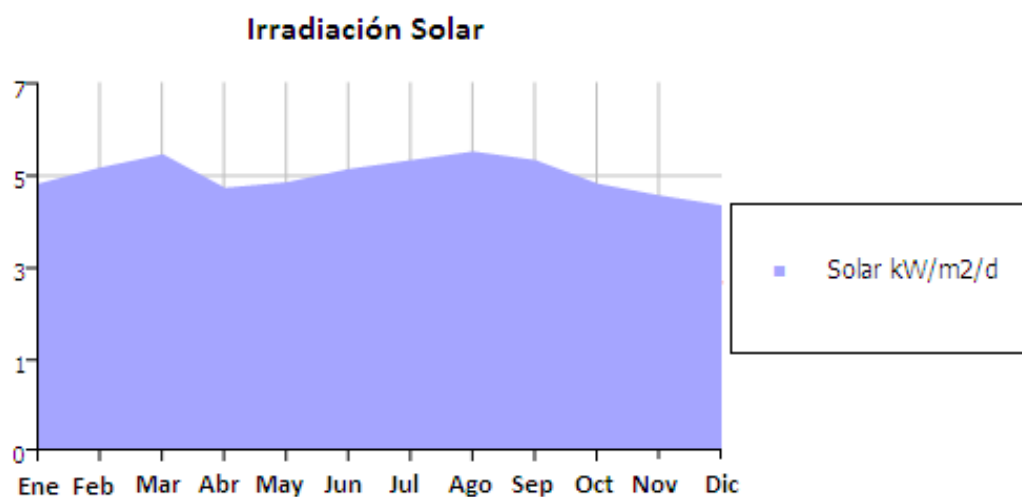


Figura 29. Precio de Compra del regulador Morningstar Sunsaver 24Volt 10Amp con LVD.
Fuente: <http://www.energymatters.com.au/morningstar-sunsaver-24volt-10amp-regulator-with-lvd-p-388.html>

ANEXO X

DATOS DE LA RADIACION SOLAR PARA LA CIUDAD DE BARQUISIMETO



Localización:	Barquisimeto, Venezuela
Usando datos de la Estación Meteorológica de Barquisimeto	
Irradiación solar mínima diaria	4.67 kWh / m ²
Irradiación promedio diaria	5.25 kWh / m ²
Irradiación solar máxima diaria	5.69 kWh / m ²

Figura 30. Irradiación solar en Barquisimeto. Fuente: Instituto de meteorología de Barquisimeto.

ANEXO XI

SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS A USAR

Selección de la Tecnología de la Luminaria a utilizar

Lámpara de Vapor de Sodio (HPS) Vs. LED

La selección de la tecnología de iluminación a utilizar para los postes solares se lleva a cabo estudiando las ventajas que ofrece el LED Vs. HPS.

Característica	Lámpara de sodio de alta presión	LED
Desempeño Fotométrico	Malo X	Excelente ✓
Desempeño Eléctrico	Peligro de choque eléctrico (Alto voltaje) X	Seguro (Bajo Voltaje) ✓
Vida Útil	Corta (500 horas) X	Muy larga (mayor de 50.000 horas) ✓
Rango de Voltaje permitido	Pequeño ($\pm 20\%$) X	Alto ($\pm 20\%$) ✓
Consumo	Alto X	Bajo ✓
Tiempo de encendido	Lento (Alrededor de 10 minutos) X	Rápido (2 segundos) ✓
Eficiencia Óptica	Baja X	Alta ✓
Distinción de Color	Mala, Ra < 50 X	Buena, Ra > 75 ✓
Color-Temperatura	Baja (Amarilla o ámbar, Incomoda) X	Ideal (Cómoda) ✓
Deslumbramiento	Fuerte a veces peligroso X	No es Fuerte. ✓
Calor	Fuerte ($> 300^{\circ}\text{C}$) X	Luz Fría ($< 60^{\circ}\text{C}$) ✓
Oscurecimiento de la pantalla	Fácil (Absorbe polvo) X	No (Prueba estática) ✓
Luminaria torna a ser amarilla	En poco tiempo X	No ✓
Prueba de impacto	Mal (muy frágil) X	Buena (Ningún filamento ni vidrio) ✓
Contaminación Atmosférica	Contiene elementos a base de plomo X	No ✓
Costo de Mantenimiento	Alto X	Bajo ✓
Peso del Producto	Pesado X	Liviano ✓
Costo	Bajo	Alto x
Desempeño Integral	Malo X	Excelente V

Figura 31. Tabla Comparativa entre LED y HPS. Fuente: Elaboración Propia

Requerimientos de Iluminación en Venezuela

Antes de elegir la luminaria, se debe tener en cuenta los requerimientos de iluminación de las vías públicas del país con el fin de garantizar una calidad de servicio del poste solar.

Un sistema de iluminación pública debe permitir a los usuarios de la red vial, circular por ella con toda seguridad y con máxima comodidad, por lo tanto el sistema de iluminación pública debe ser capaz de:

- Permitir a los usuarios visualizar cómoda y rápidamente, no solo los bordes de la vía y su superficie, sino también las curvas, irregularidades, y los objetos fijos y móviles situados sobre la calzada.
- Mejorar las condiciones de visibilidad, lo cual constituye un medio eficaz para reducir la frecuencia de accidentes y para aumentar la capacidad de tránsito.
- Permitir a otros usuarios de la vía (peatones, ciclistas y otros) ver sin riesgo de error o de deslumbramientos, todo vehículo que se acerque.

Además de la serie de factores no dependientes del sistema de iluminación que afectan la visión del conductor, como son edad, velocidad, condiciones físicas, factores psicológicos, estados anormales por consumo de drogas, licores o cigarrillos, existen otros que si tienen que ver con los sistemas de iluminación vial, y por lo cual hay que considerarlos a la hora de la elección de los sistemas a usar, estos factores son:

1. Luminancia de la vía (en consecuencia iluminancia): debe ser adecuada para la percepción por el ojo humano de los contraste mínimos que determinan la presencia de algún obstáculo.
2. Uniformidad de luminancia de la vía: debe ser la mayor posible ya que la presencia de franjas, ya sean transversales o longitudinales, pueden impedir la percepción adecuada de obstáculos.

3. Deslumbramiento: debe tomar en cuenta todas las posibilidades de deslumbramiento para limitarla en lo más posible, de manera que se eviten al conductor molestias y cansancio y lo que es peor, pérdida de visibilidad por desadaptación.
4. Guía visual: debe además proveer guía óptica, ya sea iluminando lo más ampliamente posible al campo visual del conductor o disponiéndose de manera que las luminarias en el campo de vista del conductor, formen filas de puntos luminosos que den orientación clara del curso de la vía, de los cruces, salidas y derivaciones de la misma, con suficiente ampliación.

La comisión venezolana de normas industriales COVENIN, creada en 1958 es el organismo encargado de programar y coordinar las actividades de normalización y calidad en el país. Para garantizar una buena calidad en los servicios de iluminación pública que cumpla con los requisitos anteriormente expuestos, se elaboró la norma de diseño de alumbrado público COVENIN 3290-1997.

