



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD**

**AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**COLEGIO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y  
ELÉCTRICA**

**DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA  
PROYECTOS DE AUTOMATIZACIÓN ELÉCTRICOS.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO MECÁNICO Y ELÉCTRICO**

PRESENTA:

**ROBERTO CARLOS TERAN CABAÑAS**

ASESOR:

**M.C. GUILLERMO FLORES MARTÍNEZ**

PUEBLA, PUE.

MAYO 2014



Oficio D-SA/1129/2014

**C. ROBERTO CARLOS TERAN CABAÑAS**  
**PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA**  
**MECÁNICA Y ELÉCTRICA**  
**P R E S E N T E**

En atención al Tema de Tesina que puso usted a consideración de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, dentro del marco del XIII Seminario de Titulación se turnó la misma a la:

**M. I. ANA ELENA POSADA SÁNCHEZ**  
**Secretaria Académica**

Habiendo autorizado el tema denominado:

**“DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA PROYECTOS DE AUTOMATIZACIÓN ELÉCTRICOS”**

Por lo anterior hacemos de su conocimiento que se asigna como asesor de esta Tesina al

**M. C. GUILLERMO FLORES MARTÍNEZ**

Sin más por el momento me despido de usted y le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

**ATENTAMENTE**

**“Pensar bien para vivir mejor”**

**H. Puebla de Z. a 03 de marzo de 2014**

**M. I. EDGAR IRAM VILLAGRAN ARROYO**  
**DIRECTOR**



M'EIVA/AEPS/AACHB\*  
c. c. p. Interesado  
Archivo

**ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN**

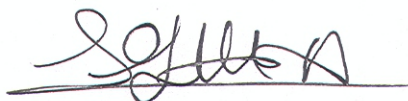
**M.I. EDGAR IRAM VILLAGRÁN ARROYO**  
**DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PRESENTE**

El que suscribe **M. C. GUILLERMO FLORES MARTINEZ** asesor del tema denominado: **“DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA PROYECTOS DE AUTOMATIZACIÓN ELÉCTRICOS”**, presentado por el **C. ROBERTO CARLOS TERAN CABAÑAS**, pasante de la carrera de **Ingeniería Mecánica y Eléctrica**, y en atención al oficio No. D-SA/1129/2014, me permito informar a usted que dentro del marco del **XIII Seminario de Titulación de Ingeniería y después de haber realizado una cuidadosa revisión del contenido temático, la metodología y la redacción de la tesis** correspondiente, no existe inconveniente en **autorizar la impresión** de la misma.

Asimismo, solicito a usted tenga a bien autorizar el jurado para su examen profesional.

Lo que hago de su conocimiento para los efectos legales a que haya lugar.

**ATENTAMENTE**  
**H. Puebla de Z. a 29 de abril de 2014**



**M. C. GUILLERMO FLORES MARTINEZ**  
**ASESOR**

## **Agradecimiento.**

Gracias a Dios por el don de la Vida, por la oportunidad de trascender y por toda su sabiduría que me ha dado.

A mis padres Roberto Terán y Yolanda Cabañas que siempre he tenido su apoyo incondicional, su gran cariño y comprensión, por sus grandes enseñanzas en principios y valores que me han hecho un ser responsable y comprometido.

A mis hermanos René e Israel con los que viví mi niñez y juventud, que ahora admiro y respeto, que a lo largo de la vida hemos crecido juntos.

A mi Esposa María Elena por caminar conmigo durante muchos años y que ahora formamos una familia maravillosa con mis hijos Roberto+, Natalia, André y Elizabeth.

## ÍNDICE.

	Página.
Prologo.....	9
<b>Capítulo 1. Definiciones, proyecto.....</b>	<b>13.</b>
1.1 Introducción.....	14
1.2 Características de un proyecto.....	16
1.3 Procesos en el desarrollo de un proyecto.....	17
1.4 Interesados en el proyecto.....	18
1.5 Gestión de la integración del proyecto.....	20
1.6 Gestión del alcance del proyecto.....	22
1.7 Desarrollar el acta de constitución del proyecto.....	23
1.8 Gestión del tiempo del proyecto.....	24
1.9 Gestión de los costes del proyecto.....	25
1.10 Gestión de la calidad del proyecto.....	26
1.11 Gestión de los recursos humanos del proyecto.....	27
1.12 Gestión de la comunicación del proyecto.....	28
1.13 Gestión de los riesgos del proyecto.....	29
1.14 Gestión de las adquisiciones del proyecto.....	30
<b>Capítulo 2. Conceptos de automatización eléctrica.....</b>	<b>33</b>
2.1 Conceptos de automatización eléctrica.....	34
2.2 Técnicas de automatización.....	35
2.3 Tipos de controles de proceso.....	37

2.4 Tipos de procesos industriales.....	38
2.5 Tipos de controladores.....	41
2.6 Sensores.....	45
2.7 Actuadores.....	49
2.8 Controladores lógicos programables (PLC).....	52
2.9 Redes de comunicación industrial.....	56

**Capítulo 3. Metodología para desarrollo de proyectos de Automatización eléctrica..... 62**

3.1 Introducción general a la metodología.....	63
3.2 Estudiar el diseño mecánico de la máquina o proceso (Subdividir el proceso).....	64
3.3 Realizar un diagrama de flujo del proceso.....	66
3.4 Definir los requerimientos del sistema.....	67
3.5 Definir los elementos de seguridad de la máquina y de las personas...	68
3.6 Definición del Hardware (PLC).....	78
3.7 Desarrollo de la ingeniería del control eléctrico general.....	80
3.8 Lista de materiales y su compra.....	82
3.9 Estimación de costos del proyecto.....	83
3.10 Definir el tipo de comunicación (bus de campo).....	84
3.11 Definir las interfaces del Sistema.....	84
3.12 Sistema de control y visualización.....	86
3.13 Ingeniería de Software.....	87

3.14 Ejecución del proyecto.....	95
3.15 Pruebas y puesta en marcha del sistema.....	96
3.16 Documentación del proyecto.....	98
3.17 Capacitación.....	99
3.18 Cierre del proyecto, protocolo de entrega.....	100
<b>Capítulo 4. Ejemplo de aplicación de la metodología de para proyectos de automatización eléctrica.....</b>	<b>102</b>
4.1 Un proyecto integral.....	103
4.2 Alcance del Proyecto.....	105
4.3 Plan de plazos del proyecto.....	108
4.4 Gestión de la calidad del proyecto.....	110
4.5 Gestión de los recursos humanos del proyecto.....	112
4.6 Plan de comunicación del proyecto.....	113
4.7 Riesgos del proyecto.....	114
4.8 Adquisiciones del proyecto.....	115
4.9. Diseño mecánico de la maquina o proceso a automatizar.....	116
4.10. Diagrama de flujo del proceso de almacenamiento de carrocerías de N21.....	124
4.11. Definir los requerimientos del sistema del almacén de carrocerías de N21.....	125
4.12. Definir las seguridades del sistema del almacén de carrocerías de N21.....	129
4.13. Definición del Hardware (PLC).....	131

4.14. Desarrollo del proyecto eléctrico y la ingeniería de control.....	133
4.15. Listado de materiales.....	136
4.16. Estimación de los cotos del proyecto.....	137
4.17. Tipo de comunicación, bus de campo.....	138
4.18. Definir interfaces del sistema.....	139
4.19. Sistema de control y visualización.....	140
4.20. Ingeniería de Software.....	143
4.21. Ejecución del proyecto.....	147
4.22. Pruebas y puesta en marcha.....	148
4.23. Documentación.....	151
4.24. Capacitación.....	152
4.25. Cierre del proyecto.....	153
Conclusiones.....	154
Bibliografía.....	157

# PROLOGO.

La automatización es la “Ciencia que trata de sustituir en un proceso al operador humano por dispositivos mecánicos, eléctricos ó electrónicos”.

La automatización industrial de la maquinaria surge para facilitar y abordar de forma más cómoda el trabajo, aumentar la fiabilidad y precisión, y conseguir un mayor incremento en la productividad y calidad de los productos.

Se ha llegado hablar de una segunda revolución industrial debido a la influencia en la organización de la producción, productividad, calidad de los productos, organización del trabajo, y necesidades de formación y recualificación profesional. A todo esto hay que añadir que estos cambios se producen de forma rápida, debido al extraordinario desarrollo de la tecnología, que posibilita también una evolución acelerada hacia sistemas cada vez más eficaces y accesibles, y si no son atendidos en nuestra sociedad nos limita al subdesarrollo y atraso en el país.

En la práctica industrial el personal que automatiza lo realiza con poco o nulo conocimiento de normativas, sin aplicar ninguna metodología, con una mala selección y aplicación de materiales, lo que provoca atraso en proyectos, sobrecostos a las empresas, fallas en el arranque de producción, mala calidad en la instalación, no se documenta correctamente y se pudieran seguir citando una infinidad de elementos que hacen que los proyectos no sean exitosos lo que provoca que muchos de estos proyectos los realicen empresas extranjeras.

La primera etapa en el desarrollo de la Automatización la constituyen los sistemas automáticos de control. Estos sistemas no son sino dispositivos que, acoplados a un proceso tratan de conseguir que alguna magnitud del mismo varíe en el transcurso del tiempo de alguna forma impuesta voluntariamente por el hombre.

Además en el mundo industrial, la automatización se ha introducido de forma notable en el sector servicios, como es obvio y evidente, en el hogar (se habla ya de domótica), automatización doméstica o vivienda inteligente y en muchos otros aspectos en general, de tal forma que su incidencia en la vida cotidiana es ya un hecho.

Con la automatización logramos integrar varios aspectos de las operaciones de manufactura para:

- Mejorar la calidad y uniformidad del producto.
- Minimizar el esfuerzo y los tiempos de producción.
- Mejorar la productividad reduciendo los costos de manufactura mediante un mejor control de la producción.
- Mejorar la calidad mediante procesos repetitivos.
- Reducir la intervención humana, el aburrimiento y la posibilidad de error humano.
- Reducir el daño en las piezas que resultaría del manejo manual.
- Aumentar la seguridad para el personal.

- Ahorrar área en la planta haciendo más eficiente: el arreglo de las máquinas, y el flujo de materiales.

En este trabajo se describirá como se inicia un proyecto, sus definiciones, fases y su metodología y después integrar la parte técnica de la automatización eléctrica industrial utilizando Controladores Lógicos Programables (PLC), sensores, actuadores y redes de comunicación, así como dando ejemplos prácticos que nos encontraremos en la industria y así contar con una herramienta importante para desarrollar proyectos de automatización.



# **CAPITULO 1. DEFINICIONES, PROYECTO.**

## 1.1. INTRODUCCIÓN.

Para iniciar un proyecto es importante conocer los conceptos generales desde su definición del mismo, conocer las partes de un proyecto, sus participantes, su alcance, la planeación, el tiempo de ejecución, el costo y recursos, el control y cierre del proyecto. Cada uno de estos elementos están directamente relacionados de tal manera que si cambiamos alguno de ellos, el resto se verá afectado, por ejemplo si modifico el alcance de un proyecto se verá afectado en el tiempo, el costo, la calidad y funcionalidad del mismo.

Si quisiéramos iniciar un proyecto sin ninguna metodología normalmente estaría destinado al fracaso, se puede observar en los medios de comunicación los informes de los proyectos del gobierno los cuales normalmente no cumplen su plazo, se salen del presupuesto, no hay un control y muchos de ellos tienen mala calidad. Lo anterior se traduce para algunos clientes en pérdida de producción, accidentes y conflictos entre los participantes del proyecto.

La mayoría de los profesionistas estamos involucrados en diferente tipo de proyectos, que pueden ser realizar un trabajo de investigación, construir una casa o quizás los más simple organizar una fiesta, en estos ejemplos también se encuentran relacionados los proyectos, ya que se tienen un alcance, un plazo, un costo y recursos, y al final existe un entregable.

Podemos citar algunos ejemplos de proyectos:

- Construir un puente.

- Hacer un nuevo modelo de automóvil con combustible fósil.
- Construir un barco.

Cada uno de los proyectos anteriores por sí solo no dicen mucho y quizás son muy ambiguos.

Cuando nos enfrentamos a un proyecto y no se conoce ninguna metodología para poder llevarlo a cabo lo mejor sería declinarlo, ya que no bastan los conocimientos técnicos, también es muy importante la organización, planeación, el control, es decir una buena administración para poder tener éxito en nuestros proyectos. De nada serviría conocer perfectamente un sistema de automatización eléctrica, la programación de los PLC, las redes de comunicación, si al final se entregara un proyecto con dos meses de retraso, con un 150% más del costo o que lo ejecutado no satisfaga las necesidades de los clientes.

Existen diversos estudios acerca de los proyectos, sin embargo en esta tesina utilizaremos las definiciones del PMIBOOK (Project Management Institute) el cual es una herramienta que nos permitirá integrar la parte de la administración del proyecto con la parte técnica de un proyecto de automatización eléctrica, y con esto asegurar el éxito en nuestros proyectos. El estar familiarizados con la metodología del PMIBOOK nos ayudara a identificar las áreas de oportunidad que tengamos en nuestra empresa, trabajo o estudio.

A continuación revisaremos la estructura, las definiciones y la metodología de un proyecto.

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. (Guía PMIBOOK ,2004).

## **1.2. CARACTERISTICAS DE LOS PROYECTOS.**

Cuando se hable de un esfuerzo temporal significa que cada proyecto tiene un comienzo definido y un final definido. El final se alcanza cuando se han logrado los objetivos del proyecto o cuando queda claro que los objetivos del proyecto no serán o no podrán ser alcanzados, o cuando la necesidad del proyecto ya no exista y el proyecto sea cancelado. Temporal no necesariamente significa de corta duración; muchos proyectos duran varios años. En cada caso, sin embargo, la duración de un proyecto es limitada. Los proyectos no son esfuerzos continuos.

Además, temporal no es aplicable generalmente al producto, servicio o resultado creado por el proyecto. La mayoría de los proyectos se emprenden para obtener un resultado duradero. Por ejemplo, un proyecto para erigir un monumento nacional creará un resultado que se espera que perdure durante siglos. Con frecuencia, los proyectos también pueden tener impactos sociales, económicos y ambientales, intencionales o no, que perduran mucho más que los propios proyectos. (Guía PMIBOOK ,2004).

Actualmente, para considerar exitoso un proyecto necesitamos cumplir y superar las expectativas de nuestros clientes, lo cual implica concluir en el tiempo establecido, dentro del presupuesto, de acuerdo a los requerimientos de calidad estipulados y desarrollando relaciones a largo plazo con nuestros proveedores e integrantes del equipo.

### 1.3 PROCESOS DE UN PROYECTO.

De acuerdo a la guía del PMIBOOK, 2004 los procesos de un proyecto son el inicio, planeación, ejecución, control y cierre, estos procesos se repetirán en todos los proyectos que se tengan (Ver Figura 1.1).

**Inicio:** Establece **el qué** del proyecto, la misión del mismo y sus objetivos, la justificación, restricciones, se realiza un presupuesto base y se define la viabilidad del mismo.

**Planeación:** Desarrollar un plan, es decir **el cómo** se llegarán a los objetivos planteados, definiendo alcances, diseños y tiempos para poder concluir el proyecto.

**Ejecución:** Implementar el plan, iniciar con las contrataciones, administrar los contratos, integrar al equipo, distribuir la información, y ejecutar las acciones establecida en la etapa de planeación.

**Control:** Verificar el alcance general del proyecto ejecutado contra lo planeado e identificar desviaciones, es decir plazos no cumplidos por alguna razón y tomar las acciones correctivas (se puede realizar una planeación adicional), informar al equipo y continuar con la ejecución, el plan del proyecto se puede revisar al día, por semana y realizar un reporte mensual del estatus del proyecto.

**Cierre:** Validar que todas las actividades planeadas estén concluidas, cerrar los contratos, elaborar documentos de aceptación del proyecto, documentación final, directorios e importante tener las lecciones aprendidas.

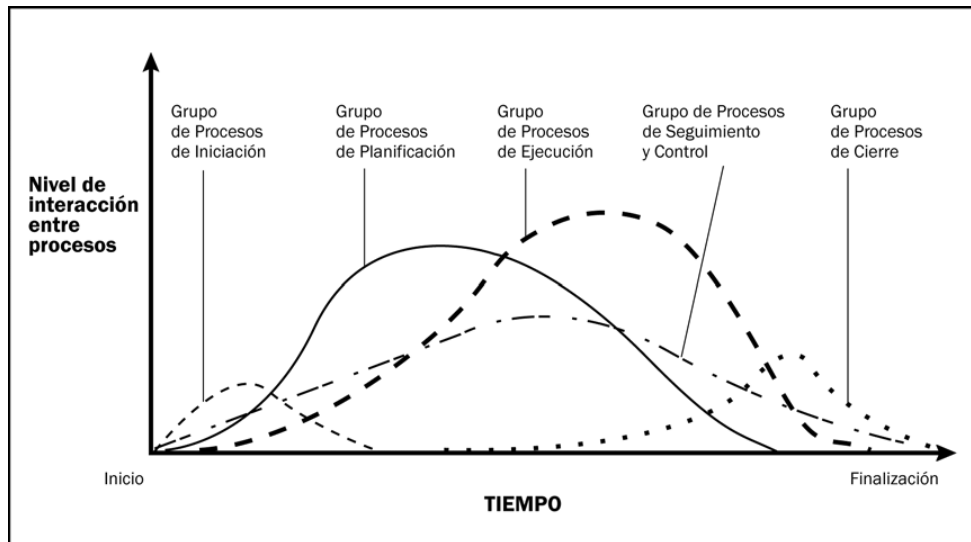
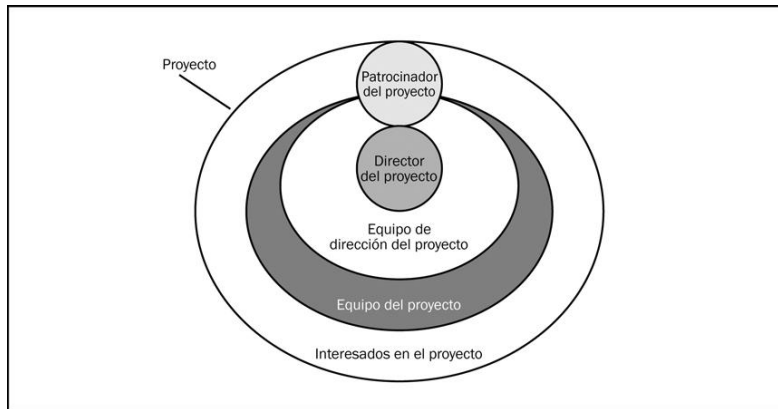


Figura 1.1 Interacción de los procesos en un proyecto (PMBOOK ,2004).

## 1.4 INTERESADOS EN EL PROYECTO.

La guía PMIBOOK ,2004 menciona que los interesados en el proyecto son personas y organizaciones que participan de forma activa en el proyecto o cuyos intereses pueden verse afectados como resultado de la ejecución del proyecto o de su conclusión. También pueden influir sobre los objetivos y resultados del proyecto. El equipo de dirección del proyecto debe identificar a los interesados, determinar sus requisitos y expectativas y, en la medida de lo posible, gestionar su influencia en relación con los requisitos para asegurar un proyecto exitoso. La Figura 1.2 ilustra la relación entre los interesados y el equipo del proyecto.

Es importante que todo el equipo del proyecto se reúna en una primera junta para realizar su reunión de Kick off o reunión de inicio del proyecto, en primer lugar para conocerse todos los involucrados y saber sus roles.



**Figura No. 1.2 Interesados en el proyecto. (Guía PMBOOK ,2004).**

Entre los interesados clave de los proyectos se encuentran:

- **Director del proyecto.** La persona responsable de dirigir el proyecto.
- **Cliente/usuario.** La persona u organización que utilizará el producto del proyecto. Puede haber múltiples niveles de clientes. Por ejemplo, dentro de los clientes para un nuevo producto farmacéutico pueden encontrarse los médicos que lo recetan, los pacientes que lo toman y las entidades aseguradoras que pagan por él. En algunas áreas de aplicación, cliente y usuario son sinónimos, mientras que en otras, cliente se refiere a la entidad que adquiere el producto del proyecto, mientras que los usuarios son aquellos que utilizan directamente el producto del proyecto.
- **Organización ejecutante.** La empresa cuyos empleados participan más directamente en el trabajo del proyecto.
- **Miembros del equipo del proyecto.** El grupo que realiza el trabajo del proyecto.
- **Equipo de dirección del proyecto.** Los miembros del equipo del proyecto que participan directamente en las actividades de dirección del proyecto.