Clasificación			Luminancia				Iluminancia			Índice de Deslumbramiento
Calidad de iluminación A1	Tipo de Vía Autopistas	Tipo de Zona	Lm	Um	Ug	UI	Em(lux)	U1	U2	
A1	Vías Expresas	Todas	2	0.40	0.30	0.70	25-30	0.40	0.30	7
		A					25-30	0.40	0.30	7
A2	Vías Principales y recolectoras	B	2	0.40	0.30	0.70	20-25	0.33	0.25	6
		C	1.8	0.33	0.25		15-20			
B1	Vías Secundarias	A					15-20			5
		B	1.5	0.33	0.25	0.60	15	0.33	0.20	
		C	1	0.3	0.2		10	0.30	0.15	

B2	Vías Locales	A					15	0.3	0.1	5
		B	x	x	x	x	10	0	5	
		C					6	0.2	0.1	
								5	0	

Ug: Uniformidad general; Um: Uniformidad media; Ul: Uniformidad longitudinal

Figura 32. Características de iluminación de vías urbanas. Fuente: Normas Covenin 3290:1997

Clasificación		Luminancia				Iluminancia			Índice de deslumbramiento
Calidad de la iluminación	Tipo de vía	L m	Um	Ug	Ul	Em	U1	U2	
A1	Autopistas	2	0.4	0.3	0.7	25.0	0.4	0.3	7
	Vías expresas		0	0	0	0	0	0	
A2	Vías principales y troncales	1. 5	0.4 0	0.3 0	0.7 0	20.0 0	0.3 3	0.2 5	6
B1	Vías secundarias	1	0.3 0	0.2 5	0.6 0	15.0 0	0.3 0	0.2 0	5
B2	Vías locales	x	x	x	x	10	0.2 0	0.1 0	4

Figura 33. Características de iluminación de vías rurales. Fuente: Normas Covenin 3290:1997

A través de las características de iluminación de las vías urbanas como rurales, queda claro que el diseño del poste de iluminación pública con energía solar debe cumplir con la mayoría de las exigencias de iluminación de las vías públicas.

La luminaria se selecciono con el fin de iluminar las autopistas, vías expresas, vías principales, secundarias y vías locales de la ciudad de Barquisimeto.

Para ello verificamos a través de la curvas de iluminación en el plano de las diferentes luminarias LED, variando la potencia, altura del poste y distancia entre poste, comprobando que cumplía los requerimientos de iluminación, luminancia y uniformidad anteriormente expuestos.

Criterio Utilizado para la Clasificación de la calidad de Iluminación y tipo de Vía

Podemos observar en la siguiente tabla el criterio dado a cada tipo de alumbrado público con el nivel de importancia dado a las algunas variables que se encuentran en diferentes tipos de vías.

Tipo	Criterio	Muy Importante	No Importante	Medio	Reducido	Muy Reducido
I (A1)	Velocidad de circulación					
	Volumen de Transito					
	Tránsito de Peatones					
	Reproducción de colores					
II (A1)	Velocidad de circulación					
	Volumen de Transito					
	Tránsito de Peatones					
	Reproducción de colores					
III (A2)	Velocidad de circulación					
	Volumen de Transito					
	Tránsito de Peatones					
	Reproducción de colores					
IV(B1)	Velocidad de circulación					
	Volumen de Transito					
	Tránsito de Peatones					
	Reproducción de colores					
V(B2)	Velocidad de circulación					
	Volumen de Transito					
	Tránsito de Peatones					
	Reproducción de colores					

Figura 34. Tipos de Alumbrado público. Fuente: Norma Covenin 3290:1997

A continuación se muestra una tabla donde según el tipo de ubicación y la clase de vía de la zona a iluminar, se asigna un tipo de alumbrado.

Ubicación	Clase de Vía	Tipo de Alumbrado
Zonas Rurales	Autopistas y distribuidores	I(A1)
	Vías Interurbanas	I(A1)
	Vías secundarias	IV(B2)
Alrededores y acceso a zonas urbanas	Vías de acceso	I ó II (A2)
	Vías colectoras	II (A2)
	Avenidas de circunvalación	I ó II (A2)
Zonas pobladas	Avenidas y calles	II (A1)
	Vías comerciales	II (A1)
	Vías secundarias	III(B1)
	Vías residenciales	V(B2)
Situaciones Especiales	Cruces peligrosos	Tratamiento Particular
	Redomas	
	Pendientes	
	Puentes	
	Túneles	

Figura 35. Tipos de alumbrado público según la naturaleza de la vía. Fuente: Normas Covenin 3290:1997.

Las características de las diferentes vías de tránsito tienen que ser tomadas en cuenta a la hora de diseñar un sistema de iluminación pública. En la siguiente tabla se muestra el criterio de clasificación de las diferentes vías de tránsito en nuestro país.

Criterio	Autopista (A1)	Vías expresas (A1)	Vías Principales (A2)	Vías secundarias (B1)	Vías Locales (B2)
Transito	Expreso	Expreso	Principal	Local principal	Local secundario
Velocidad de circulación	Sobre 80 Km/hr	Sobre 80 Km/hr	Menos de 60 Km/hr	Local principal	Local secundario
Longitud del tramo principal	Más de 5 Km	Más de 5 Km	Menos de 1,5 Km	Menos de 45 Km/hr	Menos de 0,8 Km/hr
Volumen de transito	Alto o muy alto	Alto o muy alto	Alto o muy alto	Alto o bajo	Bajo
Control	Total	Total o parcial	Normalmente ninguno	Ninguno	Ninguno
Cruce con calles secundarias	No	No	A nivel	A nivel	A nivel
Cruce con calles principales	Sin intersecciones	Generalmente sin intersección a nivel. Usualmente con distribuidores	Intersección a nivel	Intersección a nivel	Intersección a nivel
Control de tráfico para cruce o giro a nivel	No existe	Principalmente señales de pare. Algunas veces semáforos	Señales de pare o semáforos	Señales de parte o semáforos	Señales de pare generalmente
Tipo de acceso	Rampa o canal de acceso	Canal de acceso	Normal o con ensanchamiento	Normal o con ensanchamiento	Normal
Vías laterales	Posible	Posible	Normalmente no	Normalmente	No
Isla central	Siempre	Siempre	Normalmente	Normalmente no	No
Central de cruce de peatones	Dispositivo de cruce separado	Paso de peatones o separados	paso de peatones	Paso de peatones	A veces pasos de peatones
Canal de estacionamiento	No	No	Restringido o ninguno	Posible	Posible
Hombrillo	Incluido	Incluido	Normalmente no	No	No
Distancia de visibilidad	100 m	100 m	80 m	60 m	50 m

Figura 36: Características de clasificación de las diferentes vías de transito. Fuente: Normas Covenin

A la hora de iluminar en zonas urbanas es indispensable saber el tipo de zona y sus características.

Característica de zona	Características	Casos incluidos
Comercial (A)	Gran número de peatones, vehículos o ambos	Zonas Principales, Centro de comercio de sectores importantes, sectores con centros de distribución de tránsito terrestre, aéreos o marítimos con funcionamiento nocturno o zonas escolares con funcionamiento nocturno
Intermedia (B)	Número moderado de peatones, vehículos o ambos	Zonas adyacentes a los tipos (A), centro residenciales de apartamentos de densidad alta, centros de comercio de sectores de regular importancia, zonas de hospitales y otros servicios públicos o zonas con dispositivos recreacionales o deportivos de uso público
Residencial (C)	Número escaso de peatones, vehículos o ambos	Barrios residenciales de viviendas unifamiliares o con pequeños edificios de apartamentos, densidad de población mediana y baja, parques, cementerios y similares abiertos al tránsito durante la noche

Figura 37. Clasificación de las zonas urbanas. Fuente: Normas Covenin 3290:1997

Hay que tener en cuenta el volumen de tránsito en los diferentes tipos de vías del ya que de ello dependerá la calidad de iluminación a ser usada en el área.

	Volumen de Tránsito	Promedio anual (vehículos/hora)
Vías urbanas y rurales	Muy Alto	Mayor de 1000
	Alto	Entre 500 y 1000
	Bajo	Menor de 500

Figura 38. Clasificación del volumen de transito. Fuente: Normas Covenin 3290:1997

Una buena calidad de iluminación se logra cuando se les permite a aquellos usuarios que circulan a paso normal, evitar un obstáculo cualquiera ubicado sobre su camino, es por esto que la velocidad de circulación es un factor importante a la hora de elegir la iluminación en una zona específica.