- **Patrocinador.** La persona o el grupo que proporciona los recursos financieros, monetarios o en especie, para el proyecto.
- **Influyentes.** Personas o grupos que no están directamente relacionados con la adquisición o el uso del producto del proyecto, pero que, debido a su posición en la organización del cliente u **organización ejecutante, pueden** ejercer una influencia positiva o negativa sobre el curso del proyecto.
- **Oficina de Gestión de Proyectos (PMO).** Si existe en la organización ejecutante, la PMO puede ser un interesado si tiene responsabilidad directa o indirecta sobre el resultado del proyecto.

## **1.5 GESTIÓN DEL PROYECTO.**

De acuerdo a la Guía PMIBOOK ,2004 el área de conocimiento de gestión de la integración del proyecto incluye los procesos y actividades necesarios para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los distintos procesos y actividades de dirección de proyectos dentro de los Grupos de Procesos de Dirección de Proyectos. En el contexto de la dirección de proyectos, la integración incluye características de unificación, consolidación, articulación y acciones de integración que son cruciales para concluir el proyecto y, al mismo tiempo, cumplir satisfactoriamente con los requisitos de los clientes y otros interesados, y gestionar las expectativas. La integración, en el contexto de la dirección de un proyecto, consiste en tomar decisiones sobre dónde concentrar recursos y esfuerzos cada día, anticipando las posibles polémicas de modo que puedan ser tratadas antes de que se conviertan en polémicas críticas y coordinando el trabajo para el bien del proyecto en

general. El esfuerzo de integración también implica hacer concesiones entre objetivos y alternativas en competencia.

Los procesos de integración de dirección de proyectos incluyen:

- **Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto:** desarrollar el acta de constitución del proyecto que autoriza formalmente un proyecto o una fase de un proyecto.
- **Desarrollar el Enunciado del Alcance del Proyecto (Preliminar):** desarrollar el enunciado del alcance del proyecto preliminar que ofrece una descripción del alcance de alto nivel.
- **Desarrollar el Plan de Gestión del Proyecto:** documentar las acciones necesarias para definir, preparar, integrar y coordinar todos los planes subsidiarios en un plan de gestión del proyecto.
- **Dirigir y Gestionar la Ejecución del Proyecto:** ejecutar el trabajo definido en el plan de gestión del proyecto para lograr los requisitos del proyecto definidos en el enunciado del alcance del proyecto.
- **Supervisar y Controlar el Trabajo del Proyecto:** supervisar y controlar los procesos requeridos para iniciar, planificar, ejecutar y cerrar un proyecto, a fin de cumplir con los objetivos de rendimiento definidos en el plan de gestión del proyecto.
- **Control Integrado de Cambios:** revisar todas las solicitudes de cambio, aprobar los cambios, y controlar los cambios en los productos entregables y en los activos de los procesos de la organización.

- **Cerrar Proyecto:** finalizar todas las actividades en todos los Grupos de Procesos de Dirección de Proyectos para cerrar formalmente el proyecto o una fase del proyecto.

## **1.6 GESTION DEL ALCANCE DEL PROYECTO.**

Para la Guía PMIBOOK ,2004 la gestión del alcance del proyecto incluye los procesos necesarios para asegurarse que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y sólo el trabajo requerido, para completar el proyecto satisfactoriamente. La gestión del alcance del proyecto se relaciona principalmente con la definición y el control de lo que está y no está incluido en el proyecto.

- **Planificación del Alcance:** crear un plan de gestión del alcance del proyecto que refleje cómo se definirá, verificará y controlará el alcance del proyecto, y cómo se creará y definirá la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT).
- **Definición del Alcance:** desarrollar un enunciado del alcance del proyecto detallado como base para futuras decisiones del proyecto.
- **Crear EDT:** subdividir los principales productos entregables del proyecto y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de manejar.
- **Verificación del Alcance:** formalizar la aceptación de los productos entregables completados del proyecto.
- **Control del Alcance:** controlar los cambios en el alcance del proyecto.

Estos procesos interaccionan entre sí y también con los procesos de las demás Áreas de Conocimiento. Cada proceso puede involucrar el esfuerzo de una o más personas o grupos de personas, sobre la base de las necesidades del proyecto. Cada proceso tiene lugar por lo menos una vez en cada proyecto y se produce en una o más fases del proyecto, si el proyecto se encuentra dividido en fases. (Guía PMIBOOK ,2004).

## **1.7 DESARROLLAR EL ACTA CONSTITUTIVA DEL PROYECTO.**

De acuerdo a la Guía PMIBOOK (2004), el acta de constitución del proyecto es el documento que autoriza formalmente un proyecto. El acta de constitución del proyecto confiere al director del proyecto la autoridad para aplicar recursos de la organización a las actividades del proyecto. El director del proyecto debe ser identificado y nombrado lo antes posible. El director del proyecto siempre debe ser nombrado antes del inicio de la planificación y, preferentemente, mientras se desarrolla el acta de constitución del proyecto.

Un iniciador o patrocinador, externo a la organización del proyecto, a un nivel apropiado para la financiación del proyecto, emite el acta de constitución del proyecto. Generalmente los proyectos son constituidos y autorizados fuera de la organización del proyecto por parte de una empresa, una agencia del gobierno, una compañía, la organización de un programa o la organización de un portafolio, como resultado de una o más de las siguientes consideraciones:

- Una demanda del mercado (por ejemplo, una compañía automovilística autoriza un proyecto para fabricar automóviles más eficientes en cuanto al consumo de combustible en respuesta a la escasez de gasolina)
- Una necesidad de negocio (por ejemplo, una compañía de formación autoriza un proyecto para crear un nuevo curso a fin de aumentar sus ingresos)
- Una petición de un cliente (por ejemplo, una planta eléctrica autoriza un proyecto para construir una nueva subestación para abastecer a un nuevo polígono industrial)
- Un avance tecnológico (por ejemplo, una empresa de electrónica autoriza un nuevo proyecto para desarrollar un ordenador portátil más rápido, más barato y más pequeño, después de haberse producido distintos adelantos en memorias de ordenadores y en tecnología electrónica)
- Un requisito legal (por ejemplo, un fabricante de pinturas autoriza un proyecto para establecer procedimientos de manipulación de materiales tóxicos)
- Una necesidad social (por ejemplo, una organización no gubernamental en un país en desarrollo autoriza un proyecto para proveer sistemas de agua potable, letrinas y educación sanitaria a comunidades con altos índices de cólera).

## **1.8 GESTIÓN DEL TIEMPO DEL PROYECTO.**

De acuerdo a la Guía PMIBOOK (2004) La Gestión del Tiempo del Proyecto incluye los procesos necesarios para lograr la conclusión del proyecto a tiempo. Los procesos de Gestión del Tiempo del Proyecto incluyen lo siguiente:

- **Definición de las Actividades:** identifica las actividades específicas del cronograma que deben ser realizadas para producir los diferentes productos entregables del proyecto.
- **Establecimiento de la Secuencia de las Actividades:** identifica y documenta las dependencias entre las actividades del cronograma.
- **Estimación de Recursos de las Actividades:** estima el tipo y las cantidades de recursos necesarios para realizar cada actividad del cronograma.
- **Estimación de la Duración de las Actividades:** estima la cantidad de períodos laborables que serán necesarios para completar cada actividad del cronograma.
- **Desarrollo del Cronograma:** analiza las secuencias de las actividades, la duración de las actividades, los requisitos de recursos y las restricciones del cronograma para crear el cronograma del proyecto.
- **Control del Cronograma:** controla los cambios del cronograma del proyecto.

## 1.9 GESTIÓN DE LOS COSTES DEL PROYECTO.

De acuerdo a la Guía PMIBOOK 2004, la Gestión de los Costes del Proyecto incluye los procesos involucrados en la planificación, estimación, preparación del presupuesto y control de costes de forma que el proyecto se pueda completar dentro del presupuesto aprobado.

- **Estimación de Costes:** desarrollar una aproximación de los costes de los recursos necesarios para completar las actividades del proyecto.

- **Preparación del Presupuesto de Costes:** sumar los costes estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo a fin de establecer una línea base de coste.
- **Control de Costes:** influir sobre los factores que crean variaciones del coste y controlar los cambios en el presupuesto del proyecto.

Estos procesos interactúan entre sí y también con los procesos de las demás Áreas de Conocimiento. Cada proceso puede involucrar el esfuerzo de una o más personas o grupos de personas, dependiendo de las necesidades del proyecto.

## **1.10. GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL PROYECTO.**

De acuerdo a la Guía PMBOOK (2004:pp) Los procesos de Gestión de la Calidad del Proyecto incluyen todas las actividades de la organización ejecutante que determinan las políticas, los objetivos y las responsabilidades relativos a la calidad de modo que el proyecto satisfaga las necesidades por las cuales se emprendió. Implementa el sistema de gestión de calidad a través de la política, los procedimientos y los procesos de planificación de calidad, aseguramiento de calidad y control de calidad, con actividades de mejora continua de los procesos que se realizan durante todo el proyecto, según corresponda.

Los procesos de Gestión de la Calidad del Proyecto incluyen lo siguiente:

- **Planificación de Calidad:** identificar qué normas de calidad son relevantes para el proyecto y determinando cómo satisfacerlas.
- **Realizar Aseguramiento de Calidad:** aplicar las actividades planificadas y sistemáticas relativas a la calidad, para asegurar que el proyecto utilice todos los procesos necesarios para cumplir con los requisitos.
- **Realizar Control de Calidad:** supervisar los resultados específicos del proyecto, para determinar si cumplen con las normas de calidad relevantes e identificar modos de eliminar las causas de un rendimiento insatisfactorio.

## **1.11. GESTION DE LOS RECURSOS HUMANOS DEL PROYECTO.**

La Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto incluye los procesos que organizan y dirigen el equipo del proyecto. El equipo del proyecto está compuesto por las personas a quienes se les han asignado roles y responsabilidades para concluir el proyecto. Si bien es común hablar de asignación de roles y responsabilidades, los miembros del equipo deberían participar en gran parte de la planificación y toma de decisiones del proyecto. La participación temprana de los miembros del equipo aporta experiencia durante el proceso de planificación y fortalece el compromiso con el proyecto. El tipo y la cantidad de miembros del equipo del proyecto a menudo pueden cambiar, a medida que avanza el proyecto. Los miembros del equipo del proyecto pueden denominarse personal del proyecto.

Los procesos de Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto incluyen lo siguiente:

- **Planificación de los Recursos Humanos:** identificar y documentar los roles del proyecto, las responsabilidades y las relaciones de informe, así como crear el plan de gestión de personal.
- **Adquirir el Equipo del Proyecto:** obtener los recursos humanos necesarios para concluir el proyecto.
- **Desarrollar el Equipo del Proyecto:** mejorar las competencias y la interacción de los miembros del equipo para lograr un mejor rendimiento del proyecto.
- **Gestionar el Equipo del Proyecto:** hacer un seguimiento del rendimiento de los miembros del equipo, proporcionar retroalimentación, resolver polémicas y coordinar cambios a fin de mejorar el rendimiento del proyecto.

## **1.12. GESTION DE LAS COMUNICACIONES DEL PROYECTO.**

La Gestión de las Comunicaciones del Proyecto es el Área de Conocimiento que incluye los procesos necesarios para asegurar la generación, recogida, distribución, almacenamiento, recuperación y destino final de la información del proyecto en tiempo y forma. Los procesos de Gestión de las Comunicaciones del Proyecto proporcionan los enlaces cruciales entre las personas y la información, necesarios para unas comunicaciones exitosas. Los directores de proyectos pueden invertir una cantidad excesiva de tiempo

comunicándose con el equipo del proyecto, los interesados, el cliente y el patrocinador. Todas las personas involucradas en el proyecto deben comprender cómo afectan las comunicaciones al proyecto como un todo. Los procesos de Gestión de las Comunicaciones del Proyecto incluyen lo siguiente:

- **Planificación de las Comunicaciones:** determinar las necesidades de información y comunicaciones de los interesados en el proyecto.
- **Distribución de la Información:** poner la información necesaria a disposición de los interesados en el proyecto cuando corresponda.
- **Informar el Rendimiento:** recopilar y distribuir información sobre el rendimiento. Esto incluye informes de estado, medición del progreso y proyecciones.
- **Gestionar a los Interesados:** gestionar las comunicaciones a fin de satisfacer los requisitos de los interesados en el proyecto y resolver polémicas con ellos.

### **1.13 .GESTIÓN DE LOS RIESGOS DEL PROYECTO.**

La Gestión de los Riesgos del Proyecto incluye los procesos relacionados con la planificación de la gestión de riesgos, la identificación y el análisis de riesgos, las respuestas a los riesgos, y el seguimiento y control de riesgos de un proyecto; la mayoría de estos procesos se actualizan durante el proyecto. Los objetivos de la Gestión de los Riesgos del Proyecto son aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos adversos para el proyecto.

Los procesos de Gestión de los Riesgos del Proyecto incluyen lo siguiente:

- **Planificación de la Gestión de Riesgos:** decidir cómo enfocar, planificar y ejecutar las actividades de gestión de riesgos para un proyecto.
- **Identificación de Riesgos:** determinar qué riesgos pueden afectar al proyecto y documentar sus características.
- **Análisis Cualitativo de Riesgos:** priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando su probabilidad de ocurrencia y su impacto.
- **Análisis Cuantitativo de Riesgos:** analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados en los objetivos generales del proyecto.
- **Planificación de la Respuesta a los Riesgos:** desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.
- **Seguimiento y Control de Riesgos:** realizar el seguimiento de los riesgos identificados, supervisar los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos, ejecutar planes de respuesta a los riesgos y evaluar su efectividad a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

## **1.14. GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES DEL PROYECTO.**

La Gestión de las Adquisiciones del Proyecto incluye los procesos para comprar o adquirir los productos, servicios o resultados necesarios fuera del equipo del proyecto para realizar el trabajo. Este capítulo presenta dos perspectivas de adquisición. La organización puede ser la compradora o la vendedora del producto, servicio o resultados bajo un contrato.

La Gestión de las Adquisiciones del Proyecto incluye los procesos de gestión del contrato y de control de cambios necesarios para administrar contratos u órdenes de compra emitidas por miembros autorizados del equipo del proyecto.

La Gestión de las Adquisiciones del Proyecto también incluye la administración de cualquier contrato emitido por una organización externa (el comprador) que esté adquiriendo el proyecto a la organización ejecutante (el vendedor), y la administración de las obligaciones contractuales que corresponden al equipo del proyecto en virtud del contrato.

Los procesos de Gestión de las Adquisiciones del Proyecto incluyen lo siguiente:

- **Planificar las Compras y Adquisiciones:** determinar qué comprar o adquirir, y cuándo y cómo hacerlo.
- **Planificar la Contratación:** documentar los requisitos de los productos, servicios y resultados, e identificar a los posibles vendedores.
- **Solicitar Respuestas de Vendedores:** obtener información, presupuestos, licitaciones, ofertas o propuestas, según corresponda.
- **Selección de Vendedores:** revisar ofertas, elegir entre posibles vendedores, y negociar un contrato por escrito con cada vendedor.
- **Administración del Contrato:** gestionar el contrato y la relación entre el comprador y el vendedor, revisar y documentar cuál es o fue el rendimiento de un vendedor a fin de establecer las acciones correctivas necesarias y proporcionar una base para relaciones futuras con el vendedor, gestionar cambios relacionados con el

contrato y, cuando corresponda, gestionar la relación contractual con el comprador externo del proyecto.

- **Cierre del Contrato:** completar y aprobar cada contrato, incluida la resolución de cualquier tema abierto, y cerrar cada contrato aplicable al proyecto o a una fase del proyecto.

**CAPITULO 2. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS  
DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN  
ELÉCTRICA.**

## **2.1 CONCEPTOS DE AUTOMATIZACIÓN ELECTRICA.**

La automatización es la sustitución de la acción humana por mecanismos, independientes o no entre sí, movidos por una fuente de energía exterior, capaces de realizar ciclos completos de operaciones que se pueden repetir indefinidamente.

Un sistema automático supone siempre la existencia de una fuente de energía, de unos elementos de mando que son los que ordenan el ciclo a realizarse, elementos de sensado que indican las condiciones de operación, elementos de procesamiento que trabajan de acuerdo a lo programado y de unos elementos de trabajo, que son los que lo ejecutan.

Según el grado de automatización puede hablarse de dos niveles: completo y parcial. La automatización completa se prefiere en la producción masiva de productos homogéneos en ciclo continuo (botellas de vidrio, fármacos, etc.), mientras en la automatización parcial es propia de la producción variable y limitada.

Según el punto de vista de la programación, la automatización puede considerarse de ciclo fijo y de ciclo programado. El primer caso es adecuado para la fabricación de grandes series por que el automatismo es variable (siempre realiza el mismo ciclo). El segundo caso se orienta a la fabricación de piezas distintas, en series pequeñas y medidas por que el dispositivo programador de que dispone el sistema puede ordenar el ciclo que convenga, con las lógicas limitaciones tecnológicas que hacen al caso.

## **2.2 TÉCNICAS DE AUTOMATIZACIÓN.**

Según la naturaleza del automatismo empleado puede hablarse de automatización mecánica, neumática, hidráulica, eléctrica y electrónica. Además existen técnicas mixtas que son combinaciones de las citadas y que, en la práctica, son las más usadas.

### **2.2.1 AUTOMATIZACIÓN MECÁNICA.**

Los sistemas mecánicos suelen ser complicados por la abundancia de mecanismos y de escasa flexibilidad. Por el contrario, la tecnología que regula el funcionamiento es relativamente accesible al personal poco cualificado, lo que se traduce en un montaje y mantenimiento económicos.

Los mecanismos que los componen son: ruedas dentadas y poleas para transmisiones de movimiento de biela-manivela, piñón-cremallera, etc., para la conversión del movimiento rectilíneo en circular y viceversa; levas y palancas para la obtención de recorridos controlados, etc.

Los grandes problemas de la automatización mecánica son la longitud, en muchas ocasiones, de las cadenas cinemáticas y, por supuesto, la sincronización de movimientos en elementos móviles.

Existe una gran variedad de automatismos mecánicos en la industria: desde las máquinas y herramientas (tornos, fresadoras, limadoras), hasta los relojes mecánicos, pasando por los telares, motores de combustión interna y toda la maquinaria que formó parte de la revolución industrial

### **2.2.2 AUTOMATIZACIÓN NEUMÁTICA.**

La técnica neumática admite infinidad de aplicaciones en el campo de la máquina herramienta, especialmente en los trabajos de fijación de piezas, bloqueos de elementos, alimentación de máquinas y movimiento lineal de piezas que no requieran velocidades de actuación rigurosamente constantes. Prácticamente la totalidad de las automatizaciones industriales tiene, como elementos de mando, instalaciones neumáticas (figura 1.2).

Como principales ventajas del mando neumático cabe destacar:

- La sencillez de los propios sistemas de mando: cilindros, válvulas, etc.
- La rapidez de movimientos (respuesta) del sistema neumático.
- La economía de los sistemas neumáticos una vez instalados.

Como inconvenientes:

- La instalación es costosa.
- El mantenimiento del estado del aire, ya que debe mantenerse perfectamente limpio y seco.

### **2.2.3 AUTOMATIZACIÓN HIDRÁULICA.**

Prácticamente lo dicho para la automatización neumática es para la hidráulica, aunque con algunas diferencias; por ejemplo, el mando hidráulico es más lento que el neumático, sin embargo, es capaz de desarrollar más trabajo. La hidráulica se prefiere en sistemas que desarrollan más trabajo y no sea primordial la velocidad de respuesta. Este

tipo de mando las encontramos en las prensas, diversas máquinas herramientas, y por supuesto, en el automóvil: frenos, dirección e, incluso, suspensión.

#### **2.2.4 AUTOMATIZACIÓN ELÉCTRICA.**

La automatización eléctrica es la más usada las mayoría de las industrias ya que cualquier máquina por sencilla que se vea, va a tener un automatismo eléctrico, encargado de gobernar los motores o como función de mando dentro de la propia máquina.

#### **2.2.5 AUTOMATIZACIÓN ELECTRÓNICA.**

La llegada de la electrónica a la industria ha supuesto una verdadera revolución y ha permitido que la automatización industrial dé un paso gigante. La base de este avance en la automatización ha sido el sistema digital, que ha desembocado en el ordenador y, naturalmente en el autómata programable.

### **2.3 TIPOS DE CONTROLES DE PROCESO.**

Existen dos formas básicas de realizar el control de un proceso industrial:

- Control de lazo abierto. Cuando las señales de mando son independientes de los elementos receptores, es decir no se tiene ninguna retroalimentación entre los elementos de campo y los parámetros a controlar.
- Control de lazo cerrado. Cuando las señales de mando depende de la posición de los elementos móviles, en este caso si hay una retroalimentación de los elementos de campo y los parámetros a controlar.

### **2.3.1 CONTROL EN LAZO ABIERTO.**

El control en lazo abierto se caracteriza porque la información o variables que controlan el proceso circulan en una sola dirección, desde el sistema de control al proceso. El sistema de control no recibe la confirmación de que las acciones que a través de los actuadores ha de realizarse sobre el proceso, se han ejecutado correctamente.

### **2.3.1 CONTROL EN LAZO CERRADO.**

El control en lazo cerrado se caracteriza por que existe una retroalimentación a través de los sensores desde el proceso hacia el sistema de control, que permite a este último conocer si las acciones ordenadas a los actuadores se han realizado correctamente sobre el proceso. La mayoría de los procesos existentes en la industria utilizan el control en lazo cerrado, bien, porque el producto que se pretende obtener o la variable que se controla necesita un control continuo en función de unos determinados parámetros de entrada, o bien porque el proceso a controlar se subdivide en una serie de acciones elementales de tal forma que, es necesario que previamente se hayan realizado otra serie de acciones elementales.

## **2.4 TIPOS DE PROCESOS INDUSTRIALES.**

Los procesos industriales, en función de su evolución con el tiempo, pueden clasificarse en alguno de los grupos siguientes:

- Continuos
- Discontinuos o por lotes

- Discretos.

Tradicionalmente, el concepto de la automatización industrial se ha ligado a la aplicación de los sistemas de control empleados en los procesos discontinuos y procesos discretos, dejando a los procesos continuos a disciplinas como la regulación o servomecanismos.

#### **2.4.1 PROCESOS CONTINUOS.**

Un proceso continuo se caracteriza porque las materias primas están constantemente entrando por un extremo del sistema, mientras que en el otro extremo se obtiene de forma continua un producto terminado.

Ejemplo típico de un proceso continuo puede ser un sistema de calefacción para mantener una temperatura constante en una determinada instalación industrial. La entrada es la temperatura que se quiere alcanzar en la instalación; la salida será la temperatura que realmente existe. El sistema de control consta de un comparador que proporciona una señal de error se aplica al regulador que adaptara y amplificará la señal que ha de controlar la electroválvula que permite el paso del combustible hacia el quemador de la caldera.

El regulador en función de la señal de error y de las pérdidas de calor existentes en la instalación mantendrá la temperatura deseada en la instalación. El actuador está constituido por la electroválvula; se utilizan dos sensores: la temperatura real existente en la sala y la temperatura programada por el operario.

A la vista de la instalación se comprueban dos características propias de los sistemas continuos:

- El proceso se realiza durante un tiempo relativamente largo.
- Las variables empleadas en el proceso y sistema de control son del tipo analógico; dentro de unos límites determinados las variables pueden tomar infinitos valores.

El estudio y aplicación de los sistemas continuos es objeto de disciplinas como “Regulación y servomecanismos”.

#### **2.4.2 PROCESOS DISCRETOS.**

El producto de salida se obtiene a través de una serie de operaciones, muchas de ellas con gran similitud entre sí. La entrada es un elemento discreto que se trabaja de forma individual.

Un ejemplo de proceso discreto es la fabricación de una pieza metálica rectangular con dos taladros. El proceso para obtener la pieza terminada puede descomponerse en una serie de estados que de realizarse secuencialmente, de forma que para realizar un estado determinado es necesario que se hayan realizado correctamente los anteriores. Para el ejemplo propuesto estos estados son:

- Corte de la pieza rectangular con unas dimensiones determinadas, a partir de una barra que alimenta la sierra.
- Transporte de la pieza rectangular a la base del taladro.

- Ejecuta taladro A.
- Ejecuta Taladro B.
- Evacuar pieza.

Cada uno de estos estados supone a su vez una serie de activaciones y desactivaciones de los actuadores (motores y cilindros neumáticos) que se producirán en función de:

- I. Los sensores (sensores de posición situados sobre la cámara de los cilindros y contactos auxiliares situados en los contactos que activan los motores eléctricos).
- II. Variables que indican que se ha realizado el estado anterior.

### **2.4.3 PROCESOS DISCONTINUOS O POR LOTES.**

Se recibe a la entrada del proceso las cantidades de las diferentes piezas discretas que se necesitan para realizar el proceso. Sobre este conjunto se realizan las operaciones necesarias para producir un producto intermedio listo para un procesamiento posterior.

Un ejemplo de este tipo de proceso lo encontramos en las cadenas de fabricación de automóviles.

## **2.5 TIPOS DE CONTROLADORES.**

### **2.5.1 CONTROLES SECUENCIALES.**

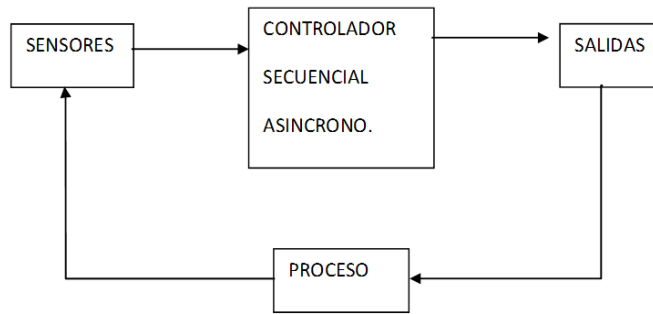
Se comprueba que los procesos discretos y discontinuos, tienen una gran similitud entre sí. Ambos procesos podrán controlarse mediante el mismo tipo de sistema de control, que, debido a su forma de actuación recibe el nombre de controlador secuencial.

Podemos resumir una serie de características propias a los procesos que se controlan de forma secuencial:

- I. El proceso se puede descomponer en una serie de estados que se activarán de forma secuencial (variables internas).
- II. Cada uno de los estados cuando está activo realiza una serie de acciones sobre los actuadores (variables de salida).
- III. Las señales procedentes de los sensores (variables de entrada) controlan la transición entre estados.
- IV. Las variables empleadas en el proceso y sistema de control (entrada, salidas internas), son múltiples y generalmente del tipo discreto, solo toman dos valores activado o desactivado. Por ejemplo un motor sólo estará funcionando o parado; un sensor situado sobre un cilindro neumático estará activado cuando esté el émbolo del cilindro situado a su altura y se desactiva en caso contrario.

### **2.5.2 CONTROLES ASINCRONOS.**

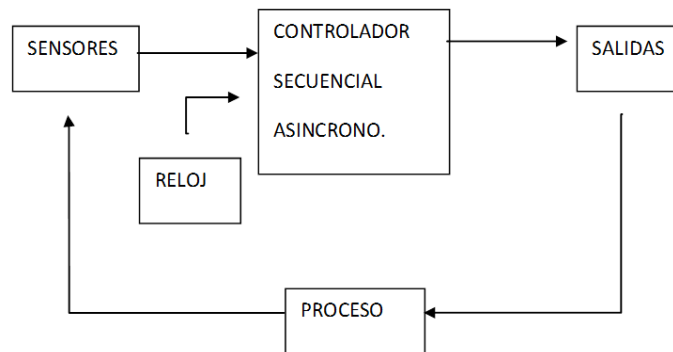
La transición entre los estados de entrada y salida se produce en el mismo instante en que se produce una variación en las variables de entrada, ver figura 2.1.



**Figura 2.1. Control asíncrono.**

### 2.5.3 CONTROLADORES SINCRONOS.

La transición a un determinado estado se produce en función de las variables de entrada sincronizadas mediante una señal de reloj de frecuencia fija, de forma que la transición entre estados sólo se produce para cada señal de reloj, ver figura 2.2.



**Figura 2.2. Control Síncrono.**

#### 2.5.4 ESQUEMA DE UN AUTOMATISMO.

Toda automatización eléctrica-electrónica de un sistema inicia con los elementos mecánicos o máquina donde se requiere el control de movimiento, de encendido, apagado, etc. Para que una máquina o un equipo pueda iniciar con sus movimientos debe haber elementos sensores que evalúen la posición, el área, la temperatura, el nivel de llenado o el parámetro que se requiera para poder iniciar con la operación, de igual manera existirán sensores sobre todo el sistema para poder determinar las posiciones, los niveles o el parámetro que se requiera controlar. Todos estos sensores enviarán sus señales al controlador para que esté de acuerdo a las rutinas de programación pueda ejecutar la tarea asignada, a su vez el controlador enviara señales a los actuadores para que su arranque o paro de acuerdo a la lógica del control y a la evaluaciones de los sensores. El sistema de automatización tendrá una interface hombre-máquina que le ayudara a interactuar con el proceso ya sea para identificar una falla, modificar un parámetro, de acuerdo como se muestra en la figura 2.3 de un esquema de un automatismo.

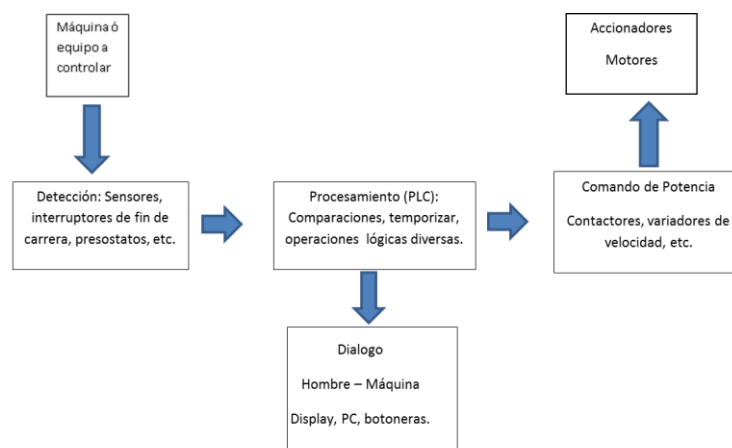


Figura 2.3 Esquema de un automatismo.

## 2.6 SENSORES.

### 2.6.1 SENSORES INDUCTIVOS.

Los sensores inductivos de proximidad han sido diseñados para trabajar generando un campo magnético y detectando las pérdidas de corriente de dicho campo generadas al introducirse en él los objetos de detección férricos y no férricos. El sensor consiste en una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor del nivel de disparo de la señal y un circuito de salida. Al introducir un objeto metálico en el campo, se inducen corrientes de histéresis en el objeto. Debido a ello hay una pérdida de energía y una menor amplitud de oscilación. El circuito sensor reconoce entonces un cambio específico de amplitud y genera una señal que conmuta la salida de estado sólido a la posición “ON” (Encendido) y “OFF” (Apagado). En las figuras 2.4 y 2.5 se muestran las aplicaciones típicas de este tipo de sensores.

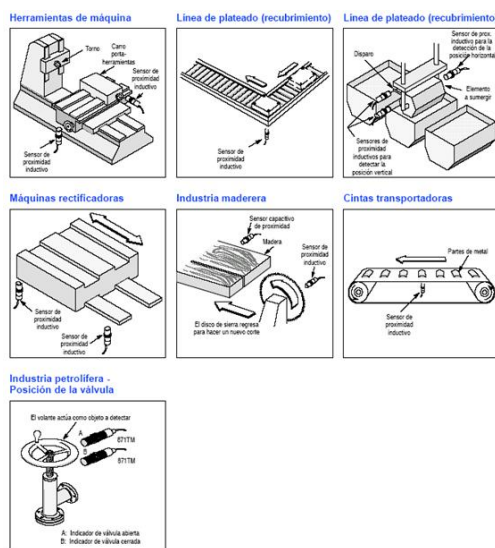
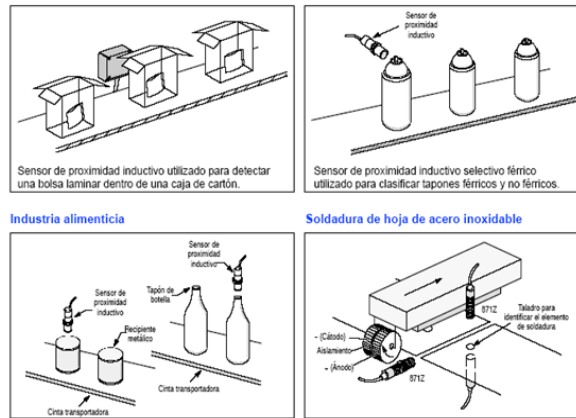


Figura 2.4 Ejemplo típico de aplicación de un sensores inductivo.



**Figura 2.5 Ejemplo típico de aplicación de un sensores inductivo.**

### 2.6.2 SENSORES CAPACITIVOS.

Los sensores de proximidad capacitivos han sido diseñados para trabajar generando un campo electrostático y detectando cambios en dicho campo a causa de un objeto que se aproxima a la superficie de detección. Los elementos de trabajo del sensor son, a saber, una sonda capacitiva de detección, un oscilador, un rectificador de señal, un circuito de filtraje y el correspondiente circuito de salida.

En ausencia de objetos, el oscilador se encuentra inactivo. Cuando se aproxima un objeto, éste aumenta la capacitancia de la sonda de detección. Al superar la capacitancia unbral predeterminado se activa el oscilador, el cual dispara el circuito de salida para que cambie entre “on” (encendido) y “off” (apagado).

La capacitancia de la sonda de detección viene condicionada por el tamaño del objeto a detectar, por la constante dieléctrica y por la distancia de éste al sensor. A mayor tamaño y mayor constante dieléctrica de un objeto, mayor incremento de capacitancia. A menor distancia entre objeto y sensor, mayor incremento de capacitancia de la sonda por parte del objeto. En la figura 2.6 se muestran las principales aplicaciones de los sensores capacitivos.

Los sensores capacitivos de proximidad blindados son más adecuados para detectar materiales de baja constante dieléctrica (difíciles de detectar) debido a la alta concentración de campos electrostáticos.

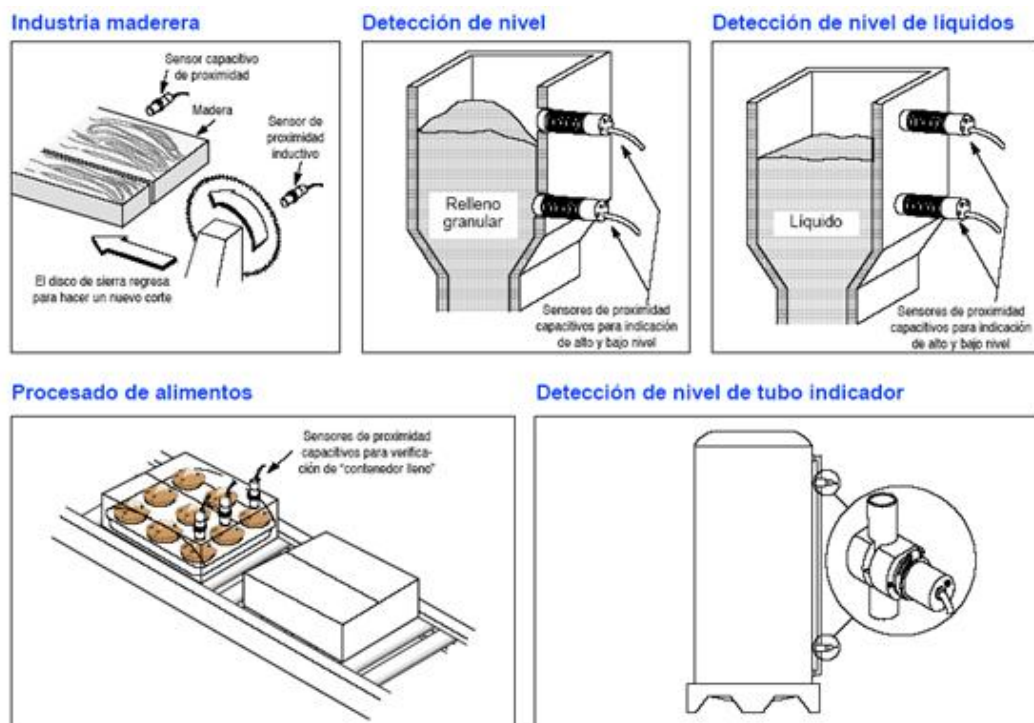


Figura 2.6 Aplicaciones de sensores capacitivos.

### **2.6.3 SENSORES FOTOELECTRICOS.**

Los sensores fotoeléctricos usan un haz de luz para detectar la presencia o la ausencia de un objeto. Esta tecnología es una alternativa ideal a sensores de proximidad inductivos cuando se requieren distancias de detección largas o cuando el ítem que se desea detectar no es metálico. Las aplicaciones se encuentran en muchas industrias, tales como manejo de materiales, empaquetado, procesamiento de alimentos y transporte.

Los LEDs de espectro visible rojo, azul y amarillo también se utilizan en aplicaciones especiales donde han de detectarse colores específicos o contrastes de color determinados. Estos LEDs se utilizan asimismo como indicadores de estado en sensores fotoeléctricos.

Los indicadores LED son componentes resistentes y confiables, lo cual los hace ideales para uso en sensores fotoeléctricos. Son capaces de trabajar en un amplio margen de temperatura y son muy resistentes a los impactos y vibraciones.

Un fotosensor es el componente usado para detectar la fuente de luz. El fotodiodo o fototransistor es un componente robusto de estado sólido que proporciona un cambio en la corriente conducida dependiendo de la cantidad de luz detectada.

Los fotosensores son más sensibles a la emisión lumínica de ciertas longitudes de onda. La respuesta espectral de un fotosensor determina su sensibilidad a las diferentes longitudes de onda del espectro lumínico. Para mejorar la eficacia en la detección, es frecuente que el LED y el fotosensor hayan de acoplarse espectralmente.

## 2.7 ACTUADORES.

Un **actuador** es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula que recibe la señal de poder abrir o cerrar de acuerdo a la señal enviada por su controlador.

Existen varios tipos de actuadores como son:

- Electrónicos
- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

Los actuadores hidráulicos, neumáticos y eléctricos son usados para manejar aparatos mecatrónicos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren mucho equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

### **2.7.1 ACTUADORES ELECTRÓNICOS.**

Los actuadores electrónicos también son muy utilizados en los aparatos mecatrónicos, como por ejemplo, en los robots. Los servomotores CA sin escobillas se utilizarán en el futuro como actuadores de posicionamiento preciso debido a la demanda de funcionamiento sin tantas horas de mantenimiento.

### **2.7.2 ACTUADORES HIDRAULICOS.**

Los actuadores hidráulicos, que son los de mayor antigüedad, pueden ser clasificados de acuerdo con la forma de operación, funcionan en base a fluidos a presión.

Existen tres grandes grupos:

- Cilindro hidráulico
- Motor hidráulico
- Motor hidráulico de oscilación

De acuerdo con su función podemos clasificar a los cilindros hidráulicos en 2 tipos: de Efecto simple y de acción doble. En el primer tipo se utiliza fuerza hidráulica para empujar y una fuerza externa, diferente, para contraer. El segundo tipo se emplea la fuerza hidráulica para efectuar ambas acciones. El control de dirección se lleva a cabo mediante un solenoide, en el interior poseen un resorte que cambia su constante elástica con el paso de la corriente. Es decir, si circula corriente por el pistón eléctrico este puede ser extendido fácilmente.

### **2.7.3 ACTUADORES NEUMÁTICOS.**

A los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico se les denomina actuadores neumáticos. Aunque en esencia son idénticos a los actuadores hidráulicos, el rango de compresión es mayor en este caso, además de que hay una pequeña diferencia en cuanto al uso y en lo que se refiere a la estructura, debido a que estos tienen poca viscosidad.

### **2.7.4 ACTUADORES ELECTRICOS.**

La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación con la de los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que sólo requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador.

Existe una gran cantidad de modelos y es fácil utilizarlos con motores eléctricos estandarizados según la aplicación. En la mayoría de los casos es necesario utilizar reductores, debido a que la velocidad de salida del motor se tiene que adaptar a la velocidad del sistema que se requiere mover.

Existe una gran diversidad de actuadores eléctricos en el mercado y en la industria, es importante mencionar que el 95% de los actuadores en la industria son eléctricos.

## **2.8 CONTROLADORES LOGICO PROGRAMABLES (PLC).**

### **2.8.1 DEFINICIÓN DE UN PLC.**

“Es un aparato digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, que permite la implementación de funciones específicas (tales como lógica, secuencias, temporizados, conteos, aritmética) con el objeto de controlar máquinas y procesos”.

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venía haciendo de forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

En la actualidad no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas. El ordenador y los autómatas programables han intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada.