	Volumen de Transito	(km/hr)
Vías urbanas y rurales	Muy Alto	Mayor de 80
	Alto	40 y 80
	Bajo	Menos de 40

Figura 39. Clasificación de la velocidad normal de circulación. Fuente: Normas Covenin 3290:1997

Selección de la Luminaria a Utilizar

El criterio que utilizamos para elegir la luminaria de diferentes marcas fue elegir aquella que con menos potencia, a una altura de 8 metros y una distancia de postes de 30 metros, cumpliera con los requisitos de iluminación anteriormente expuesto.

Como la eficiencia de las luminarias era parecida para todas las marcas para una potencia de 60 W, elegimos aquella marca que era líder en el mercado.

Precio de la Luminarias

Shenzhen Bang-Bell Electronics Co., Ltd.				
Building C, JinXiongDa Industrial Park, Huan'guan South Road, Guanlan, Bao'an, Shenzhen, China.				
Tel: Tel.: 0086 755 2958 8988 Fax: 0086 755 2958 8616				
Proforma Invoice				Invoice No.: DS0902133
				Date: Feb. 13, 2009
The Seller:		The Buyer:		
Shenzhen Bang-Bell Electronics Co., Ltd.		Vemacero C.A.		
Building C, JinXiongDa Industrial Park, Huan'guan South Road,		Zona Industrial II Barquisimeto Venezuela		
Guanlan Town, Bao'an District, Shenzhen, Guangdong, China.		Contact:Mr. Javier A. Prieto		
Tel: +86 755 2958 8988 Fax:+86 755 2958 8616		Tel.: 0058-412-2900015		
The undersigned Seller and Buyer have agreed to close the following transactions according the terms and conditions stipulated below:				
Item#	Description	Unit Price(USD)	Q'ty(pcs)	Amount(USD)
LU4	High Power Led Street Light			
	60 W,Pure White,85-264VAC,Hoop	425,00	200	85.000,00
None	Shipment delivery by sea from Shenzhen China to La Guaira Port,Venezuela			2.450,00
			Total:	87.450,00

Figura 40. Cotización pedida a la empresa Shenzhen Bang-Bell Electronics Co para un pedido de 200 luminarias LED de 60 W. Fuente: Shenzhen Bang-Bell Electronics Co

Estudio de Carga para la Selección de Baterías, Panel y Regulador

Para el cálculo del diseño fotovoltaico se consideraron los siguientes parámetros de diseño:

- Eficiencia del generador fotovoltaico=0,95
- Eficiencia farádica de las baterías=0,95
- Caída de voltaje entre el generador y el regulador=0,98
- Caída de voltaje entre el regulador y la batería=0,98
- Se usaron los datos de la radiación solar para la ciudad de Barquisimeto.

Uso de Energía Diario	0.7 kWh
Potencia Entregada por otras Fuentes de Energía	0 Ah por día a 24 V

Voltaje del Sistema	24 V
Energía Requerida incluyendo las Pérdidas	32 Ah at 24 V
Paneles Solares a Usar	2 paneles Sharp× 130 W 12Volt Poly-crystalline
Regulador de Carga	1 Regulador× 24Volt 10Amp con LVD
Días de carga en la batería extra	3 días
Profundidad de descarga de las baterías máximo.	50 %
Banco de Baterías Requerido	190 Ah 4 × Trojan Flooded Lead Acid Battery 6V 210Ah

Figura 41. Cálculo de Carga para la Selección de equipos eléctricos solares. Fuente: Elaboración Propia

Precio de Venta del Panel

Para el estudio del costo de los paneles solares, se tomaron los precios para varias de marcas y se estableció un precio de venta promedio.

Entre las marcas de panel estudiadas están:

- Canadian Solar, Inc.
- Evergreen
- Kyocera
- Mitsubitchi Electric
- Sharp

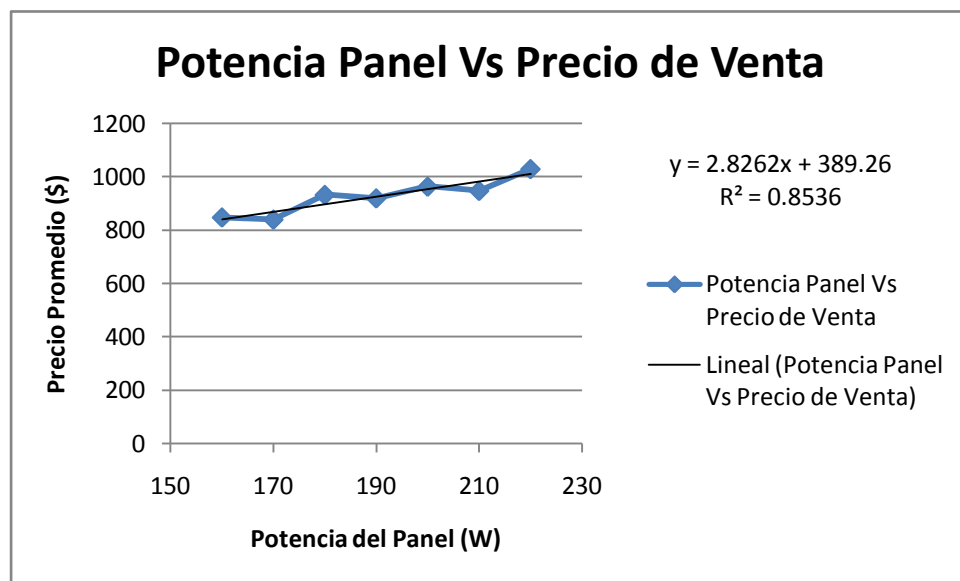


Figura 42. Gráfica de potencia de diferentes paneles solares Vs Precio de Venta. Fuente: Elaboración Propia

Potencia W	Costo de Adquisición Promedio (\$)
100	672
110	700
120	728
130	757
140	785

150	813
160	841
170	870
180	898
190	926
200	955
210	983
220	1011
230	1039

Figura 43. Precio promedio de diferentes proveedores de paneles. Fuente: Elaboración propia

Elección de Marca del Panel

Se eligió la marca Sharp ND-130UJF ya que satisface los requerimientos de carga y ofrece el mejor precio del mercado. Aproximadamente 630 \$ por unidad.

Precio de Venta de las Baterías



larger image

- Model:
T-605
- Shipping Weight: 26
- Manufacturer:
Trojan
- Available
(call for delivery tin)

~~\$258.50~~ **\$225.00**
Buy online & save
\$33.50
Add to Cart:

add this to my cart 

Figura 44. Precio de Baterías Trojan 6v 210 Ah. Fuente: Elaboración propia
<http://www.energymatters.com.au/images/trojan/TrojanDeepCycleMaintenance.pdf>

ANEXO XII

DISEÑO DEL PROTOTIPO

ANEXO XIII

Resultados de la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta

A continuación se presenta el plano actual de las instalaciones con las que cuenta Grupo Vemacero C.A.:

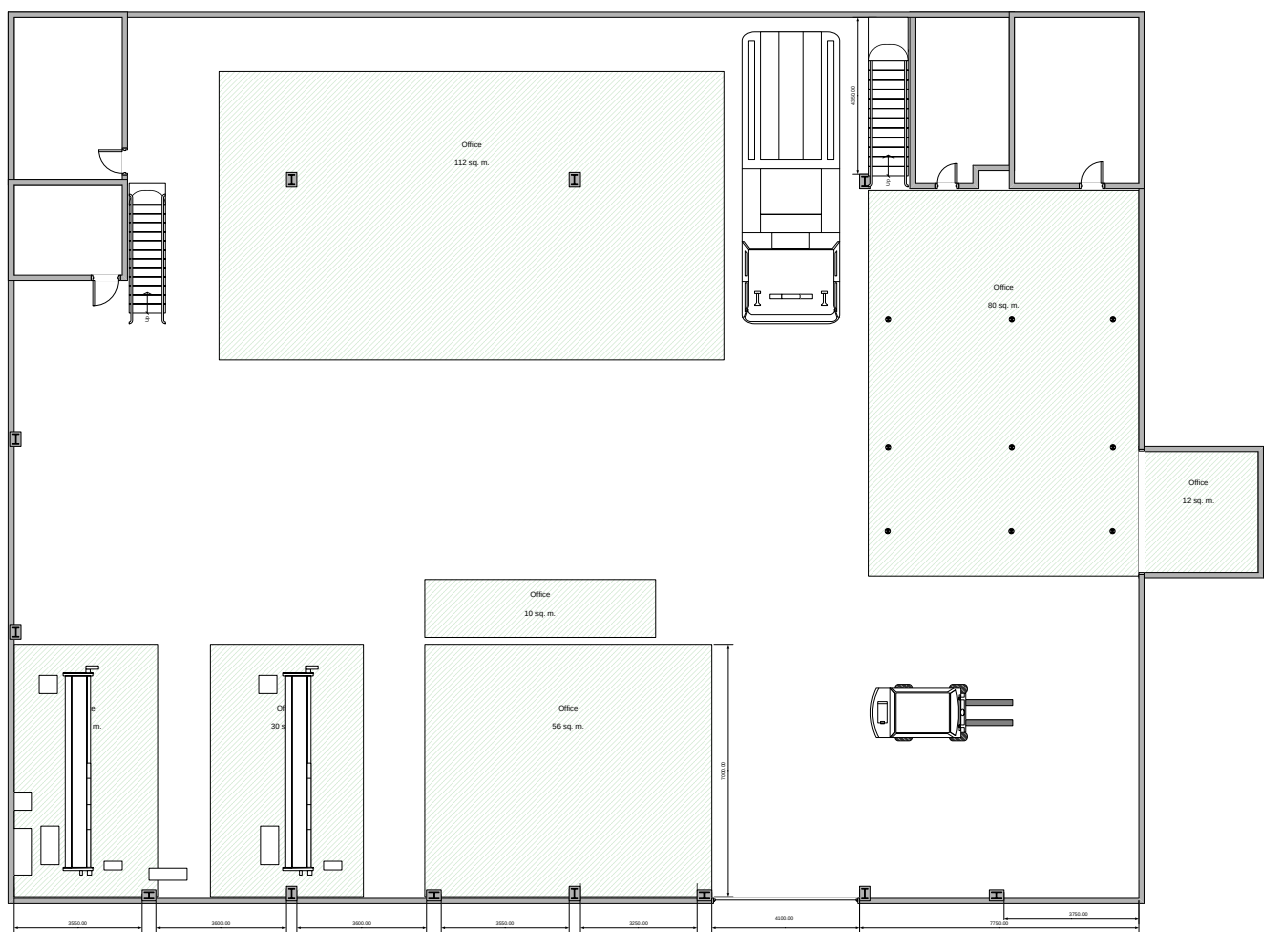


Figura 45: Plano actual de las instalaciones de Grupo Vemacero C.A. Fuentes: Elaboración Propia

A continuación se presenta las áreas en las que está dividida la planta para la producción de tuberías ornamentales de acero:

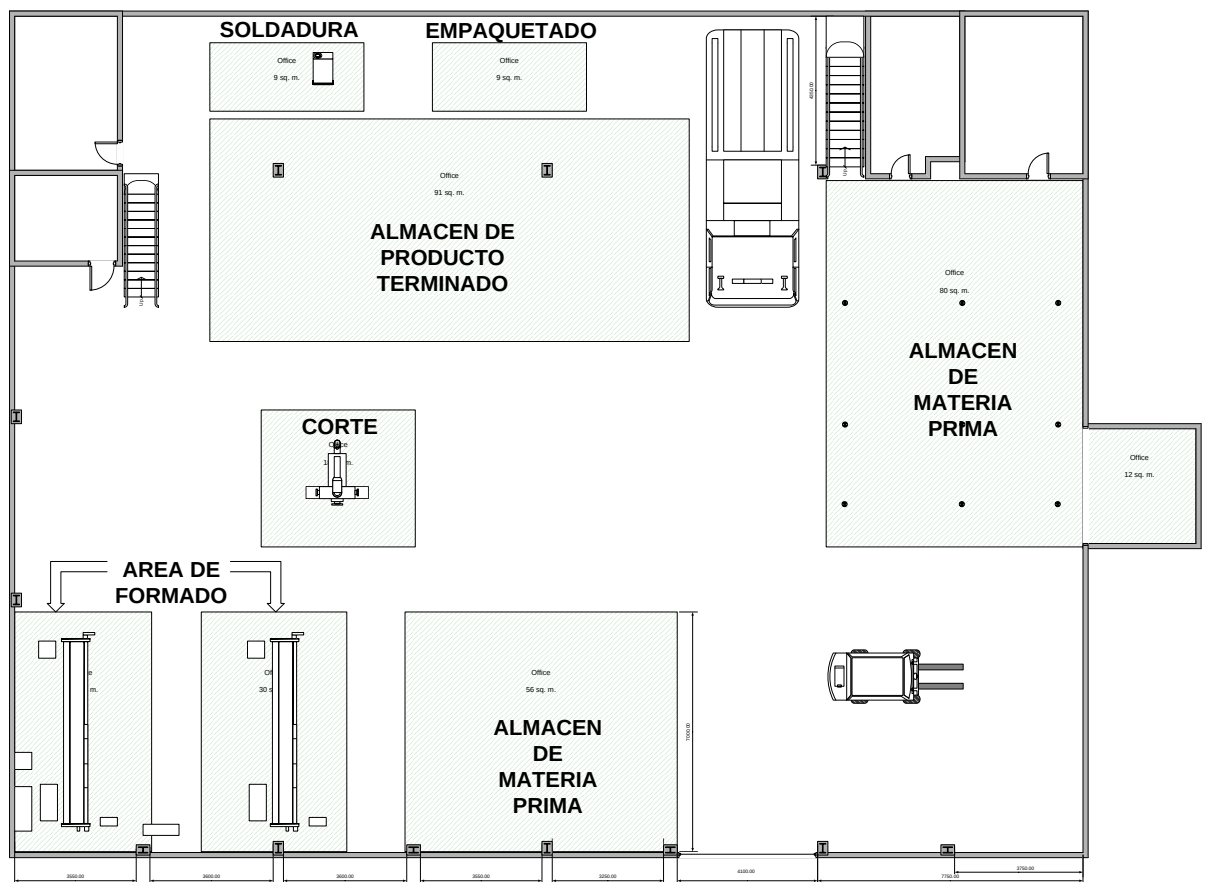


Figura 46: Plano actual de área de las instalaciones de Grupo Vemacero C.A. Fuentes: Elaboración Propia

A continuación se presenta el flujo que siguen los materiales dentro de las instalaciones de la planta para la producción de tuberías ornamentales de acero:

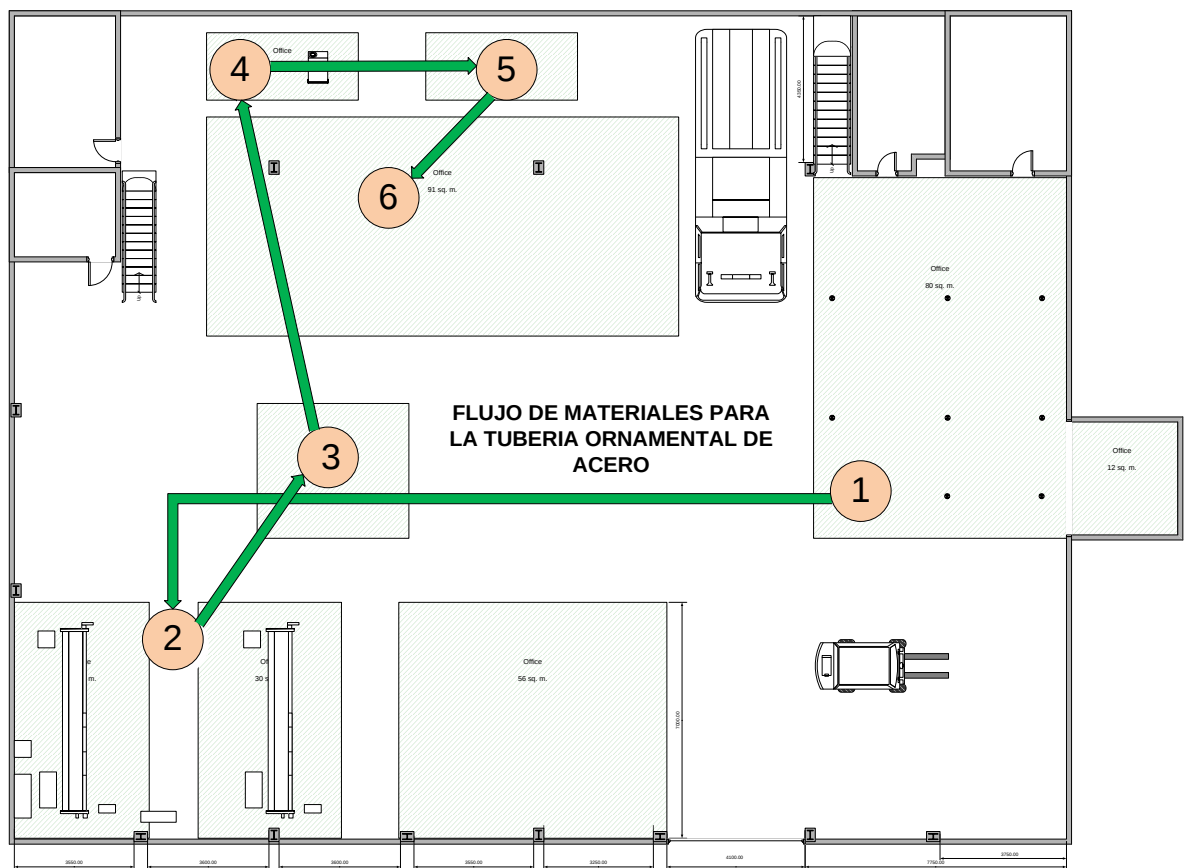


Figura 47: Flujo de los materiales dentro de las instalaciones de la planta. Fuentes: Elaboración Propia

TUBERÍA ORNAMENTAL DE ACERO

Diagrama de relaciones y espacio para la tubería ornamental de acero:

DESDE		HASTA					AREA (mts^2)
		2	3	4	5	6	
1	Almacén de Materia Prima	A	U	U	O	U	56
		1	2	4	2	2	
2	Area de Formado		A	E	O	O	30
			1	2	4	4	
3	Corte			A	U	U	18
				1	2	4	
4	Soldadura				A	U	9
					1	2	
5	Empaquetado					A	9
						1	
6	Almacén de Producto Terminado						91
							213
Valor		Cercanía		# de Líneas	Peso		

Valor	Cercanía	# de Líneas	Peso
A	Absolutamente Necesario	4	16
E	Especialmente Importante	3	8
I	Importante	2	4
O	Ordinario	1	2
U	No Importante	0	0
X	Indeseable	-	80

Razon	Descripción
1	Flujo Constante de Material
2	Poco Flujo de Material
3	Flujo Constante de Personal
4	Poco Flujo de Personal

Figura 48: Diagrama de Relaciones y espacio para la tubería. Fuentes: Elaboración Propia

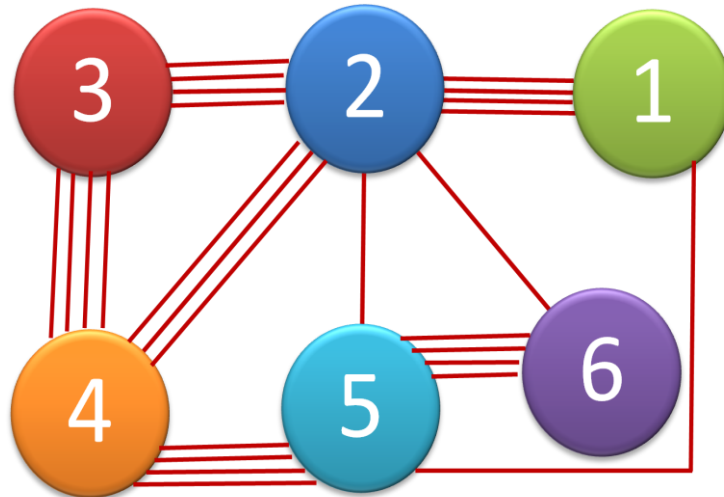
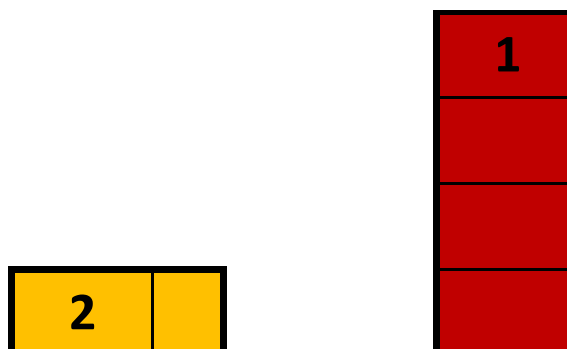


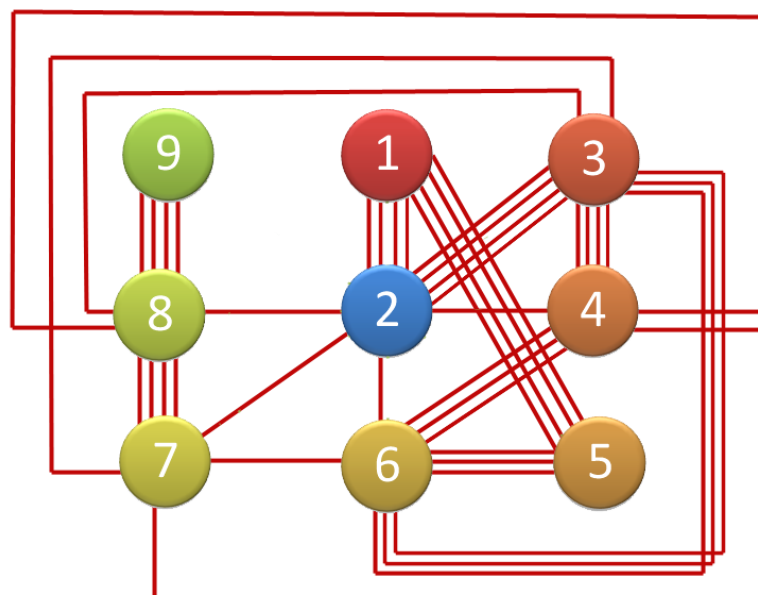
Figura 49: Diagrama de Relaciones y espacio para la tubería de acero. Fuentes: Elaboración Propia

El layout producto del estudio resultó como sigue para el proceso de producción de tuberías ornamentales de acero para la planta:



Valor	Cercanía	# de Líneas	Peso
A	Absolutamente Necesario	4	16
E	Especialmente Importante	3	8
I	Importante	2	4
O	Ordinario	1	2
U	No Importante	0	0
X	Indeseable	-	80

Razon	Descripción
1	Flujo Constante de Material
2	Poco Flujo de Material
3	Flujo Constante de Personal
4	Poco Flujo de Personal



El layout producto del estudio resultó como sigue para el proceso de producción de postes hexagonales de acero para la planta:



Es así como el layout final y el flujo de materiales para ambos productos queda definido como se muestra en las siguientes figuras:

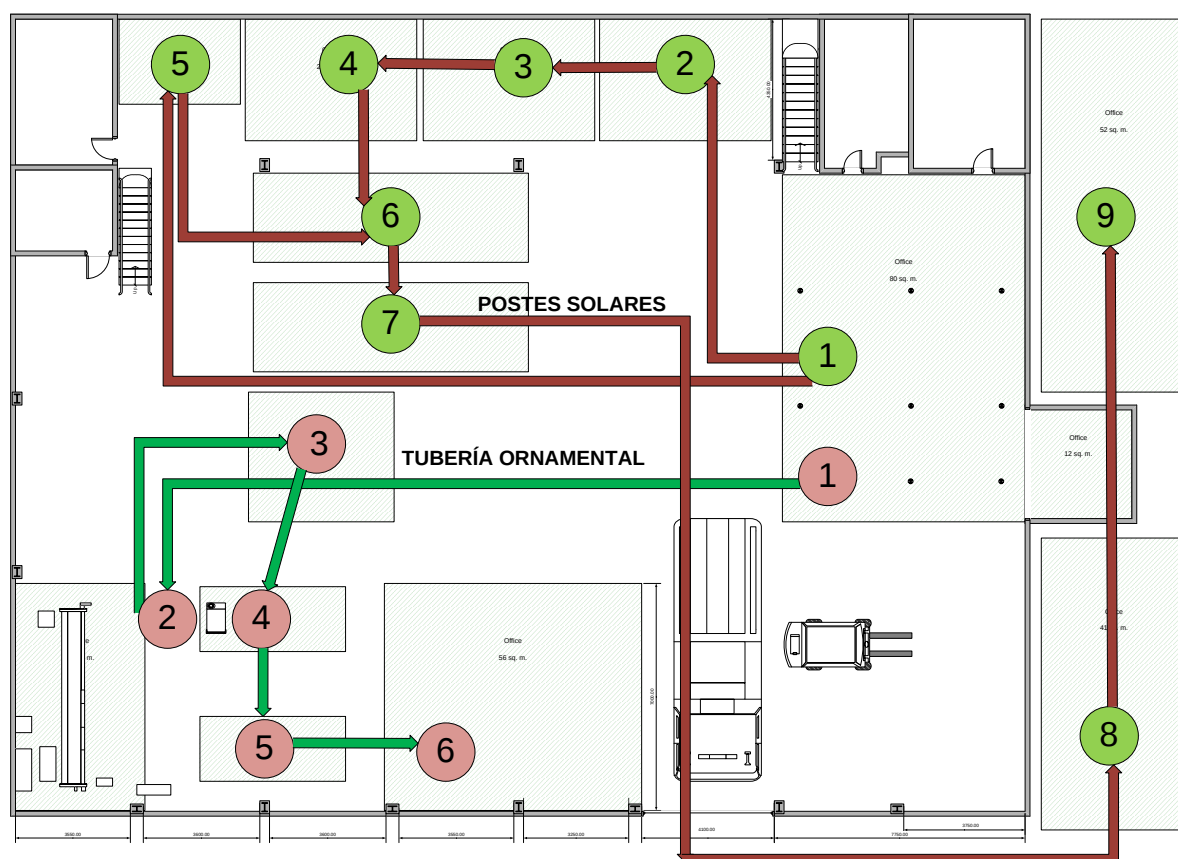


Figura 53: Diagrama de Layout Final: Elaboración Propia

ANEXO XIV

ADQUISICIÓN DE EQUIPOS Y MAQUINARIA

Descripción	Free On Board	%	Flete	TOTAL CIF (Cost Insurance and Freight)	Impuesto	IVA	TOTAL (BsF.)
Cortadora de Láminas	64,500.00	26.00	16,770.00	81,270.00	16,254.00	73,143.00	170,667.00
Dobladora de Laminas	32,250.00	26.00	8,385.00	40,635.00	8,127.00	36,571.50	85,333.50
TOTALES (BsF.)	96,750.00	52.00	25,155.00	121,905.00	24,381.00	109,714.50	256,000.50

Tabla 7: Tabla de Importaciones. Fuente: Elaboración Propia

Herramientas e Implementos de la planta	Cantidad
Cintas Métricas	3
Set de Mechas	2
Sargentos	30
Cepillo de Metal	10
Kit de herramientas Crattsman	2
Set de herramientas neumáticas	1
Esmeril de Mano 5"	3
Esmeril de Mano 8"	3
Taladro de Mano	2
Destornillador Eléctrico	2
Marcadores de Metales	20
Mesas de Trabajo	2

Maquinaria Industrial	Cantidad
Dobladora de Laminas	1
Cortadora de Laminas	1

Equipos de Seguridad	Cantidad
Guantes para Soldadura (par)	4
Guantes para Trabajar (par)	8
Caretas para Soldar	4
Tapa Boca	4
Lentes de Seguridad	10
Bragas para Soldar	4
Botas de Seguridad	5
Protectores Auditivos	10
Casco	4

ANEXO N°XV

PROCESOS DE PRODUCCIÓN BAJO PEDIDO

Por lo general, los diseños de productos a la medida, están relacionados con sistemas de inventarios de productos terminados de producción sobre pedido. La siguiente figura ilustra los procedimientos que normalmente se siguen en sistemas de inventarios de productos terminados de producción hechos a la medida. Los pedidos de los clientes se reciben en los departamentos de planeación y control de la producción. Una vez elaborado el pedido del cliente debe investigarse si existe un diseño del producto para este pedido; si anteriormente se han fabricado productos que cumplen las especificaciones del cliente, no será necesario diseñarlos. Lo mismo ocurrirá con los planes de proceso, es decir, las rutas de los productos a través del taller. El diseño del producto y el desarrollo de planes de procesamiento se conocen en los talleres de tareas como planeación de preproducción. Después de

programar el pedido del cliente para su producción de notificarle una fecha de entrega y de ordenar los materiales a los proveedores, el pedido se queda en pedidos pendientes hasta que se produce y se embarca al cliente.

Como puede observarse en la figura, por lo general la producción de productos terminados no se inicia hasta después de haber recibido el pedido del cliente, ya que este pudiera requerir los detalles del diseño del producto. Tampoco es raro diseñar el producto en su totalidad para un cliente después de recibido el pedido, si este ha dado especificaciones de desempeño (una descripción detallada de lo que debe hacer el producto). En estos casos, por lo tanto, no será posible producir los productos antes de la recepción del pedido del cliente. También, en razón al elevado número de diseño de productos, de la reducida demanda de cada uno de ellos, y de lo infrecuente de la demanda de los mismos, pudiera ser impráctico almacenar productos en el inventario de productos terminados a la espera de los pedidos de los clientes.