El Autómata Programable Industrial (API) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por lo tanto se puede decir que un API no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. A él se conectan los captadores (finales de carrera, pulsadores, etc...) por una

parte, y los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores, etc...) por otra y tiene un procesador que se encargara de ejecutar la lógica programada.

En estas épocas existen modernos autómatas que integran 2 procesadores, normalmente para equipos donde se requiere redundancia o para aplicaciones de seguridad electrónica, para la conexión de interruptores, scanner, barreras de luz o demás equipamiento de seguridad.

Existen muchas marcas que los países de primer mundo han desarrollado, por ejemplo: la marca estadounidense Allen Bradley, la marca alemana Siemens ó Phonex contact, la marca japonesa Mitsubichi.

### **2.8.2 CAMPOS DE APLICACIÓN.**

Un autómata programable suele emplearse en procesos industriales que tengan una o varias de las siguientes necesidades:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

- Maquinaria móvil.

Aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

Campos de Aplicación:

- Industria automovilística
- Industria de plástico.
- Industria química.
- Industria alimentaria.
- Construcción de máquinas.
- Servicio de edificios.
- Sistema de transporte.
- Control de energía, gas, agua, aire.
- Edificios, comercios y uso residencial.

Tal y como dijimos anteriormente, esto se refiere a los autómatas programables industriales, dejando de lado los pequeños autómatas para uso más personal (que se pueden emplear, incluso, para automatizar procesos en el hogar, como la puerta de un cochera o las luces de la casa).

### 2.8.3 Partes de un autómata programable (PLC).

La estructura básica de cualquier autómata es la siguiente:

- Fuente de alimentación
- CPU
- Módulos de memoria.
- Módulo de entrada
- Módulo de salida
- Terminal de programación
- Bastidor.
- Batería.
- Periféricos.

Respecto a su disposición externa, los autómatas pueden contener varias de estas secciones en un mismo módulo o cada una de ellas separadas por diferentes módulos. Así se pueden distinguir autómatas Compactos y Modulares Ver Figura 2.7.



**Figura 2.7 Imagen de un PLC S7-319 de la marca Siemens.**

## **2.8 REDES DE COMUNICACIÓN.**

### **2.8.1 INTRODUCCIÓN A LAS REDES.**

En la actualidad un elemento muy importante para poder automatizar son las redes de comunicación que nos permiten conectar equipos y manipularlos, visualizarlos y controlarlos a distancia. De tal manera que podemos manejar un circuito eléctrico, una máquina o un robot que se encuentra a 100 km ó más de distancia.

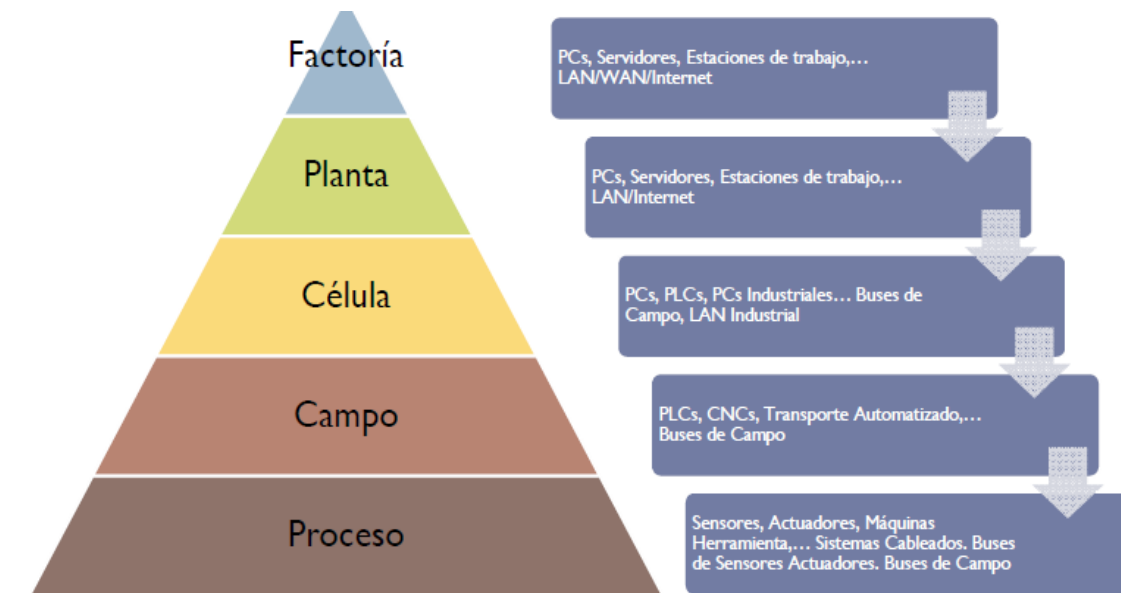
Se pueden definir las Comunicaciones Industriales como: “Área de la tecnología que estudia la transmisión de información entre circuitos y sistemas electrónicos utilizados para llevar a cabo tareas de control y gestión del ciclo de vida de los productos industriales”

Dentro de la pirámide del CIM (Computer Integrated Manufacturing) se dividen los diferentes niveles de comunicación que nos permiten trasladar información desde un nivel de proceso (sensores, actuadores) hasta un nivel de administración de la producción y de la empresa en general, como se muestra en la figura 2.8.

En los niveles superiores de la pirámide CIM se trabaja frecuentemente con grandes volúmenes de datos, aunque el tiempo de respuesta no es en general crítico y se sitúa entre pocos segundos hasta minutos o incluso horas.

Por el contrario, los sistemas electrónicos de control utilizados en los niveles inferiores de las fases de producción trabajan en tiempo real y debido a ello se les exigen tiempos de transmisión mucho más rápidos y, sobre todo, un comportamiento determinista

de las comunicaciones, aunque los volúmenes de información a transmitir son, en general, menos elevados.



**Figura 2.8. Pirámide del CIM (Computer Integrated Manufacturing)**

De acuerdo a lo anterior se tiene la siguiente relación entre cantidad de datos y tiempo de respuesta de los diferentes niveles de la pirámide, lo que nos lleva a determinar el bus de campo a utilizar, como se muestra en la figura 2.9.

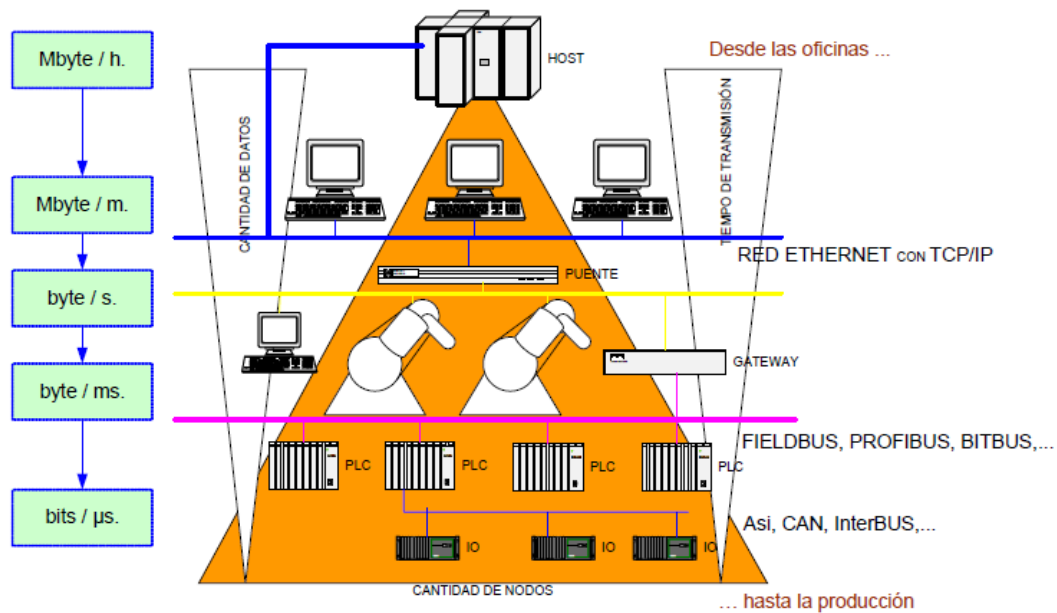


Figura 2.9. Relación de datos y tiempo en la pirámide del CIM.

### 2.8.2 REDES DE EMPRESA Y FÁBRICA.

Estas redes se ubican en la parte más alta de la pirámide y normalmente son las que controlan los la producción. En este nivel se ejecutan, entre otras, las siguientes aplicaciones informáticas:

- Programas ERP (Enterprise Resource Planning)
- Programas MES (Manufacturing Execution Systems)
- Programas CAD/CAM/CAE (Computer Aided Design /Manufacturing / Engineering)

Herramientas de aplicación general que permiten el trabajo en grupo (Groupware) del personal de todas las áreas de la empresa.

### **2.8.3 REDES DE CELULA.**

Las redes de empresa no han sido diseñadas, al menos inicialmente, para satisfacer determinados requisitos que son propios del ambiente industrial, entre los que destacan:

- Funcionamiento en ambientes hostiles (perturbaciones FEM, temperaturas extremas, polvo y suciedad).
- Gran seguridad en el intercambio de datos en un intervalo cuyo límite superior se fija con exactitud (“determinismo”) para poder trabajar correctamente en “tiempo real”.
- Elevada fiabilidad y disponibilidad de las redes de comunicación, mediante la utilización de dispositivos electrónicos, medios físicos redundantes y/o protocolos de comunicación que dispongan de mecanismos avanzados para detección y corrección de errores-

Surgen las conocidas como redes Industrial Ethernet, cuya capa de enlace está basada en la técnica Ethernet y cuyos protocolos básicos se fundamentan en TCP/IP.

En lo que respecta a los protocolos de la capa de aplicación que se debe utilizar en las redes Industrial Ethernet en combinación con los protocolos de las capas inferiores, no existe actualmente una solución única normalizada y están propuestas diferentes soluciones como:

- ModbusTCP
- EtherNet/IP
- PROFINet
- EtherCat
- Powerlink

Las diferentes soluciones dependerán de la marca seleccionada (Siemens, Alley Bradley, Schneider, etc.) la recomendación es no mezclar los diferentes protocolos ya que se deberán integrar otros elementos a la red que sirvan como traductores y esto hará más compleja la red.

#### **2.8.4 REDES DE CONTROL.**

Suelen recibir el nombre genérico de buses de campo (Fieldbuses). Las redes de control resuelven los problemas de comunicación en los niveles inferiores de la pirámide CIM. Se utilizan, por tanto, para comunicar entre ellos sistemas de control industrial y/o con dispositivos de campo. Se clasifican en:

- Redes de controladores
- Redes de sensores-actuadores

**Redes de controladores.** Este tipo de redes de control están diseñadas para realizar la comunicación de varios sistemas electrónicos de control PLC's, CNC's, robots, ...) entre sí. Son, por lo general, redes de área local de tipo principal-subordinado (master-slave) o

productor-consumidor (producer-consumer) que poseen varios nodos principales (Multimaster Networks). [Cada nodo produce información que consumen todos los demás]

Los servicios de comunicación que proporcionan permiten no sólo el intercambio estructurado de información sino también llevar a cabo las tareas de diagnóstico, programación, carga, descarga y ejecución y depuración de los programas ejecutados en ellos.

**Redes de sensores-actuadores.** Las redes de sensores-actuadores de elevada capacidad funcional disponen de una capa de enlace adecuada para el envío eficiente de bloques de datos de mayor tamaño que en el caso anterior. Se puedan configurar, calibrar e incluso programar dispositivos de campo (Field Devices) más “inteligentes” que los todo/nada (codificadores absolutos, sensores de temperatura, presión o caudal, variadores de velocidad, servoválvulas, etc.).

Redes de sensores-actuadores de capacidad limitada: Las redes de sensores-actuadores de capacidad funcional limitada han sido diseñadas para integrar principalmente dispositivos todo-nada (fin de carrera, fotocélula, relé, etc.), Ejemplo de una red binaria es AS-i(Actuator Sensor Interface).

**CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA PARA EL  
DESARROLLO DE PROYECTOS DE  
AUTOMATIZACIÓN ELÉCTRICA.**

### **3.1 INTRODUCCIÓN GENERAL A LA METODOLIGIA.**

El presente capítulo contiene una metodología para automatizar un sistema, una máquina o cualquier elemento electromecánico que realice una función de movimiento definido.

La importancia de tener una guía para la planificación y ejecución de un proyecto nos permitirá tener el control del mismo, identificar los riesgos, asegurar la funcionalidad del sistema, terminar el proyecto en el tiempo indicado y poderlo cerrar de la mejor manera posible.

Así como la parte administrativa de un proyecto es muy importante, la cuestión técnica merece también una correcta gestión para lograr un proyecto exitoso.

A continuación describiremos paso a paso las tareas necesarias para poder ejecutar un proyecto de automatización eléctrica.

1. Estudiar el diseño mecánico de la máquina o proceso a automatizar.
2. Realizar un diagrama de flujo del proceso.
3. Definir los requerimientos del sistema.
4. - Definir los elementos de seguridad del sistema.
5. Definición del Hardware (PLC).
6. Diagramas de control eléctrico.
7. -Lista de materiales y su compra.
8. -Estimación de costos del proyecto.

9. -Definir el tipo de comunicación (bus de campo).
10. Definir las interfaces del Sistema.
11. Sistema de control y visualización.
12. Ingeniería de Software.
13. -Ejecución.
14. -Pruebas y puesta en marcha del sistema.
15. - Documentación.
16. -Capacitación.
17. -Cierre del proyecto, firma de protocolo.

### **3.2 ESTUDIAR EL DISEÑO MECÁNICO DE LA MÁQUINA O PROCESO (SUBDIVIDIR EL PROCESO).**

Es de gran importancia recibir por escrito la descripción de funcionamiento de la máquina o del sistema que se pretende automatizar, así como definir los entregables de cada una de las partes, los alcances y las interfaces que pudiera llegar a tener con otros sistemas.

Para llevar a cabo la descripción del sistema o proceso se requiere recabar la siguiente información: procedimiento que se debe seguir en la operación (arranque, paro), dispositivos que intervienen en el proceso (sensores, transductores, motores, variadores, etc.), variables a medir, variables a controlar, variables a monitorear, rangos de operación,

función de los dispositivos, entradas y salidas. Esta actividad se lleva a cabo mediante entrevistas con los operadores y encargados de mantenimiento del proceso, visitas de campo y la experiencia del integrador.

En este inicio se definen una gran cantidad de información como son:

Los tiempos de operación del sistema, que nos lleva a definir la velocidad y que a su vez define la necesidad de utilizar la técnica de variación de velocidad (RPM).

Las potencias de los equipos, esto nos permitirá calcular los KW totales, así como estimar los consumos eléctricos del sistema, los conductores, protecciones, contactores, barras de distribución, guardamotores, el valor del corto circuito, etc.

El ambiente de la instalación, esto nos permite la correcta selección del equipamiento eléctrico. Este punto es de gran importancia ya que puede dar el caso de tener un ambiente explosivo, húmedo, contaminado, con altas temperaturas y esto nos define el tipo de materiales a utilizar. En el caso de los tableros existe una normatividad NEMA ó IP que determina el grado de protección contra polvo y agua.

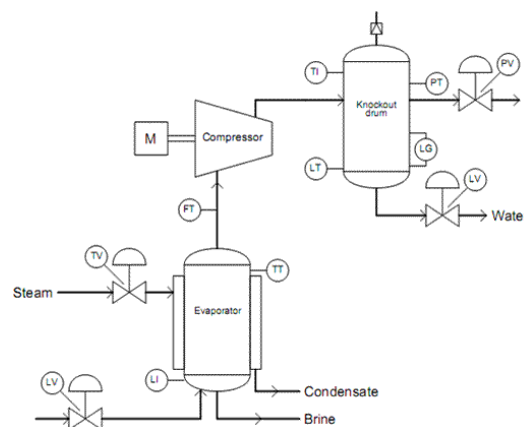
Se habla de dividir el proceso para poder automatizar de manera ordenada y con esto nos facilita las tareas al momento de programar y de realizar el diseño eléctrico. Se puede dividir en base a la geografía del sistema, es decir en base a la ubicación de los equipos dentro de un área determinada y también en base a la técnica del propio proceso, por ejemplo si tuviéramos una banda transportadora de alimentos que tiene que pasar los productos por una cámara frigorífica para mantenerlos a  $-20^{\circ}\text{C}$ , para este caso se tendrían dos tableros de control una que controle la banda transportadora y otro que controle la

cámara frigorífica, esto nos ayudara a tener ordenados nuestros sistemas, un programación clara y los dos procesos separados.

Un proceso de automatización siempre se divide en distintas tareas. Incluso el más complicado de los procesos puede ser definido, siempre y cuando se indique cómo están relacionadas las distintas tareas en las que se divide el proceso y se subdividan éstas en tareas más pequeñas.

### 3.3 REALIZAR UN DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de los pasos en un proceso. Dicho diagrama es útil para determinar cómo funciona realmente el proceso. El diagrama se utiliza en gran parte de las fases del proceso de mejora continua, sobretodo en definición de proyectos, diagnóstico, diseño e implantación de soluciones, mantenimiento de las mejoras, traslado de materiales, pasos para ventas y procedimientos del proceso. A continuación en la figura 3.1 se muestra el diagrama de flujo de un proceso.



**Figura3.1. Ejemplo de un diagrama de flujo de un proceso.**

### 3.4 DEFINIR LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.

Aquí se agrupan todos los dispositivos que intervienen en el proceso, se describe bien su función e identifica las entradas y salidas del sistema. Esto ayuda a conocer con mayor detalle el sistema y las funciones para los cuales fueron diseñados los dispositivos. Además sirve para conocer más a detalle el proceso y entenderlo mejor; es decir, tener una amplia visión para la siguiente etapa. En esta parte del proyecto se recomienda se inicie con el listado de materiales principales que se requieren para el sistema.

En la tabla 3.1 subdividir el proceso y se muestra un ejemplo de elementos que intervienen en un sistema de automatización de un sistema de transporte.

PROCESO 1								
No.	Sensores	Actuador	Variadores de frecuencia.	Encoder	Señalización	Control	Scanner	Referencia Mecánica
1	S1_M1	Motor 1	V_M1	ENC_1	Lampara 1	Pupitre 1	SC-1	
2	S2_M1	Motor 1	V_M1	ENC_1	Lampara 2	Pupitre 1		
3	S3_M1	Motor 1	V_M1	ENC_1	Lampara 3	Pupitre 1		
4	S1_M2	Motor 2	V_M2	ENC_2	Lampara 4	Pupitre 2		
5	S2_M2	Motor 2	V_M2	ENC_2	Lampara 5	Pupitre 2		
6	S3_M2	Motor 2	V_M2	ENC_2	Lampara 6	Pupitre 2		
PROCESO 2								
No.	Sensores	Actuador	Variadores de frecuencia.	Encoder	Señalización	Control	Scanner	Referencia Mecánica
7	S1_M3	Motor 3	V_M3	ENC_3	Lampara 7	Pupitre 3	SC-2	
8	S1_M3	Motor 3	V_M3	ENC_3	Lampara 8	Pupitre 3		
9	S1_M3	Motor 3	V_M3	ENC_3	Lampara 9	Pupitre 3		
10	S1_M4	Motor 4	V_M4	ENC_4	Lampara 10	Pupitre 4		
11	S1_M4	Motor 4	V_M4	ENC_4	Lampara 11	Pupitre 4		
12	S1_M4	Motor 4	V_M4	ENC_4	Lampara 12	Pupitre 4		
PROCESO 3								
No.	Sensores	Actuador	Variadores de frecuencia.	Encoder	Señalización	Control	Scanner	Referencia Mecánica
13	S1_M5	Motor 5	V_M5	ENC_5	Lampara 13	Pupitre 5	SC-3	
14	S1_M5	Motor 5	V_M5	ENC_5	Lampara 14	Pupitre 5		
15	S1_M5	Motor 5	V_M5	ENC_5	Lampara 15	Pupitre 5		
16	S1_M6	Motor 6	V_M6	ENC_6	Lampara 16	Pupitre 6		
17	S1_M6	Motor 6	V_M6	ENC_6	Lampara 17	Pupitre 6		
18	S1_M6	Motor 6	V_M6	ENC_6	Lampara 18	Pupitre 6		

**Tabla 3.1 Subdividir el proceso y elementos que intervienen.**

### **3.5 DEDIFINIR LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD DE LAS MÁQUINAS Y PERSONAS.**

En los procesos de automatización es indispensable revisar los conceptos de seguridad con el fin de asegurar que el diseño del sistema es 100% seguro y no provocara daños al personal ó al producto. En la actualidad en México no tenemos una norma que regule los circuitos de seguridad eléctricos, lo que aumenta la responsabilidad de la persona que automatiza un sistema. Debemos tomar las normas internacionales de seguridad que aplican para el diseño de máquinas principalmente de Estados Unidos y de la comunidad Europea.

Existen más de 600 estándares en el mundo para poder realizar una ingeniería de seguridad de maquinaria, como se muestra en la tabla 3.2 y 3.3.

La especialidad de realizar una ingeniería de seguridades eléctricas es complicada ya que requiere del conocimiento de los estándares y de experiencia de la fabricación de máquinas y equipos.

El manejo de la maquinaria en nuestro país es cada vez mayor y con esto las necesidades de dar seguridad a los operadores es imprescindible.

El alcance de esta tesina no es dar un estudio completo sobre seguridad de máquinas ya que esto implica una especialidad y una gran cantidad de información, sin embargo se explicarán los pasos básicos que requieren en una evaluación de riesgos y como controlarlos y minimizarlos. Se recomienda al interesado en un proceso de automatización de máquinas y equipos realizar un estudio de su sistema por personal

calificado. En México existe la empresa PILZ de origen alemán que puede realizar un completo estudio de los riesgos y seguridades los sistemas.

Standard	Harmonised	Title
EN 349:2008	Yes	Safety of machinery Minimum gaps to avoid crushing of parts of the human body
EN 547-1 to -3:2008	Yes	Safety of machinery Human body measurements
EN 574:2008	Yes	Safety of machinery Two-hand control devices – Functional aspects Principles for design
EN 953:2009	Yes	Safety of machinery Safety of machinery. Guards. General requirements for the design and construction of fixed and movable guards
EN 1005-1 to -4:2008 EN 1005-5:2007	Yes No	Safety of machinery Human physical performance
EN 1037:2008 identical to ISO 14118:2000	Yes	Safety of machinery Prevention of unexpected start-up
EN 1088:2007 equates to ISO 14119:2006	Yes	Safety of machinery Interlocking devices associated with guards. Principles for design and selection
EN ISO 11161:2010	No	Safety of machinery Integrated manufacturing systems – Basic requirements
EN ISO 12100:2010 replaces EN ISO 12100-1 and 2; EN ISO 14121; EN 292	Yes	Safety of machinery General principles for design. Risk assessment and risk reduction
EN 12453:2000	No	Industrial, commercial and garage doors and gates. Safety in use of power operated doors – Requirements
EN ISO 13849-1:2009	Yes	Safety of machinery Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design
EN ISO 13849-2:2008	Yes	Safety of machinery Safety-related parts of control systems – Part 2: Validation
EN ISO 13855:2010 replaces EN 999	Yes	Safety of machinery Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body
EN ISO 13857:2008	Yes	Safety of machinery Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs
ISO 14119:2006 equates to EN 1088:2007	No	Safety of machinery Interlocking devices associated with guards. Principles for design and selection

Tabla 3.2 Estándares de seguridad de maquinaria. PILZ Safety Compendium,2012.pp2-18.

Standard	Harmonised	Title
EN ISO 14121-1:2007 replaces EN 1050	Yes	Safety of machinery Risk assessment – Part 1: Principles
ISO TR 23849:2010 identical to IEC TR 62061-1:2009	No	Guidance on the application of ISO 13849-1 and IEC 62061 in the design of safety-related control systems for machinery
EN 60204-1:2010	Yes	Safety of machinery Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements
EN 60947-5-1:2009 EN 60947-5-2:2008 EN 60947-5-3:2007 EN 60947-5-4:2003 EN 60947-5-5:2006 EN 60947-5-6:2001 EN 60947-5-7:2003 EN 60947-5-8:2007 EN 60947-5-9:2008	Yes	Low voltage switchgear and controlgear Part 5: Control circuit devices and switching elements
EN 61326-3 Parts 1+2:2008	No	Electrical equipment for measurement, control and laboratory use. EMC requirements
EN 61496-1:2010	Yes	Safety of machinery Electrosensitive protective equipment – Part 1: General requirements and tests
IEC 61496-2:2006 CLC/TS 61496-2:2006:	No	Safety of machinery Electrosensitive protective equipment – Part 2: Particular requirements for equipment using active optoelectronic protective devices (AOPDs)
CLC/TS 61496-3:2008 replaces EN 61496-3:2003	No	Safety of machinery Electrosensitive protective equipment – Part 3: Particular requirements for active optoelectronic protective devices responsive to diffuse reflection (AOPDDR)
EN 61508 Parts 1-7:2010	No	Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems
EN 61511 Parts 1-3:2004	No	Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector
EN 61784-3:2010	No	Industrial communication networks – Profiles – Part 3: Functional safety fieldbuses – General rules and profile definitions
EN 61800-5-2:2007	No	Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-2: Safety requirements. Functional
IEC/TS 62046:2008	No	Safety of machinery Application of protective equipment to detect the presence of persons
EN 62061:2010	Yes	Safety of machinery Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems
IEC/TR 62685:2010	No	Industrial communication networks – Profiles – Assessment guideline for safety devices using IEC 61784-3 functional safety communication profiles (FSCPs)
NFPA 79:2009	No	Industrial machinery

Tabla 3.3 Estándares de seguridad de maquinaria. PILZ Safety Compendium,2012,pp2-18.

### 3.5.1 EVALUACIÓN DEL RIESGO.

En la evaluación del riesgo se tienen que realizar variaciones consideraciones, por ejemplo, identificar las especificaciones de la máquina, sus velocidades, peso, sustancias, temperatura de operación.

Identificar los peligros ¿Qué aspectos de la máquina o del sistema pueden causar daños a las personas?, considerar las posibilidades de aplastamiento, cortes de herramientas, enredos, bordes afilados en la máquina o producto. Además factores como la estabilidad de la máquina, sus movimientos, el ruido, la vibración, emisión de sustancias o radiaciones, quemaduras. En esta etapa se deben identificar los peligros en todo su ciclo de vida del equipo, en la construcción, instalación, operación y desecho.

Identificar ¿Quién podría ser dañado por los peligros? y ¿cuándo?, Hay que tomar en cuenta el mal uso del equipo, incluyendo por personas no capacitadas y personas que pudieran ser ajenas a la operación de la máquina, ejemplo: personal de limpieza, seguridad y público en general, como se muestra en la figura 3.2.



**Figura 3.2. Ejemplos típicos de peligros que se pueden encontrar en la industrial. Safe Machinery Handbook, Schneider Electric. pp18.**

El resultado del proceso de evaluación de riesgos debe ser una tabla de los diferentes riesgos que existen en la máquina, junta con la indicación de la gravedad de cada uno. A continuación se muestra un ejemplo de una evaluación de riesgo en la tabla 3.2.


Hazard identification		Hazard No:	1
<b>Title:</b>	Distance of safeguard inadequate		
<b>Location:</b>	Press loading area		
<b>Target:</b>	Upper extremities		
<b>Activity:</b>	Normal mode		
<b>Task:</b>	Operation		
<b>Function:</b>	Minor corrections during operation		
<b>Type of hazard:</b>	Mechanical		
<b>Subtype:</b>	Risk of crushing		
<b>Description:</b>	The operator is protected from the tool's hazardous movement by a light curtain. However, the machine is not far enough away. It is possible to reach the danger zone before the tool has come to a standstill.		
Risk estimation and assessment			
Probability of occurrence	2	Frequency of event:	4
Degree of possible harm	8	Number of persons affected:	1
<b>Hazard Rating Number (HRN):</b>	64.0	<b>Overall result:</b>	High risk
Risk reduction			Reference
Replace light curtain with a tunnel at least 1 m in length. Access will effectively be prevented as a result. The side safety gate is used for access during operation.			EN 1088:1995: EN ISO 13855:2008
Anticipated residual risk			
Probability of occurrence	0.033	Frequency of event:	4
Degree of possible harm	2	Number of persons affected:	1
<b>Hazard Rating Number (HRN):</b>	0.264	<b>Overall result:</b>	Negligible risk

Tabla 3.4 Evaluación de riesgo de maquinaria. PILZ Safety Compendium,2012,pp2-18.

Se puede considerar un riesgo como el producto de la severidad del peligro por la probabilidad de ocurrencia de acuerdo con la machine safety guide, figura 3.3.

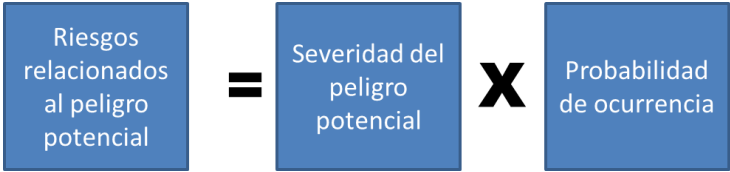


Figura 3.3 Determinar el riesgo.

**3.5.2 REDUCCIÓN DE RIESGOS.**

La reducción de riesgos es definida en términos de eliminar o controlar el peligro. El objetivo es tomar las medidas necesarias para eliminar cualquier peligro de la maquinaria, equipo o sistema. A continuación se muestra un diagrama de bloques de la reducción de riesgos en la figura 3.4.

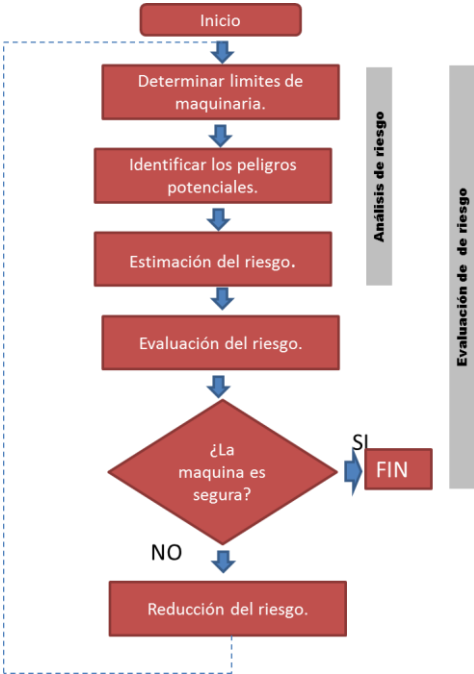


Figura 3.4 Reducción de riesgos.

### **3.5.3. DEFINICIÓN DE LAS MEDIDAS REQUERIDAS PARA REDUCIR EL RIESGO CALCULADO.**

El objetivo es la reducción del riesgo lo más posible, tomando varios factores en cuenta. El proceso es repetitivo haciendo lo mejor posible el uso de las tecnologías disponibles. Si es necesario se debe repetir el proceso para poder reducir el riesgo.

Cuando se lleva el proceso, las siguientes prioridades deben ser aplicadas:

1. Seguridad de la máquina en todas las fases de su tiempo de vida.
2. La máquina debe tener una óptima habilidad en sus funciones.
3. El equipo o maquinaria debe ser amigable en su operación.

El análisis de peligro y el proceso de reducción de riesgo requiere eliminar o reducir el peligro a través de jerarquizar las medidas.

- Eliminar el peligro o riesgo a través del diseño.
- Reducción del riesgo a través de la técnica de dispositivos de protección y medidas adicionales de protección.
- Reducción del riesgo a través de la disponibilidad de la información del usuario acerca de un riesgo residual.

### **3.5.4. REDUCCIÓN DEL RIESGO A TRAVÉS DE MEDIDAS DE CONTROL.**

Si la parte de seguridad del control es usada como protección con el fin de reducir el riesgo, el diseño de esta parte del control debe ser parte integrante del diseño total de la máquina como se muestra en la figura 3.5. El diseño del control de los sistemas de

seguridad se provee a través de las funciones de las normativas SIL EN ISO 13849 (Safety Integrated Level) or PL EN 62061(Performance Level) para lograr la reducción de riesgos.

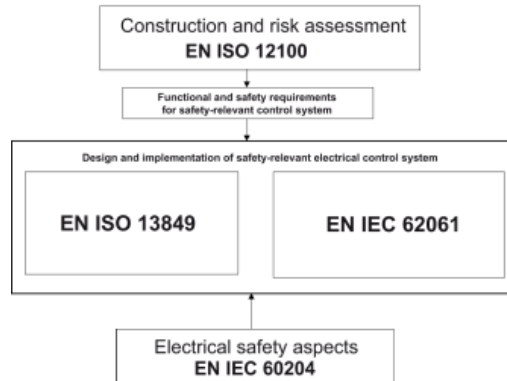


Figura 3.5. Determinación de los requerimientos del nivel del rendimiento, Euchner Safety Book 2008, pp92.

### 3.5.5. IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL USANDO EN ISO 13849-1 o EN 62061.

De acuerdo al Euchner Safety Book tenemos la siguiente tabla donde cada normativa EN ISO 13849-1 o EN62061 se tienen las diferentes categorías para los diferentes riesgos.

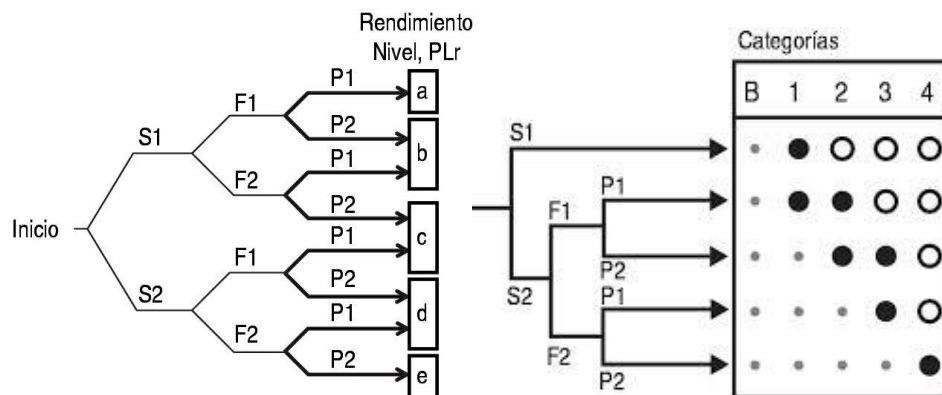


Tabla 3.5. Determinación de los requerimientos del nivel del rendimiento, de acuerdo con EN ISO 13849-1, Euchner Safety Book 2008, pp93

S= Severidad del daño.



- Barreras o cortinas de seguridad.
- Interruptores de seguridad en puertas de acceso.
- Etc.

Los equipos que por razones de seguridad, requieren circuitos fijamente cableados. Por definición, estos circuitos de seguridad trabajan independientemente del sistema de automatización (a pesar de que el circuito de seguridad ofrece normalmente un interface de entrada/salida para la coordinación con el programa de usuario). Usualmente se configura una matriz para conectar cada actuador con su propia área de paro de emergencia. Esta matriz constituye la base para los esquemas de los circuitos de seguridad.

Se recomienda lo siguiente al diseñar los dispositivos de protección:

- Definir los enclavamientos lógicos y mecánicos/eléctricos entre las diferentes tareas de automatización.
- Diseñar circuitos para poder manejar manualmente, en caso de emergencia, los aparatos integrantes del proceso.
- Definir otros requerimientos de seguridad para garantizar un desarrollo seguro del proceso.

Con lo anterior se tendrán instalaciones seguras que podrán garantizar la integridad del personal que las operara.

### **3.6 DEFICIÓN DEL HARDWARE (PLC).**

Para llevar a cabo la selección del autómata se deben de realizar dos evaluaciones, una para seleccionar el tipo de autómata y la otra para seleccionar la marca, esto debido a las diferentes opciones que brinda el mercado actualmente. Además hay que considerar que este tipo de tecnología está en constante cambio.

Para realizar la matriz de selección se deben seguir los siguientes pasos: Elaborar una lista de características de selección, ordenar la lista de características, asignación de ponderación relativa a cada característica de la selección, establecer parámetros de rendimiento o calificación de utilidad para cada una de las características y calcular los valores de utilidad relativa de los diseños alternativos además de comparar los valores de utilidad relativa.

Entre otros elementos del hardware se tendrán que determinar los siguientes elementos:

1. Tipo de CPU, capacidades, cantidad de timer, tipo de ciclo, etc.
2. Tarjetas de entrada: Digitales, analógicas, tipo relevador, etc.
3. Tarjetas de Salida.
4. Módulos de interface.
5. Tipo de bus de campo.

6. Elementos de aplicación del proceso, ejemplo: Variadores de frecuencia, arrancadores, cámaras de visión, válvulas etc.
7. Sistemas de visualización, PC's, paneles de operación, etc.
8. Etc.

Consideraciones	Información	¿Por qué es importante?
<b>Sistema nuevo o existente:</b> ¿Tu sistema será instalado de cero o hay base instalada de otro sistema con la cual debe ser compatible?	<input type="checkbox"/> Nuevo <input type="checkbox"/> Existente	Seguramente muchos de los productos no son compatibles entre los diferentes PLCs, asegúrate que dicha compatibilidad se cumpla para ahorrar tiempo y dinero de investigación.
<b>Definir aspectos ambientales que puedan afectar tu aplicación:</b> ¿Hay características ambientales específicas que pudieran afectar tu aplicación como temperatura, polvo, vibración, entre otros?	Hay aspectos: _____ No hay aspectos: _____	Los PLCs típicos tienen rangos de temperatura de 0 a 60°C. Si tu aplicación incluye condiciones ambientales extremas, o tiene algún código específico que deba ser considerado, se deberá realizar una investigación sobre productos que cumplan con esas especificaciones o diseñar la instalación para esos requerimientos.
<b>Determinar cuántos dispositivos discretos y analógicos tendrá el sistema:</b> ¿Cuántos dispositivos discretos y analógicos tendrá? ¿Qué tipos: AC, DC, 4-20mA o 0-10V?	Discretos: _____ Analógicos: _____	El número y tipo de dispositivos que incluirá su sistema está relacionado directamente con la cantidad de E/S que serán necesarias. Se requiere escoger un modelo de PLC que soporte los requerimientos de E/S y los tipos de señales a manejar.
<b>Determinar si el sistema requerirá alguna característica especial:</b> ¿Tu aplicación requiere contadores de alta velocidad o posicionamiento, comunicación Ethernet?	<input type="checkbox"/> Contador alta velocidad <input type="checkbox"/> Reloj de tiempo real <input type="checkbox"/> Posicionamiento <input type="checkbox"/> BASIC <input type="checkbox"/> Servo/Stepper <input type="checkbox"/> Otros: _____	Las funciones especiales no necesariamente están disponibles usando módulos estándar de E/S. Planear antes te ayudará a determinar si tu aplicación requerirá alguna característica especial así como elegir los módulos adicionales para tu sistema.
<b>Determinar el tipo de CPU:</b> ¿Cuánta memoria requiere su sistema? ¿Cuántos dispositivos tendrá su sistema, los cuales determinan la cantidad de memoria? ¿Qué tan largo será su programa y los tipos de instrucciones que incluirá, los cuales determinan la memoria de programa?	<input type="checkbox"/> k programación <input type="checkbox"/> k datos	La memoria de datos se refiere a la cantidad requerida para la manipulación de datos dinámicos y almacenamiento en el sistema. Por ejemplo, las instrucciones de contadores y temporizadores normalmente usan memoria de datos para almacenar los <i>setpoints</i> , valores actuales y otras banderas internas. Si la aplicación requiere retención de datos históricos, como valores de mediciones de dispositivos por un periodo largo de tiempo, el modelo del CPU se define por el tamaño de las tablas de datos. La memoria de programa es la encargada de almacenar la secuencia de instrucciones del programa que será ejecutada por la aplicación. Cada tipo de instrucción requiere una cantidad específica de memoria, normalmente definida en el manual de programación del PLC. Las aplicaciones secuenciales son fáciles de estimar, mientras que las aplicaciones complejas dificultan realizar un estimado.
<b>¿Dónde se localizarán las E/S?:</b> ¿El sistema requiere solamente E/S locales o E/S locales y remotas?	<input type="checkbox"/> Local <input type="checkbox"/> Remoto	Si el subsistema requiere largas distancias desde el CPU, es necesario un modelo de PLC que soporte E/S remotas. Además, se debe determinar las distancias y velocidades soportadas por el PLC, para que sean adecuadas a la aplicación.
<b>Determinar los requerimientos de comunicación:</b> ¿Se comunicará tu sistema con otras redes o sistemas?	<input type="checkbox"/> ASCII <input type="checkbox"/> PLC a PLC <input type="checkbox"/> Ethernet <input type="checkbox"/> DeviceNet <input type="checkbox"/> Profibus <input type="checkbox"/> Modbus RTU	Los puertos de comunicación no necesariamente son incluidos con el PLC. Saber por adelantado si tu sistema se comunicará con otros sistemas le ayudará a escoger el CPU que soporte los requerimientos de comunicación o módulos adicionales si es necesario.
<b>Determinar los requerimientos de programación:</b> ¿Tu aplicación requiere solamente instrucciones de programación tradicionales o se requieren instrucciones especiales?	<input type="checkbox"/> Punto flotante (FPU) <input type="checkbox"/> PID <input type="checkbox"/> IEC-1131 <input type="checkbox"/> Otros: _____	Algunos PLCs pueden no soportar todos los tipos de instrucciones. Selecciona un PLC que soporte todas las instrucciones para tu aplicación en particular. Por ejemplo, funciones incorporadas de PID son más sencillas que escribir tu propio código para desarrollar un lazo cerrado para control de procesos.
<b>¿Y ahora?</b> Una vez que hayas completado la información de la hoja de trabajo y determinado los requerimientos, usa esta hoja para encontrar el PLC que cumpla con sus especificaciones. Será más sencillo encontrar un producto que cumpla en cuanto a puntos de E/S, características, memoria, etc. En Sdi> podemos ayudarte a seleccionar los productos más adecuados para tu aplicación.		