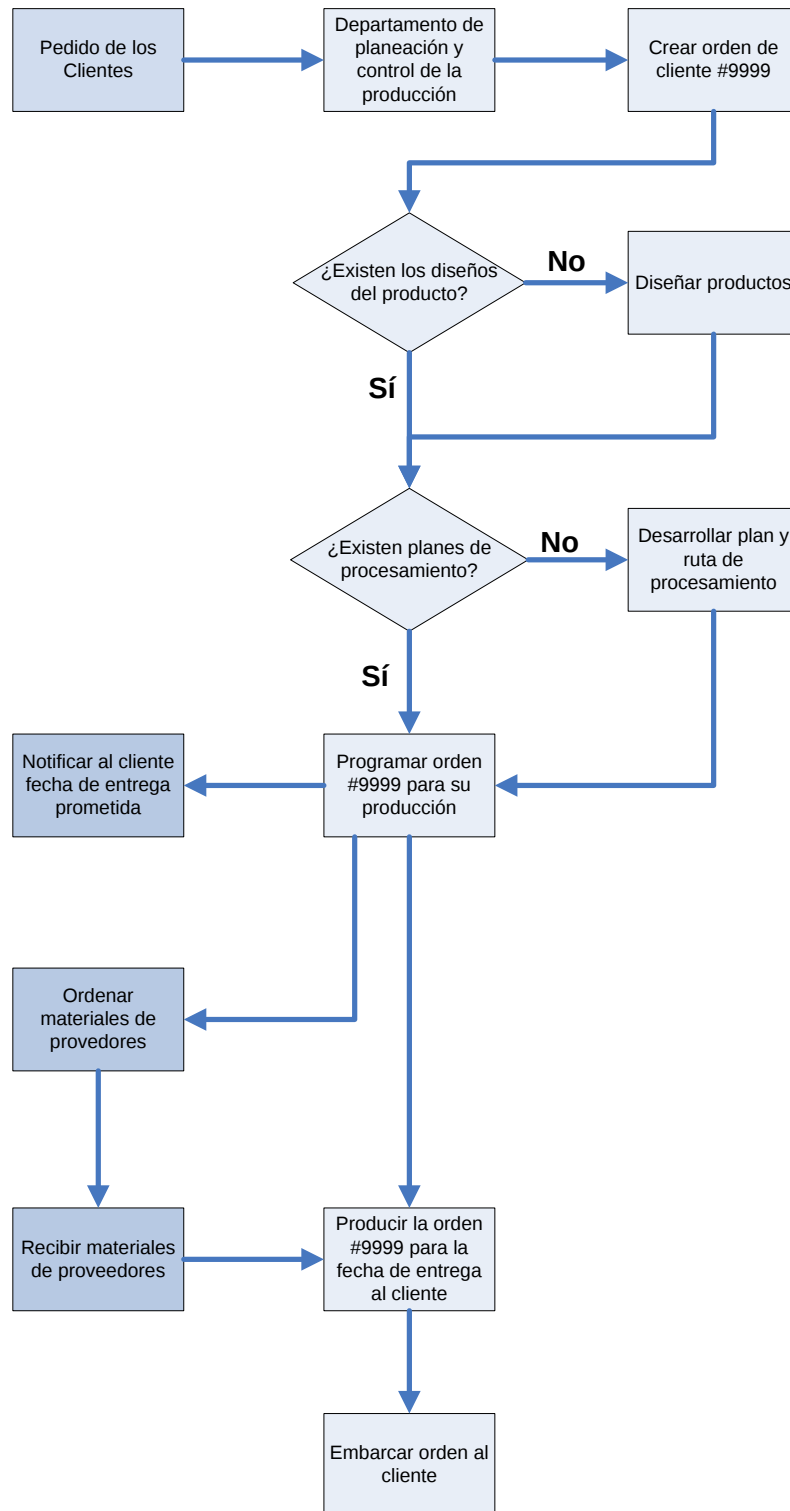


Figura 56. Proceso de producción bajo pedido. Fuente: Elaboración Propia

ANEXO XVI

SIMULACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Se realizó la simulación de la producción para los postes hexagonales de acero con el fin de evaluar cuantos postes podrían llegarse a producir con los recursos que pensaban adquirirse. Si dicha producción alcanzaba la meta mensual entonces no habría necesidad de adquirir más recursos.

La simulación se realizó utilizando Arena 7.0 de Rocwell Automation y se tomaron en cuenta los siguientes parámetros a la hora de realizar el estudio:

.- Todos los tiempos utilizados fueron producto de visitas a varias instalaciones dedicadas a la producción de postes de acero.

.- Para la distribución de la planta se utilizó el layout generado por el presente trabajo especial de grado en el Capítulo V.

.- Se asumió que iba a contarse con los siguientes recursos:

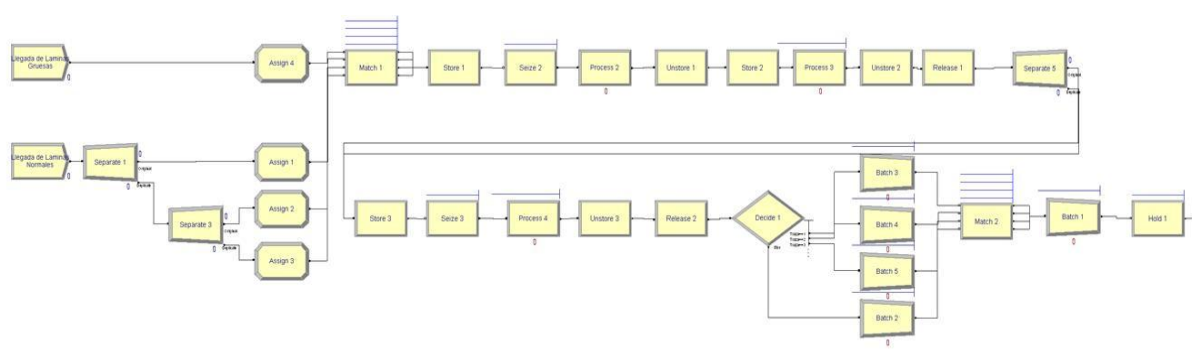
- Cortadora de Lámina.
- Dobladora de tubos.
- 4 Obreros.
- Dos mesas largas para el trabajo de soldadura en postes.
- Una mesa larga para el trabajo de pintura en postes.

Si bien es cierto que hay otros recursos que intervienen en el proceso de producción de postes hexagonales de acero, los mismos no fueron tomados en cuenta debido a que no influyen en la simulación y son representados por alguno de los recursos mencionados arriba.

.- Para los efectos de la simulación se asumió que siempre se contaba con la materia prima necesaria para la producción de postes hexagonales de acero.

.- La simulación se corrió para un mes de trabajo con días de 8 horas laborales, sin sobretiempo.

A continuación se muestra una impresión de pantalla de Arena a fin de poder evidenciar como se ve dicho proceso dentro del software:



Una vez corrida la simulación se prosiguió entonces al análisis de los reportes arrojados por Arena, para la validación de los mismos se le indicó al software que corriera el modelo 10 veces con diferentes semillas a fin de nivelar los resultados y las incertidumbres estadísticas.

Se obtuvo que la planta tal cual como estaba diseñada era capaz de producir 72 postes promedio por mes, lo cual superaba en creces cualquiera de los escenarios planteados por este estudio en el capítulo VI.

Se concluyó entonces que no era necesario incorporar ningún otro recurso o área al proceso productivo.

A continuación se muestran los reportes generados por Arena:

**ENCUESTA DE LISTADO DE IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES Y
PROBLEMAS EN LA ILUMINACIÓN PÚBLICA**

**CUESTIONARIO PARA LISTAR E IDENTIFICAR LAS NECESIDADES Y PROBLEMAS
EN LA ILUMINACIÓN PÚBLICA EN VENEZUELA**

Bueno días, mi nombre es Javier/Gerardo y soy estudiante de ingeniería Industrial de la UCAB. Estoy realizando un estudio para mi tesis de grado y me gustaría poder contar con su colaboración. Desde ya, muchas gracias.