Tabla 3.7 Pasos para seleccionar un PLC.

En base a la tabla 3.7 se encuentra una recomendación para la selección de un PLC.

Existen varios software de los fabricantes que ayudan para la selección de los PLC, en este caso se utilizó el TIA selection Tools de Siemens el cual se puede consultar gratuitamente en el siguiente link. <http://www.automation.siemens.com/mcms/topics/en/simatic/tia-selection-tool/pages/tab.aspx>.

## **3.6 DESARROLLO DEL PROYECTO ELÉCTRICO Y LA INGENIERIA DE CONTROL.**

Todo proyecto de automatización eléctrica debe contar con un proyecto eléctrico en el cual se debe dividir en 2 partes, la del sistema de distribución de energía y la del control de energía, para esto es muy importante que un ingeniero especializado en proyectos eléctricos pueda ejecutarlo en base a la NOM-001-SEDE-2012, principalmente considerando los siguientes artículos:

Artículo No. 4.2.13 Diseño de instalaciones eléctricas.

Articulo No. 250 Puesta a tierra.

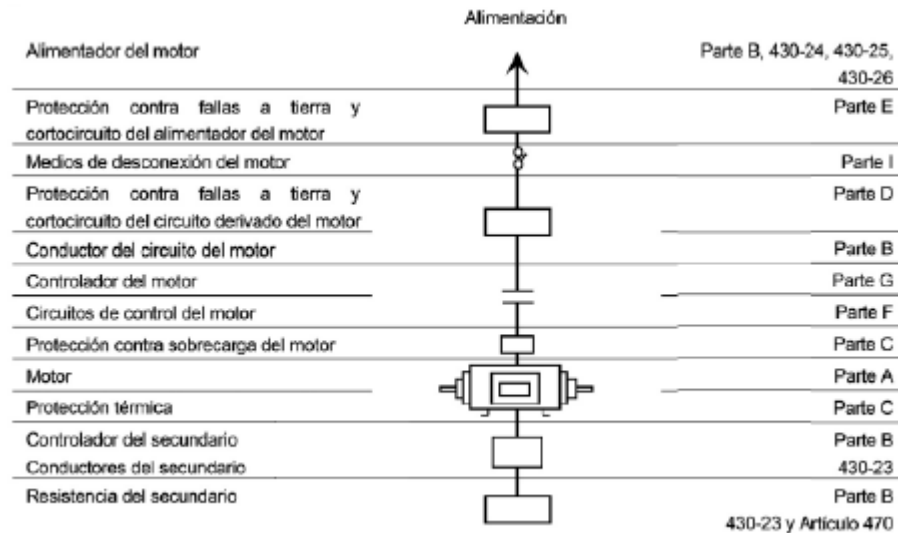
Articulo No. 240 Protección contra sobre corriente.

Articulo No. 300 Métodos de alambrado.

Articulo No. 310 Selección de conductores.

Articulo No. 430 Motores, circuito de motores y controladores.

En la figura 3.6 se muestran los elementos de control y protección de los motores de acuerdo a la NOM-001-SEDE-2012 en el artículo No.430.



**Figura 3.6 Elementos de control y protección de acuerdo a la NOM-001-SEDE-2012.**

Una vez que se tenga la ingeniería del proyecto eléctrico para la distribución y el control se realizan los diagramas eléctricos, teniendo en cuenta la potencia general del sistema, la potencia de cada motor, los conductores seleccionados, sus protecciones etc.

Básicamente existen tres sistemas para la representación de los diagramas eléctricos, el sistema americano ANSI, el sistema europeo DIN y el sistema internacional IEC. En la actualidad existen diferentes software para el diseño eléctrico como el Eplan y Autocad electric, estos te permiten diseñar los circuitos de control eléctrico del sistema que se va automatizar.

Es de gran importancia que se diseñe los diagramas eléctricos antes de iniciar con la compra e instalación de los tableros, ya que estos diagramas nos presentarán una ingeniería de detalle mostrándonos lo siguiente: La potencia total del sistema, las protecciones principales, los circuitos derivados de alimentación de fuerza y control, el

nivel de tensión a utilizar en los accionamientos y el control, la disposición de los elementos de fuerza y control dentro del tablero y en el proceso, la conexión de los diferentes dispositivos, PLC, motores, válvulas, variadores de frecuencia, sensores, lámparas de señalización, tarjetas de entrada y salida, los sistemas de seguridad, scanner, barreras de luz, etc.

Una vez que se tenga el diagrama eléctrico completo se pasa al visto bueno (VoBo) del cliente y del personal de mantenimiento y se procede con la compra e instalación de los tableros de control.

### **3.7 LISTADO DE MATERIALES Y SU COMPRA.**

Una vez que se definió completamente el Hardware del sistema y los diagramas eléctricos se procederán a la compra de los materiales, es importante revisar los costos y los tiempos de entrega ya que algunos dispositivos son de exportación y tardarán algunas semanas en llegar y esto podría ser causa de incumplimiento de un plazo.

El software de Eplan realiza un listado de materiales en forma automática una vez que se termina con la elaboración del proyecto, además te permite llevar una buena administración de las compra de los materiales. De lo contrario la recomendación es realizar una hoja de cálculo donde se enlisten los materiales, marca, modelo, número de parte, tiempo de entrega, características técnicas, costo, cantidad, etc.

Una vez definida la lista de materiales se procederá a su compra, para esto se requiere realizar una orden de compra que es un documento que establece legalmente un

contrato entre un comprador y un vendedor, de esta manera ambas partes comprador y vendedor estarán respaldados legalmente. Las condiciones de pago y entrega deberán quedar bien claras para evitar problemas futuros.

### **3.9 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DEL PROYECTO.**

Una vez que tienes definido el proyecto eléctrico y sus materiales se podrá determinar el costo real, el cual se podrá dividir de acuerdo a los siguientes rubros:

- Ingeniería de Hardware.
- Ingeniería de Software.
- Materiales, estos pueden ser nacionales o de exportación.
- Mano de Obra para el montaje.
- Documentación.
- Software, mano de obra para la programación.
- Herramientas.
- Transporte de materiales.
- Transporte del personal y hospedajes cuando apliquen.
- Capacitación.
- Indirectos.
- Impuestos.

Mientras más se conozca el proyecto y se tenga el dominio del mismo se podrá dar un costo más adecuado. Si por alguna razón no se calcula correctamente el costo total de proyecto pudiera haber consecuencias graves para la empresa que ejecuta, ya que pudiera quedar inconcluso, haber demandas o dejar el proyecto con mala calidad. En

caso contrario una vez que se realizó la correcta estimación la empresa contratista ofrecerá un trabajo exitoso, con buena calidad y con buenas ganancias para la empresa.

### **3.10 DEFINIR EL TIPO DE COMUNICACIÓN (BUS DE CAMPO).**

En nuestros días los equipos manejan diferentes niveles de comunicación y es importante definirlos en el proyecto ya que de esto dependerán las interfaces que se tengan con otros sistemas.

Los buses de campo utilizados para el nivel de sensores y actuadores son profibus, profinet con la marca Siemens, interbus con la marca Phonex contact, devicenet con la marca Allen Bradley. Existe una gran diversidad de buses de comunicación, lo importante es definir un solo tipo de bus para todos los participantes, PLC, cabeceras de entradas y salidas, cámaras, scanner, transductores, etc.

Para los niveles de comunicación entre el PLC y las PC, así como para servidores se podrá utilizar las redes Ethernet.

### **3.11 DEFINIR INTERFASES DEL SISTEMA.**

En base al punto 3.1 Dividir el proceso podemos definir como se realizara la comunicación entre los sistemas, este punto es de gran importancia ya que permite conocer el estado y las condiciones de cada proceso, lo que permitirá su interacción.

A este tipo de datos normalmente se le conoce como comando de señales y se tiene que definir ¿Qué? y ¿Cómo? Se enviara la información.

En referencia al ejemplo de una banda transportadora de alimentos que tiene que pasar por una cámara frigorífica a  $-20^{\circ}\text{C}$  para su almacenamiento, se definió un tablero y su controlador para el sistema de transporte y otro para la cámara frigorífica. Para que los dos sistemas interactúen de la mejor manera deberán conocer su estado uno del otro y esto dependerá de las condiciones de funcionamiento del sistema. Los comandos que se podrían definir serían:

**La marcha**, es decir saber que los equipos se encuentran encendidos y que están operando, ya que de nada serviría que la banda lleve los alimentos a la cámara frigorífica si esta está apagada, o viceversa, tener encendida la cámara frigorífica si la banda no está en función.

**Las seguridades**, si por alguna razón entre los límites de la banda transportadora y la cámara frigorífica se tuviera un paro de emergencia, esta deberá enviar una señal de paro para que ambos sistemas en sus fronteras se mantenga una condición segura de operación para el personal y el producto.

**El modo de operación automático o manual**, la función normal de operación del sistema debe ser automático, pero si por algún motivo se tiene que pasar al modo manual, este deberá ser reportado al otro sistema para saber si en determinado momento el sistema deberá detenerse o podrá continuar con su marcha normal.

**La interacción con el producto**, estas señales se refieren a indicar el momento exacto en que cada sistema interactúa con el producto o en el momento en un sistema entrega el producto al otro sistema, por ejemplo si la banda transportadora de alimentos al momento que entrega el producto a la cámara frigorífica, esta identifica que el producto está dentro de su alcance y posición, entonces determina almacenarlo.

**Las fallas**, en este punto se envían las señales de falla de cada uno de los sistemas para determinar las condiciones seguras para el equipo, personal o el producto.

Es importante que el constructor de los sistemas realice un análisis profundo de las señales que estarán interactuando.

Para definir ¿Cómo? Se enviarán las señales anteriores dependerá de tipo de comunicación que se tenga en el sistema, básicamente se pueden enviar por dos formas:

-Por entradas y salidas del PLC, esto implica el cableado necesario entre cada controlador del sistema.

-Por bus de campo, en este tipo se deberá integrar un acoplador de redes para unir los diferentes direccionamientos que se tenga en el sistema. El bus de campo será definido en base al punto 3.8. la recomendación es tener el mismo bus de campo en ambos sistemas, en caso contrario se tendrá que buscar un acoplador para unir los buses de campo.

-También existe la opción para el control convencional que es en base a relevadores, y esta simplemente un tablero envía un voltaje y el otro lo recibe en un relevador con uno contactos libres de potencial, de esta manera cuando el relevador cambie su estado los contactos abrirán o cerraran.

### **3.12 SISTEMA DE CONTROL Y VISUALIZACIÓN.**

El sistema deberá contar con las interfaces hombre-máquina necesario para poderlo operar, el tipo de HMI (Human Machine Interface) podrá ser definido en base a los diferentes requerimientos del sistema:

- Geografía del sistema, depende la que tan grande sea el sistema y la distancia entre sus elementos.

- Operaciones del sistema, se recomienda que cada operación del sistema o proceso tenga su propia HMI para interactuar de manera independiente con el resto.
- Elementos del sistema, en algunos sistema o procesos se tienen diversos elementos que están interactuando, por ejemplo en el sistema de transporte de alimentos, se pudiera llegar a tener elevadores para un cambio de altura, topes, mesas de transferencia, etc. dependiendo de la cantidad de elementos se pondrá agrupar o se tendrá una HMI para cada uno.
- El sistema HMI permitirá la visualización del proceso, de las producción, las fallas de los equipos y esto permitirá a los operadores un rápido diagnóstico del sistema.

### **3.13 INGENIERIA DE SOFTWARE.**

El alcance de este trabajo no incluye la descripción de la programación, ni sus funciones básicas, para esto se deben solicitar a los fabricantes de PLC los manuales de programación o los cursos de programación para poder realizar esta tarea, ya que el tipo de programación entre los fabricantes varían de acuerdo a sus productos.

Nuestro alcance se enfoca a los pasos a seguir para poder realizar la programación del sistema.

Si no se lleva ninguna metodología para la creación del Software se pueden cometer múltiples errores, no llevar un orden o una secuencia, no identificar correctamente las entradas del sistema y las salidas, realizar un programa muy grande y complejo, no

realizar pruebas o chequeo del sistema y esto traerá como consecuencia un problema grave dentro del proyecto y del equipo que se pretende automatizar.

Normalmente en los cursos de los fabricantes enseñaran las funciones principales de los autómatas, no hay una metodología para elaborar la ingeniería de Software, normalmente cada programador desarrolla su programa en base a su experiencia, de tal manera que la industria podemos encontrar que cada PLC tiene un estructura diferente en su programa, no hay estándar y esto provoca dificultad al momento de que se presenta una falla.

A continuación se muestran los pasos a seguir para una planificación de Software.

1. Especificación del programa
2. Diseño del programa
3. Codificación del programa
4. Prueba y depuración del programa.
5. Documentación
6. Mantenimiento

### **3.13.1. ESPECIFICACIÓN DEL PROGRAMA.**

Se conoce también como definición del problema o análisis del programa. En este paso se determinan la información inicial para la elaboración del programa. Es donde se determina qué es lo que debe resolverse con el computador, de qué presupuestos se debe partir... en definitiva, el planteamiento del problema.

Se requieren cinco tareas:

- a.** Determinación de objetivos del programa.

Debe definirse claramente los problemas particulares que deberán ser resueltos o las tareas que hay que realizar, esto nos permitirá saber qué es lo que se pretende solucionar y nos proporcionará información útil para el planeamiento de la solución.

**b. Determinación de la salida deseada.**

Los datos seleccionados deben ser arreglados en una forma ordenada para producir información. Esta salida podría ser el encender un motor, una lámpara.

**c. Determinación de los datos de entrada.**

Una vez identificada la salida que se desea, se pueden determinar los datos de entrada y la fuente de estos datos. Los datos deben ser recolectados y analizados.

**d. Determinación de los requerimientos de procesamiento.**

Aquí se definen las tareas de procesamiento que deben desempeñarse para que los datos de entrada se conviertan en una salida.

**e. Documentación de las especificaciones del programa.**

Es importante disponer de documentación permanente. Deben registrarse todos los datos necesarios para el procesamiento requerido. Esto conduce al siguiente paso del diseño del programa.

### **3.13.2 DISEÑO DEL PROGRAMA.**

Es diseñar cualquier sistema nuevo o las aplicaciones que se requieren para satisfacer las necesidades. Esta actividad se debe dividir en:

- Operaciones de entrada/salida **Ingeniería de Software.**
- Cálculo
- Lógica/ comparación

- Almacenamiento/ consulta

-Organización.

En este paso se genera una solución con técnicas de programación como diseño descendente de programas, pseudocódigos, flujo gramas y estructuras lógicas.

El programa debe elaborarse de manera organizada, es decir los bloques del programa ir de acuerdo al flujo grama y deben llevar una correcta referencia. Por ejemplo si la parte del proceso que estoy programando lleva una mesa de transporte que nombro como MT100, en la estructura del programa de un FC tiene que llevar la descripción FC MT100 y si a su vez voy a utilizar un bloque de funciones FB, este se llamara FB MT100 y si requiero integrar una bloque de datos, este se llamara DB MT100, así en el punto 3.6 del diagrama eléctrico tendrá que llevar esta nomenclatura, de tal manera que pueda haber una trazabilidad de los datos en los planos mecánicos, eléctricos y en la programación, esto nos ayudara en el mantenimiento del sistema.

Al utilizar los temporizadores, marcas o algunos otras funciones, se deberá llevar un orden y referenciarlas a la parte del sistema en que se estén utilizando, de lo contrario se pierde el control de las funciones y podemos estar utilizando funciones repetidas con el mismo nombre.

### **3.13.3. CODIFICACIÓN DEL PROGRAMA.**

Es la generación real del programa con un lenguaje de programación. En esta etapa se hace uso de la lógica que desarrolló en el paso del diseño del programa para efectivamente generar un programa. Se debe seleccionar el lenguaje apropiado para resolver el problema.

### 3.13.4 Prueba y depuración del programa

Depurar es correr el programa en una computadora y corregir las partes que no funcionan. En esta fase se comprueba el funcionamiento de cada programa y esto se hace con datos reales o ficticios. Cuando los programas están depurados, se prueban. Cuando los programas se depuran, se pueden encontrar los siguientes errores:

- a) Errores de sintaxis o de compilación
- b) Errores de ejecución
- c) Errores de lógica
- d) Errores de especificación.
- e) Prueba.

#### a) Errores de sintaxis o de compilación

Es una violación de las reglas del lenguaje de programación. Son más fáciles de corregir, ya que son detectados por el compilador (posible error de escritura), el cual dará información sobre el lugar donde está y la naturaleza de cada uno de ellos mediante un mensaje de error.

#### b) Errores de Ejecución

Se deben generalmente a operaciones no permitidas como dividir por cero, leer un dato no numérico en una variable numérica, exceder un rango de valores permitidos,

etc. Se detectan porque se produce una parada anormal del programa durante su ejecución.

c) Errores de Lógica

Corresponden a la obtención de resultados que no son correctos y la única manera de detectarlos es realizando suficientes pruebas del programa. Son los más difíciles de corregir, no sólo por la dificultad de detectarlos, sino porque se deben a la propia concepción y diseño del programa.

d) Errores de Especificación.

Es el peor tipo de error y el más difícil de corregir. Se deben a mal diseño del programa posiblemente por mala comunicación usuario programador y se detectan cuando ya se ha concluido el diseño e instalación del programa, lo cual puede implicar repetir gran parte del trabajo realizado.

e) Prueba.

Consiste en verificar la funcionalidad del programa a través de varios métodos para detectar errores posibles.

La recomendación es verificar la funcionalidad del sistema de acuerdo a los sensores y actuadores, hacer una lista de estos e iniciar probando que las señales de entrada lleguen al controlador y para esto no hay otra que activar sensor por sensor, una vez que las señales de entrada están en orden pasamos a las señales de salida las cuales ahora están condicionadas a la lógica del programa, se tendrá que ir probando por segmentos donde se involucren los actuadores para validar que la lógica esté en orden.

Todas las pruebas se hacen en modo manual del sistema con el fin de asegurar la instalación y no tener accidentes,

### **3.13.5 DOCUMENTACIÓN DEL PROGRAMA.**

Consiste en describir por escrito a nivel técnico los procedimientos relacionados con el programa y su modo de uso. También se debe documentar el programa para que sea más entendible.

¿Para quiénes son la documentación?

- Usuarios (Digitadores)
- Operadores
- Programadores
- Analistas de sistemas

Documentos que se elaboran:

Manual de Usuario y Manual del Analista.

A los usuarios se les elabora un manual de referencia para que aprendan a utilizar el programa. Esto se hace a través de capacitaciones y revisión de la documentación del manual de usuario. El manual del usuario no está escrito a nivel técnico sino al de los distintos usuarios previstos y explica en detalle cómo usar el programa: descripción de las tareas que realiza el programa, instrucciones necesarias para su instalación puesta en marcha y funcionamiento, recomendaciones de uso, menús de opciones, método de entrada y salida de datos, mensajes de error, recuperación de errores, etc.

A los operadores por si se presentan mensajes de error, sepan cómo responder a ellos. Además que se encargan de darle soporte técnico al programa.

A los programadores a través del manual del analista para que recuerden aspectos de la elaboración del programa o en caso que otras personas puedan actualizarlo o modificarlo (darle mantenimiento) y no son necesariamente las personas que lo diseñaron. Es por ello, que la documentación debe contener algoritmos y flujo gramas de los diferentes módulos que lo constituyen y las relaciones que se establecen entre ellos; listados del programa, corridas, descripción de variables que se emplean en cada módulo, cuáles son comunes a diferentes módulos y cuáles locales; descripción de los ficheros de cada módulo y todo lo que sea de importancia para un programador.

A los analistas de sistemas que son las personas que deberán proporcionar toda la información al programador. Estos se encargan de hacer una investigación previa de cómo realizar el programa y documentar con las herramientas necesarias para que el programador pueda desarrollar el sistema en algún lenguaje de programación adecuado.

### **3.13.6. MANTENIMIENTO DEL PROGRAMA.**

Es el paso final del desarrollo del software. Alrededor del 75% del costo total del ciclo de vida de un programa se destina al mantenimiento. El propósito del mantenimiento es garantizar que los programas en uso estén libres de errores de operación y sean eficientes y efectivos.

### **3.14 EJECUCIÓN DEL PROYECTO.**

Para iniciar con la ejecución del proyecto se deberá tener completa la documentación, planos de equipos, máquinas, proceso, diagramas eléctricos, diagramas de flujo, listados de materiales, y los materiales necesarios para iniciar el proyecto.

Para muchos integradores se les hace muy fácil iniciar con la ejecución sin tener una planeación previa, esto trae como resultado una mala instalación, fallas en el sistema, atrasos en el proyecto y pudiera causar daños al personal o a la instalación

Es indispensable tener ya una planeación del sistema para iniciar con su ejecución, deberá realizarse una planeación y tener los recursos listos para iniciar con los trabajos, tener el área disponible, haber definidos los turnos de trabajo, realizar acuerdos con las áreas involucradas.

En la ejecución debe llevarse un plan de trabajo bien definido, con todas las actividades y los responsables de cada actividad, y darle el seguimiento correcto para llevar a cabo la instalación.

El personal que realice la instalación debe ser calificado, es decir debe estar capacitado y en algunos casos especializado en las tareas que va realizar y no se deberá mezclar el personal en las actividades, es decir el técnico que instala el cableado eléctrico es diferente al que instala la fibra óptica, y este es diferente al que instala los PLC's. Un error muy común es tener a un solo técnico que realice todas las actividades, esto generara un alto riesgo en la instalación que después se vera afectada en la puesta en marcha de equipo.

### **3.15 PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA.**

Para iniciar las pruebas y la puesta en marcha de un sistema se debe realizar una lista de verificación para validar que todo esté en orden, el sistema mecánico y eléctrico.

Una vez que se ha verificado el sistema completo y se encuentra en orden, se procede a las pruebas. Se recomienda realizar un formato de pruebas para dejar documentado lo que se probó.

Es importante comprobar que todos los elementos del sistema estén correctamente instalados ya que uno de los problemas más típicos en una puesta en marcha es encontrar equipos mal instalados, incompletos, mal conectados, no aterrizados y esto provoca el atraso en las pruebas del sistema.

Se recomienda se tenga un plan de pruebas organizado en conjunto con los involucrados del proyecto, mecánicos, eléctricos, producción, mantenimiento, calidad, proveedores, etc.

En la tabla 3.8 se muestra una hoja de verificación que se debe aplicar para determinar si las instalaciones se encuentran en orden.



de cada elemento del sistema, esto quiere decir que debemos validar la correcta funcionalidad de los sensores, actuadores y de la lógica del programa.

La puesta en marcha se debe realizar por etapas considerando el proceso y tomando en cuenta las seguridades necesarias para no dañar el equipo, el producto o las personas.

### **3.16 DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO.**

La documentación es toda aquella información que se generó en el proyecto y que deberá entregarse al dueño del mismo con el fin de que pueda mantener la instalación o producto que se le entrego. Es importante clasificarla y ordenarla para facilitar el manejo de la misma de lo contrario habrá confusiones e información incompleta.

En general la información que se debe entregar es la siguiente:

- Planos de localización de la instalación.
- Planos a detalle del sistema.
- Diagrama de flujo.
- Memorias de cálculo.
- Diagramas eléctricos.
- Listas de verificación (check list).
- Topologías de la red.
- Respaldo de programas.
- Parámetros de los equipos.

- Manuales de los equipos.
- Manuales de instalación y mantenimiento.
- Manuales de operación del sistema.
- Planes de mantenimiento.
- Listado de refacciones.
- Garantías.

Antes de generar y entregar la documentación deberá llegar a un acuerdo con el cliente para conocer sus necesidades y requerimientos de entrega. Los procedimientos de entrega y la documentación van a ser diferente en cada organización y lo importante es tener presente esta actividad en todos los proyectos que se realicen.

Toda la documentación deberá entregarse en forma oficial, es decir a través de una carta o protocolo donde el cliente y el proveedor firmen en acuerdo de la entrega.

### **3.16 CAPACITACIÓN.**

En la mayoría de los proyecto de automatización eléctrica es importante realizar una capacitación del sistema que se integró, describiendo las partes del sistema, la interacción entre cada una, el hardware, los sensores, actuadores, la programación, las seguridades, visualización e interfaces de operación, el proceso de operación, las fallas representativas y el restablecimiento. Normalmente se imparten dos tipos de capacitación, a nivel usuario y a nivel mantenimiento.

A nivel usuario se describe en forma general la operación del sistema, las condiciones que se deben tener para operar el sistema, las seguridades de operación, etc.

A Nivel mantenimiento se describe técnicamente todos los elementos del sistema, la programación, visualización, parámetros de equipos, mediciones de voltaje, corriente, temperatura, velocidades, etc.

Se debe presentar un plan de capacitación al cliente para acordar el contenido, el tiempo de capacitación, la disponibilidad del personal y el lugar, así como el material didáctico que se requiera para esta actividad.

### **3.17 CIERRE DEL PROYECTO, PROTOCOLO DE ENTREGA.**

Al final de cada proyecto y con el fin de terminar oficialmente el proyecto se realiza un documento llamado “protocolo de entrega” en el cual el cliente, contratista y los involucrados firman en acuerdo que todo el alcance de obra fue cubierto en tiempo y forma, que funciona correctamente y que tiene la calidad requerida para poder operar sin ningún problema.

En este documento se pueden realizar las observaciones en caso de que existieran y los plazos acordados su corrección.

**Cierre contractual.** Se realiza el cierre contractual al acercarnos a las etapas finales de proyecto, asegurando la conclusión profesional de los acuerdos legales, e incluimos documentos tales como:

- a) Archivos de contrato.

- b) Cartas finiquito- no adeudos.
- c) Manuales, garantías y fianzas.
- d) Planos “as build” (planos actualizados) según la industria.
- e) Comunicados (cartas, notas, mail, etc.).
- f) Lecciones aprendidas.
- g) Bitácoras.
- h) Cierre de cada contrato.
- i) Aceptación formal – acta recepción (Protocolo).
- j) Cancelación de fianzas.
- k) Otros documentos dependiendo del contrato.

**Cierre administrativo.** Con el objetivo de facilitar, tanto referencias posteriores a la información del proyecto como el desarrollo de futuros proyectos, llevamos a cabo el cierre administrativo, documentando el presupuesto y programas finales, índice de archivos, reporte de cambios, directorio de participantes y lecciones aprendidas, entre otros documentos.

**CAPITULO 4. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE  
LA METODOLOGÍA PARA PROYECTO DE  
AUTOMATIZACIÓN ELÉCTRICA.**

## **4.1 PROYECTO INTEGRAL.**

En este capítulo se realizara la integración de la metodología de administración de proyectos del PMIBOOK mencionada en el capítulo primero y la metodología de los proyectos de automatización eléctrica mencionada en el capítulo tercero, aplicándolas en un ejemplo real de un proyecto para comprobar los beneficios de tener un método que administre tantos los recursos humanos, técnicos, y financieros que nos llevaran a realizar un proyecto exitoso.

Este ejemplo se tomara de la industria automotriz del estado de Puebla, de la empresa Volkswagen de México la cual maneja cientos de proyectos de esta índole.

La aplicación de esta metodología se llevara a cabo para el proyecto “Almacén automático de carrocerías para N21”.

De los puntos del 1 al 9 se aplicara la metodología del PMIBOOK en la gestión del proyecto:

1. Definición del Alcance del proyecto.
2. Plan de Plazos del proyecto.
3. Costos del proyecto.
4. Gestión de la Calidad del proyecto.
5. Recursos Humanos del proyecto.
6. Gestión de la Comunicaciones del proyecto.
7. Riesgos del proyecto.

8. Adquisiciones del proyecto.

La segunda parte de la metodología de los puntos 10 al 25 se aplicara la parte técnica del proyecto del que se habló en el capítulo tercero:

9. Estudiar el diseño mecánico de la máquina o proceso a automatizar.

10. Realizar un diagrama de flujo del proceso.

11. Definir los requerimientos del sistema.

12. - Definir los elementos de seguridad del sistema.

13. Definición del Hardware (PLC).

14. Diagramas de control eléctrico.

15. Lista de materiales y su compra.

16. Estimación de costos reales del proyecto.

17. Definir el tipo de comunicación (bus de campo).

18. Definir las interfaces del Sistema.

19. Sistema de control y visualización.

20. Ingeniería de Software.

21. -Ejecución.

22. -Pruebas y puesta en marcha del sistema.

23. - Documentación.

24. -Capacitación.

25. -Cierre del proyecto, firma de protocolo.

Ambas metodologías se integraran en esta tesina con el fin de lograr un proyecto exitoso.

## **4.2 ALCANCE DEL PROYECTO.**

**Nombre del proyecto:** Almacén automático de carrocerías para nave 21 de Volkswagen de México”.

**Preparado por:** Roberto Carlos Terán Cabañas

**Fecha:** Enero 2013.

### **Justificación del proyecto:**

Volkswagen de México realizara una ampliación de sus líneas de producción de los productos Jetta Clásico y Beetle debido a la creciente demanda de sus productos, por lo anterior requiere de la construcción de un almacén automático de carrocerías para nave 21.

Las carrocerías que llegarán a este almacén viene de la nave de pintura no. 3 y de ahí pasan a su área de montaje nave 21, sin embargo para poder realizar una correcta secuencia de sus carrocerías requiere de un proceso previo de almacenaje para poder sortearlas de acuerdo a las necesidades de producción.

### **Descripción del proyecto:**

Se requiere un almacén completamente automático para el segmento PQ34(modelos Jetta Clásico y Beetle) para poder almacenar 200 carrocerías o Skids. El almacén tendrá dos niveles, cada uno con 100 posiciones y contara con un elevador a la entrada y otro a la salida, se contarán con cuatro carros con movimientos traslación y rodillos con tracción para jalar o empujar la carrocería, el controlador PLC del almacén se comunicara con el controlador de la gestión para indicar los lugares dónde se depositarán las carrocerías ó ¿Qué carrocería? deberán salir del almacén. La gestión de este almacén será controlada por el área de control de producción (FIS).

### **Entregables del proyecto:**

- a. Dos plataformas para almacenar 100 carrocerías cada una.
- b. Cuatro carros para cargar la carrocería, con movimientos de traslación y rodillos motorizados para jalar o empujar la carrocería.
- c. Sistema de transporte a través de mesas motorizadas a la entrada y salida del almacén.
- d. Elevadores a la entrada y salida del almacén.
- e. Controlador PLC de la mca. Siemens y sistema de bus de campo profinet.
- f. Motorreductores y variadores de frecuencia serán de la mca. SEW para todos los movimientos del sistema.
- g. La velocidad del sistema será de 24 metros por minuto.
- h. Se considerará todas las acometidas eléctricas a los tableros, para esto presentar la carga total en Kilowatts y la memoria de cálculo.
- i. Tableros de control para todo el sistema, con un método descentralizado.
- j. Para determinar el posicionamiento de las mesas se deberá contar con un sensor de distancia de acuerdo a la longitud del almacén.
- k. Sistema HMI a través de un computadora para visualizar las posiciones de los carros, el estado general del sistema, la ocupación de las mesas, el sistema de bus, los pupitres de control, el estado de las señales entre el PLC y el sistema de administración de FIS. La HMI debe estar programada en el lenguaje de WIN CC.
- l. Licencias de programación.
- m. Documentación técnica.
- n. Capacitación al personal técnico y de operación

**Exclusiones del proyecto.**

El sistema de administración del almacén será ejecutado por el área de control de producción de Volkswagen de México (FIS-VWM). La comunicación entre el sistema FIS y el PLC del almacén de carrocerías se comunicarán por una red Ethernet y un protocolo OPC server.

**Objetivos del proyecto.**

Almacenar 200 carrocerías del segmento PQ34, Jetta A4 y NB y poderlas sortear de acuerdo a las necesidades de producción.

El tiempo de tacto del almacén será de 1.8 minutos, y se tomara en cada salida de carrocerías.

**Costo Estimado.** \$2, 000,000 USD

**Plazos del proyecto:**

Inicio: Enero 2013.

Fin: Diciembre 2013.

**Medidas de calidad. Criterios que determinen la aceptación.**

**Funcionalidad:** Que el sistema funcione de acuerdo a las necesidades de velocidad y tiempos de operación.

**Disponibilidad:** Se requiere una disponibilidad del sistema del 98%.

**Seguridad:** El sistema debe garantizar la operación sin ningún riesgo al personal.

**Robustez:** El sistema debe ser capaz de operar las 24 horas del día los 365 días del año, en una producción continua.

### **4.3 PLAN DE PLAZOS DEL PROYECTO.**

El plan de plazos del proyecto se realizó con el software de Project 2010, en este plan se definieron las 4 etapas básicas del proyecto que son el inicio del proyecto, su planeación, ejecución y cierre, así como las fechas en cada actividad e debería de realizarse y los responsables de cada actividad. Con este plan se estarán monitoreando todas las actividades, sus avances o atrasos, así como evaluar la ruta crítica.

En la figura 4.1 se muestra un resumen general del plan de trabajo del proyecto del almacén de carrocerías. En una junta con todos los involucrados del proyecto se presentó el plan de trabajo para realizar un consenso y determinar los plazos reales del proyecto, así como determinar los riesgos, la entrega de los materiales de importación y la organización de los tiempos de ejecución.

El tener un plan de trabajo es imperativo en un proyecto ya que determina el control del mismo, y es una excelente guía para ordenar las tareas en una secuencia lógica.

El líder del proyecto es quien administra el plan, reúne al equipo del proyecto y asigna las tareas, este plan cubrió todas las expectativas y fue de gran ayuda para tener una perfecta coordinación con todos los grupos involucrados.

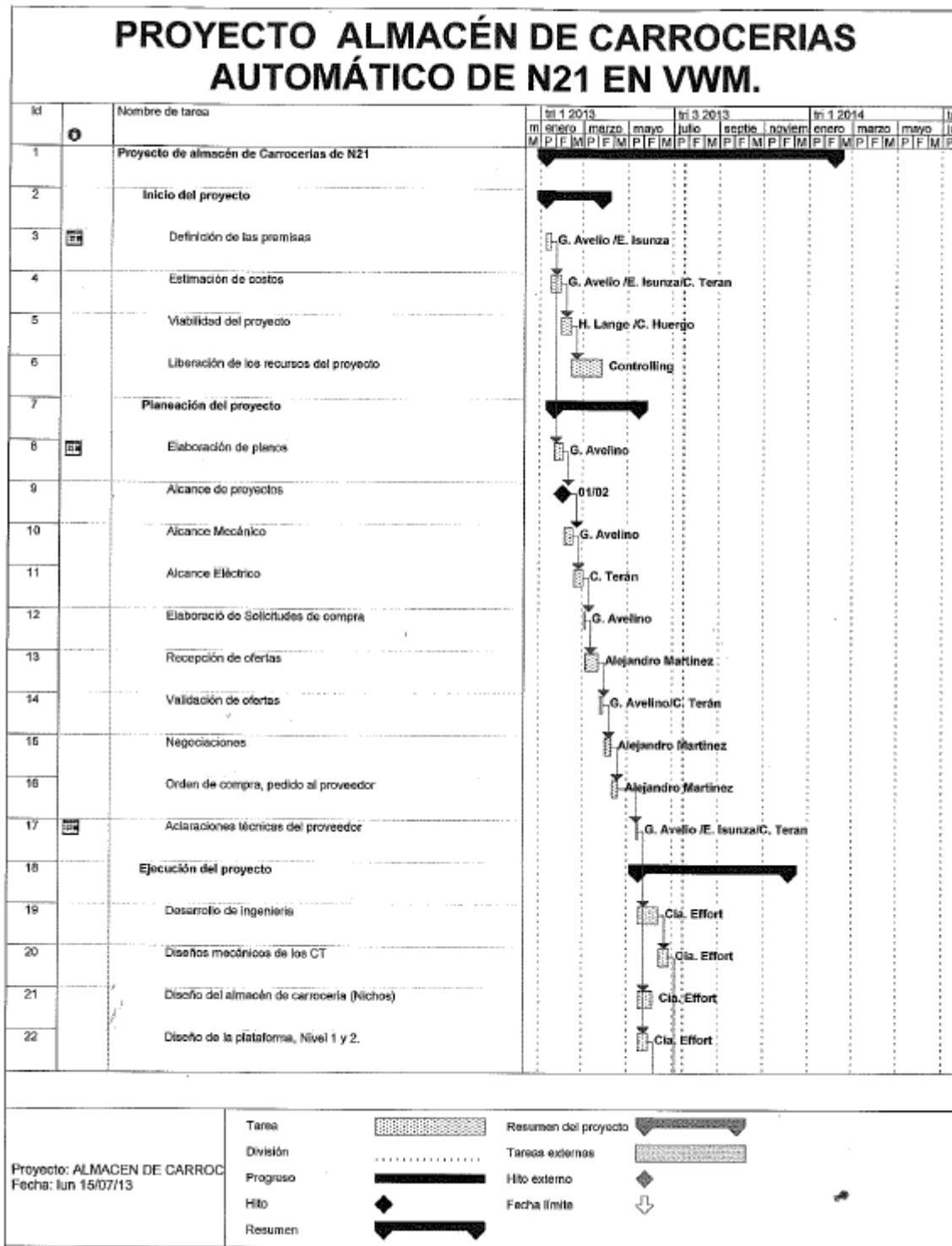


Figura 4.1 Plan de trabajo del proyecto de almacén de carrocerías de VWM N21.

## **4.4 GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL PROYECTO.**

### **Descripción del sistema de calidad del proyecto.**

Para el proyecto de automatización del almacén de carrocerías se utilizarán las normas de construcción eléctricas que la propia empresa Volkswagen AG ha desarrollado y se complementarán con las normas oficiales mexicanas que apliquen.

Normas del consorcio de Volkswagen –AG.

- B.V. 1.11      Proyectos Eléctricos.
  
- B.V. 1.11F     Lista de material liberado.
  
- B.V. 5.11      Montajes de instalaciones eléctricas.
  
- B.V. 5.12      Documentación eléctrica.
  
- B.V. 5.13      Técnica de mando.
  
- B.V. 8.02      Maquinas, maquinaria, instalaciones y dispositivos para VWM.
  
- 8-LE-0001     Técnicas de accionamientos.

Normas oficiales mexicanas:

- NOM-001-SEDE-2012      Instalaciones eléctricas (utilización).
  
- NOM-025-STPS-2008      Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.
  
- NOM-022-STPS-2008      Electricidad estática en los centros de trabajo.

**Procedimientos:**

Se utiliza el procedimiento interno de Volkswagen de México para el desarrollo de una planeación.

**Control de calidad:**

Para el control de la calidad se realiza a través del siguiente plan.

1. Elaborar un plan de actividades.
2. Revisión y validación de los conceptos, entregables y responsables por el cliente.
3. Validar la ingeniería y conceptos eléctricos con los especialistas de VWM, área de planeación y mantenimiento.
4. Visitas al área para validar lo planeado contra lo ejecutado.
5. Realizar juntas semanales para evaluar avances de la instalación.

**Aseguramiento de la calidad:**

Se realizan listas de verificación para asegurar que el proveedor haya cumplido con las normas mencionadas.

1. Lista de verificación para instalaciones eléctricas.

2. Lista de verificación para variadores de frecuencia.
3. Lista de verificación para seguridades eléctricas.
4. Lista de verificación para el Hardware del PLC.
5. Lista de verificación para el Software del PLC.
6. Lista de verificación del sistema de Visualización.

## 4.5 GESTIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS DEL PROYECTO.

El proyecto contara con la siguiente estructura de recursos humanos de acuerdo a la figura 4.2, dentro de la organización de Volkswagen de México, involucrando las áreas de planeación, mantenimiento, producción, compras, sistemas de transporte y redes industriales.