A continuación enumera los siguientes problemas de la lista siguiente del uno al ocho, donde uno es el problema o necesidad que consideres primordial a resolver y el ocho es el problema o necesidad es irrelevante.

Problema o Necesidad	Numeración
#1 Muchas vías públicas no están siendo iluminadas	
#2 Me encandilo cuando manejo de noche	
#3 Los postes de luz no iluminan mucho	
#4 Los postes de iluminación son necesarios para la seguridad ciudadana	
#5 Los postes de iluminación representan un riesgo de peligro eléctrico	
#6 Los postes no iluminan la vía uniformemente y a veces me confundo al evitar obstáculos en la vía	
#7 Los postes alumbran en exceso	
#8 No me siento cómodo en la captación de colores	

ANEXO N°XVIII

VENTAJAS COMPETITIVAS DEL PRODUCTO

Se realizó un análisis de costo entre los postes solares y los convencionales.
Para el análisis se asumieron los siguientes hechos:

Costo de Poste Solar	7.000	BsF
Costo de Poste Convencional	2.000	BsF
Reposición de HPS	300	1 vez cada dos años
Mantenimiento de Paneles	100	1 vez por año
Mantenimiento de baterías	100	1 vez por año
Cambio de baterías	650	1 vez cada 3 años
Potencia de HPS	250	W
Costo en BsF por Kw	0,32	BsF
Costo de Tendido Eléctrico por Km	12.500	BsF

Figura 58. Asunciones para el cálculo de costos. Fuente: Elaboración Propia

Luego se realizó un análisis de de costos para 20 años.

Año	Solar (BsF.)	Convencional (BsF)
1	7.100	2.000
2	100	1.395
3	100	1.095
4	750	1.395
5	100	1.095
6	100	1.395
7	750	1.095
8	100	1.395
9	100	1.095
10	750	1.395
11	100	1.095
12	100	1.395
13	750	1.095
14	100	1.395
15	100	1.095
16	750	1.395
17	100	1.095
18	100	1.395
19	750	1.095
20	100	1.395

Figura 59. Costos por año. Fuente: Elaboración Propia

Para poder saber cuando los postes solares empiezan a dar beneficios económicos, tenemos que acumular los costos año por año hasta que los gastos se igualen.

Año	Solar Acumulado(BsF.)	Convencional Acumulado(BsF)
1	7.100	2.000
2	7.200	3.395
3	7.300	4.490
4	8.050	5.885
5	8.150	6.980
6	8.250	8.375
7	9.000	9.470
8	9.100	10.865
9	9.200	11.960
10	9.950	13.355
11	10.050	14.450
12	10.150	15.845
13	10.900	16.940
14	11.000	18.335
15	11.100	19.430
16	11.850	20.825
17	11.950	21.920
18	12.050	23.315
19	12.800	24.410
20	12.900	25.805

Figura 60. Costos Acumulados por año. Fuente: Elaboración Propia

Según este análisis, para la adquisición de un poste solar, se empezaran ver beneficios económicos a partir del sexto año.

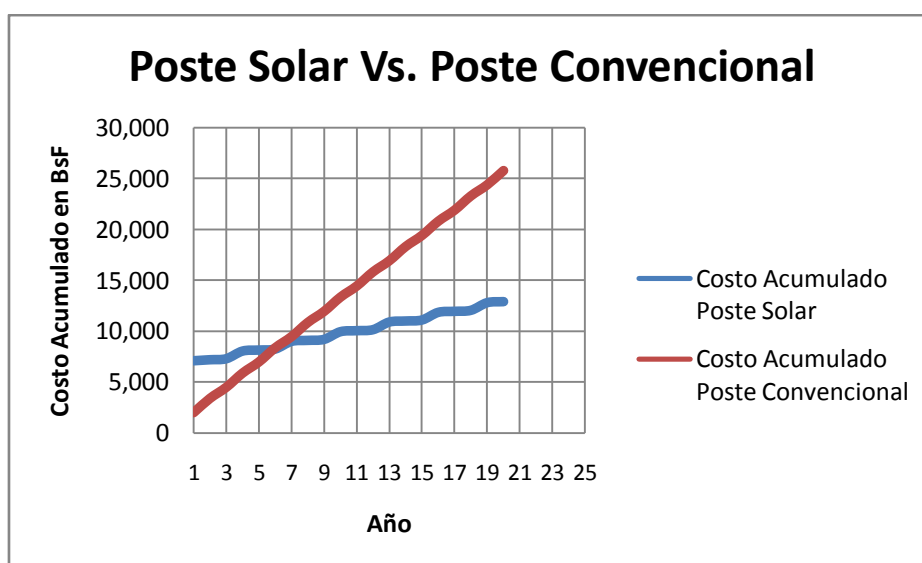


Figura 61. Gráfica de costos acumulado por año entre el poste solar y el poste convencional. Fuente: Elaboración Propia

Para hacer un análisis mas serio, se tomo en cuenta que se iluminaba 1 kilometro de carretera en una ciudad urbanizada. Hay que acotar que hace falta 1 poste solar cada 30 metros mientras que con los postes convencionales como funcionan en la actualidad en el país, es requerido un poste cada 40 metros. Con esta proporción de distancias entre postes, hay que decir que se comenzara a ver un beneficio a muy largo plazo (aproximadamente 10 años) dado al diseño que elegimos.

Año	Solar Acumulado(BsF.) 1Km de vía	Convencional Acumulado(BsF) 1Km de vía
1	234.300	50.000
2	237.600	84.875
3	240.900	112.250
4	265.650	147.125
5	268.950	174.500
6	272.250	209.375
7	297.000	236.750
8	300.300	271.625
9	303.600	299.000
10	328.350	333.875
11	331.650	361.250
12	334.950	396.125
13	359.700	423.500
14	363.000	458.375
15	366.300	485.750
16	391.050	520.625
17	394.350	548.000
18	397.650	582.875
19	422.400	610.250
20	425.700	645.125

Figura 62. Gráfica de costos acumulado por año para 1Km de vía iluminada. Fuente: Elaboración Propia

Dado a estos resultados, hay quienes pueden ver el beneficio desde el punto de vista ecológico que beneficia a la población, mas sin embargo económicamente consideramos que es inviable este diseño para una ciudad urbanizada.

Ahora, si tomamos en cuenta que se alumbrara zonas rurales sin electrificación, llevar el tendido eléctrico a esas zonas suele ser muy costoso, lo cual nos llevo a hacer el siguiente análisis. Supongamos que vamos a electrificar una zona que queda a 50 Km de distancia de la red eléctrica más cercana, y que en aquel poblado se alumbraran 5 kilómetros de vías.

Año	Solar Acumulado(BsF.)	Convencional Acumulado(BsF)
1	1.185.700	875.000
2	1.202.400	1.049.375
3	1.219.100	1.186.250
4	1.344.350	1.360.625
5	1.361.050	1.497.500
6	1.377.750	1.671.875
7	1.503.000	1.808.750
8	1.519.700	1.983.125
9	1.536.400	2.120.000
10	1.661.650	2.294.375
11	1.678.350	2.431.250
12	1.695.050	2.605.625
13	1.820.300	2.742.500
14	1.837.000	2.916.875
15	1.853.700	3.053.750
16	1.978.950	3.228.125
17	1.995.650	3.365.000
18	2.012.350	3.539.375
19	2.137.600	3.676.250
20	2.154.300	3.850.625

Figura 63. Gráfica de costos acumulado por año para 5Km de vía iluminada y 50 Km alejado de red eléctrica. Fuente: Elaboración Propia

En este caso se puede observar que la factibilidad económica es mucho mayor para alumbrar zonas rurales que queden muy lejanas a las redes eléctricas.