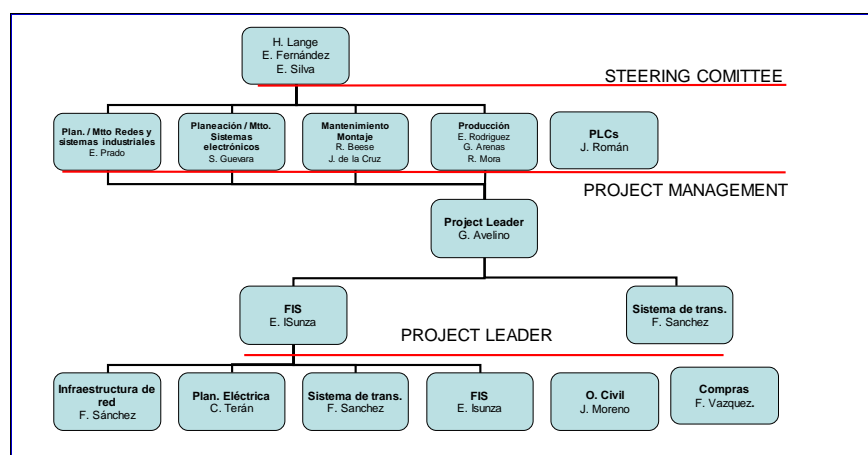


Figura 4.2 Organigrama de proyecto de almacén de carrocerías de VWM N21.

Además se integra la estructura de recursos humanos que contara el proveedor EFFORT para ejecutar la obra, de acuerdo a la figura 4.3.

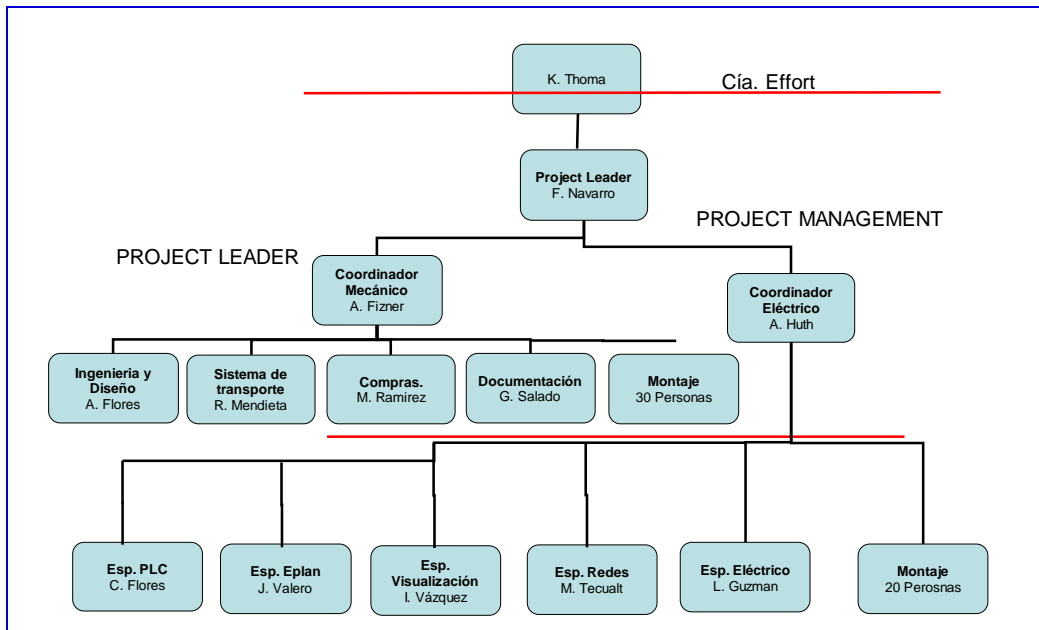


Figura 4.3 Organigrama de Cía. Effort para el proyecto de almacén de carrocerías de VWM.

## 4.6 PLAN DE COMUNICACIÓN DEL PROYECTO.

En la tabla 4.1 se muestra el plan de comunicación para el proyecto del almacén de carrocerías de N21 de VWM que se utilizó para mantener informado y comunicado a los involucrados del proyecto, managers, clientes, equipo, proveedores.

<b>Nombre del proyecto:</b> Almacén automático de carrocerías para nave 21 de Volkswagen de México”.						
<b>Realizo:</b> Roberto Carlos Terán Cabañas.						
<b>Fecha:</b> Enero 2013.						
<b>Involucrados en el proyecto.</b>	<b>Información</b>		<b>Métodos de comunicación.</b>	<b>Presentación de la información.</b>	<b>Calendario de información.</b>	<b>Otros</b>
<b>Cliente</b>	Estatus general		Reuniones	Formato	Mensual	
<b>Líder del proyecto</b>						
<b>Patrocinador</b>	Estatus general y financiero.		Correo electrónico y reuniones.	Formato	Mensual	
<b>Equipo del proyecto.</b>	Estatus general, financiero		Reuniones y correo electrónico.	Formato, minutas, plazos.	Semanal	
<b>Empleados</b>	Estatus general.		Correo electrónico.	Formato	Mensual	
<b>Proveedores.</b>	Fijación de metas, plazos, definiciones.		Reuniones y correo electrónico.	Formato, minutas, project.	Semanal	

**Tabla 4.1 Plan de comunicación para el proyecto del almacén de carrocerías de N21.**

## **4.7 RIESGOS DEL PROYECTO.**

De acuerdo a la tabla 4.2 de análisis de riesgo se muestra que el mayor riesgo existe en las ventanas de tiempo de instalación, ya que las preparaciones y la ejecución del proyecto se tienen

que realizar en fines de semana y días en que no haya producción, así como el tema de la refacciones del sistema que se vuelve crítico en caso de que se arranque el sistema y las refacciones no estén en planta Volkswagen de México, ya que esto traería un paro de producción.

Identificación del Riesgo	Cuantificación del Riesgo								Respuesta al Riesgo				Control del Riesgo		
	Probabilidad de Ocurrencia				Impacto Potencial				Acción	Costo				Acción ejecutada	Responsable
	A	M	B	%	A	M	B	%		\$	A	M	B		
Que no se tengan los materiales de importación en semana 25/2013.									Se deben tener la ingeniería en semana 05/2013 y realiar la colocación de pedido a los fabricantes en semana08/2013.					Se debe tener confirmación por escrito de los tiempos de entrega del fabricante.	Effort / Carlos Teran por VWM
Personal calificado para las tecnologías utilizadas.									Capacitar al personal en las tecnologías utilizadas: Profinet en cobre y redes industriales inalámbricas. Comunicación vía OPC server.					Se preparan cursos de capacitación para los proveedores con los fabricantes de la tecnología.	Effort / Carlos Teran por VWM
Cumplimiento del plazo para semana 50/2013.									Realizar plan de trabajo y darle seguimiento puntual a la ruta crítica.					Realizar juntas semanales con los participantes del proyecto.	Carlos Terán por VWM
Ventana de tiempo de instalación.									Coordinación con producción para intervención en horas adecuadas para puesta en marcha. Contratación de 2 o más proveedores para la preparación de la infraestructura de PLC's. Sincronización de actividades en juntas de seguimiento.					Hacer un calendario con los días disponibles para la instalación, pruebas y puesta en marcha del sisteam.	Carlos Terán por VWM
Disponibilidad del personal.									Incentivar al personal para que permanezca en el proyecto hasta finalizar sus actividades.					No involucrar al personal en otros proyectos y darles una gratificación al final del proyecto.	Effort / Carlos Teran por VWM
Falta de refacciones									Dar de alta las refacciones del sistema y comprarlas en semana 32/2013 para asegurar tenerlas en VWM en semana 50/2013.					Se ubican las refacciones críticas del sistemas y se solicita un lote al proveedor.	Effort / Carlos Teran por VWM

A = Alto  
M = Medio  
B = Bajo

**Tabla 4.2 Análisis de riesgo del proyecto de almacén de carrocerías de N21.**

## 4.8 ADQUISICIONES DEL PROYECTO.

Volkswagen de México genera las siguientes órdenes de compra:

2. OC 45000462512 Adecuaciones a la obra civil y estructuras de la nave 21. Cía. Alhemos.
3. OC 4500489256 Instalación mecánica y eléctrica del almacén de carrocerías de N21. Cía. EFFORT.
4. OC 4500489698 Suministro de materiales de importación para cía. EFFORT.
5. OC 45004825236 Instalación de la red industrial para almacén de carrocerías N21. Cía. BAUER.
6. OC 4500499192 Sistema de gestión de carrocerías en el almacén de carrocerías de N21. T-Systems.

En las órdenes de compra (OC) mencionadas se realizan los contratos con cada proveedor, estableciéndose las condiciones de trabajos, plazos, entregas de materiales, pagos, penalizaciones, políticas de seguridad industrial, etc.

## **4.9. DISEÑO MECÁNICO DE LA MÁQUINA O PROCESO A AUTOMATIZAR.**

### **4.9.1 Descripción del sistema.**

Se requiere automatizar un sistema de almacenamiento de carrocerías para el segmento PQ34 (Jetta clásico y Beetle) de la empresa Volkswagen de México en su nave 21, de acuerdo a las siguientes bases.

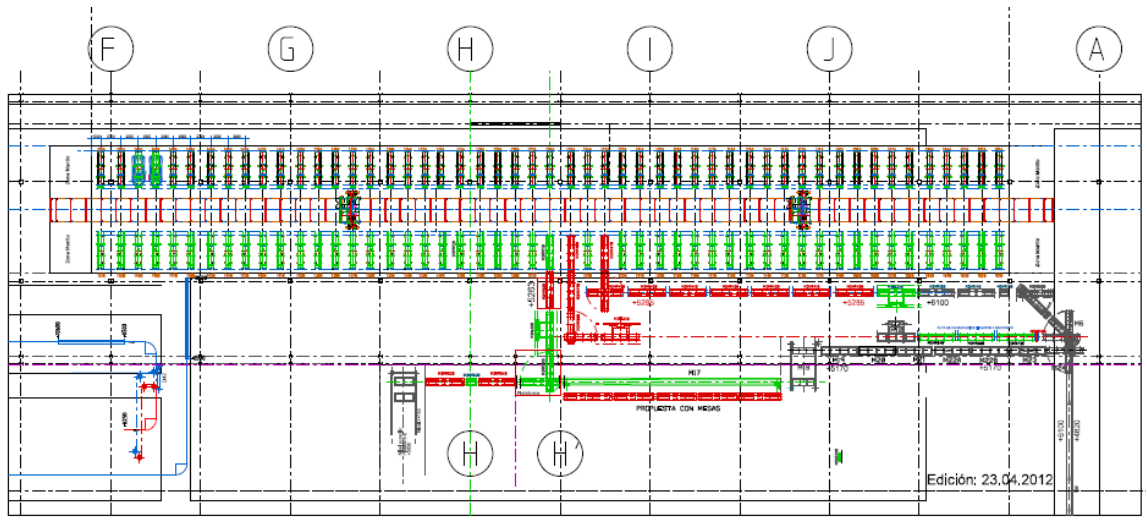
- a) Las carrocerías Jetta clásico y Beetle salen de la línea de pintura no. 4 de la nave 3 y son transportadas por un sistema de mesas de rodillos llamado Skid, las cuales son

trasladadas a la nave 20 para su almacenamiento. Se requiere integrar una mesa giratoria en el transportador transversal K63 de nave 20 para desviar las carrocerías a la nave 21.

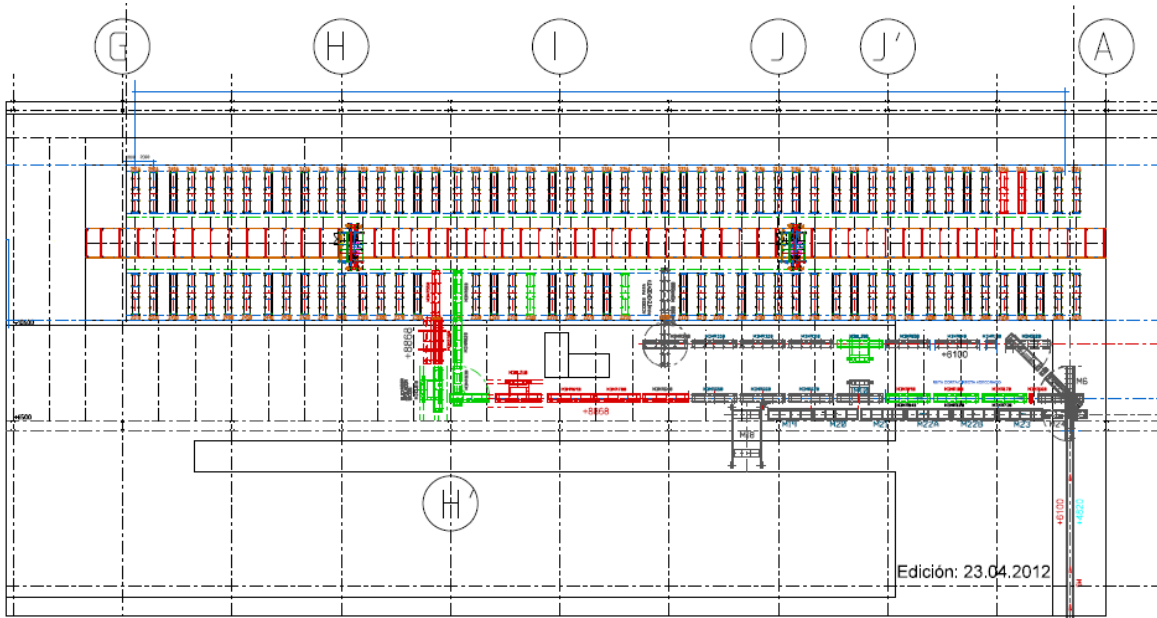
- b) Para poder llevar las carrocerías de la nave 20 a la nave 21 se requieren instalar 2 mesas de giro a 90°, dos mesa elevadiza de tijera, doce mesas de rodillo y una mesa transversal de acuerdo al plano no. 1.
- c) El sistema de mesas del punto anterior se conectara con las mesas de rodillo existentes del tablero M2 que llevan las carrocerías a nave 21.
- d) Las carrocerías llegaran a nave 21 en la última mesa del tablero M2, y ahí se deben instalar las nuevas mesas de rodillo para poder llegar al nuevo almacén de carrocerías.
- e) El sistema de control de producción (FIS) será el encargado de realizar la gestión de las carrocerías y estará intercambiando señales con el controlador del sistema de transporte de almacén.
- f) A la entrada del almacén se instalara un elevador para poder distribuir las carrocerías en dos niveles.
- g) El primer nivel del almacén de carrocerías se instalara a una altura de +5,263mm. En este nivel se deben instalar 98 mesas de rodillos no motorizadas, y 2 carros motorizados para la distribución de las carrocerías. Las mesas estarán distribuidas

en dos lados de 49 mesas por lado de acuerdo al plano de distribución de la figura 4.3.

- h) El segundo nivel del almacén de carrocerías se instalara a una altura de +8,868mm. En este nivel se deben instalar 99 mesas de rodillos no motorizadas, y 2 carros motorizados para la distribución de las carrocerías. Las mesas estarán distribuidas en dos lados de 50 mesas por lado y 49 de otro lado de acuerdo al plano de distribución de la figura 4.4.
- i) Para la salida del almacén se deben instalar en el nivel +5,263mm 2 mesas de rodillo motorizadas, un elevador para subir las carrocerías al nivel +8,868mm.
- j) Para la salida del almacén se deben instalar en el nivel +8,868mm 2 mesas de rodillo motorizadas y 6 mesas de rodillo.
- k) El final del proyecto termina con la entrega de las carrocerías al elevador M10 que bajas las carrocerías a la línea de producción del montaje de nave 21.
- l) La velocidad de las mesas del sistema de transporte debe ser a 42 m por minuto y su tiempo de ciclo por cada salida de carrocería debe ser de 66 segundos. El tiempo de ciclo del almacén se considera una entrada y una salida de carrocerías.



**Figura 4.4. Plano de distribución de carrocerías del nivel +5,263mm de Volkswagen de México.**



**Figura 4.5. Plano de distribución de carrocerías del nivel +8,868 mm de Volkswagen de México.**

#### **4.9.2 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.**

Entrada de carrocerías al almacén: El sistema FIS deberá leer el código de barras de cada carrocería y enviar la información al elevador de entrada para determinar en qué nivel se almacenara.

Almacenamiento de carrocerías: Una vez que la carrocería llegue a la mesa de entrada del almacén, el sistema de transporte deberá leer el código de barras de cada carrocería y enviar el dato al sistema FIS y este consultara en su base de datos y enviara un destino de almacenamiento a los carros motorizados y estos llevaran a la coordenada donde se encuentre la mesa para depositar la carrocería.

Des-almacenamiento de carrocerías: El sistema FIS enviara una señal de des-almacenamiento al sistema de transporte del almacén y este enviara a su carro motorizado a las coordenadas para poder extraer la carrocería de su mesa y enviarla a las mesas de salida del almacén.

Salida de carrocerías del almacén: El sistema de transporte tomara la carrocería en las mesas de salida y a través de las mesas que se ubican a la salida del almacén llevaran la carrocería hasta el elevador M10 que baja las carrocerías a la línea de montaje.

#### **4.9.3 DIVIDIR EL PROCESO.**

El proceso se dividirá por la geografía del sistema más que por su función, ya que el sistema ocupa una gran cantidad de área y su función de traslado de carrocerías no es compleja.

El sistema se dividirá en 7 partes:

1. Mesas de traslado de carrocerías de nave 20 a nave 21.
2. Mesas de entrada al almacén.
3. Mesas del almacén del Nivel 5,263mm.
4. Carros motorizados de posicionamiento del nivel 5,263mm.
5. Mesas del almacén del Nivel 8,868mm.
6. Carros motorizados de posicionamiento del nivel 8,868mm.
7. Mesas de salida del almacén del Nivel 5,263mm.
8. Mesas de salida del almacén del Nivel 8,868mm.

Para iniciar con orden todo un sistema de automatización se debe acordar una nomenclatura para poder nombrar a los grupos del sistema y poderlos identificar de una manera sencilla. Por ejemplo para el punto no. 1, su tablero de control se llamara K5, debido a que los tableros de nave 20 se llaman K1,K2,K3,K4 y a este nuevo tablero se le dará el siguiente número consecutivo, por tal razón al grupo completo de mesas se llamarán K200 y a partir de ahí estableceremos las nomenclaturas y se agruparán las mesas del sistema de transporte, también considerando sus pupitres de control.

La tabla 4.3 y 4.4 se definirán las nomenclaturas del sistema y la definición de sus tableros de control ó pupitres de control:

<b>Almacén de carrocerías de nave 21 de Volkswagen de México.</b>			
No.1	<b>Proceso de salida de carrocerías de N20.</b>		
	Equipo	Nomenclatura	Descripción
	Mesa de giro a 90°	K200	Desvío de carrocerías PQ34 de N20 a N21
	Mesa de rodillo	K201	mesa de paso
	Mesa de rodillo	K202	mesa de paso
	Mesa de giro a 90°	K203	mesa de paso
	Mesa de rodillo	K204	mesa de paso
	Mesa de rodillo	K204	mesa de paso
	Mesa de rodillo	K206	mesa de paso
	Mesa de rodillo	K207	mesa de paso
	Mesa de rodillo	K208	mesa de paso
	Mesa de rodillo	K209	mesa de paso
	Mesa de rodillo	K210	mesa de paso
	Mesa de rodillo	K211	mesa de paso
	Mesa de rodillo	K212	mesa de paso
	Mesa de rodillo	K213	mesa de paso
	Mesa transversal	K214	mesa de paso
	Mesa de rodillo	K214.1	mesa de paso
	Mesa de elevación y rodillo.	K214.2	transferencia de carrocería al sistema de transporte del K5 al M1.
			Pupitres de control
			PK5-200
			PK5-200
			PK5-200
			PK5-204
			PK5-204
			PK5-204
			PK5-204
			PK5-204
			PK5-209
			PK5-209
			PK5-209
			PK5-209
			PK5-209
			PK5-214
			PK5-214
			PK5-214
No.2	<b>Proceso de entrada general al almacén de nave 21.</b>		
	Equipo	Nomenclatura	Descripción
	Mesa de giro 45°	M3.120	Desvío de carrocerías PQ34 de N20 a N21
	Mesa de rodillo	M3.130	mesa de paso
	Mesa de rodillo	M3.140	mesa de paso
	Mesa de rodillo	M3.150	mesa de paso
	Elevador	M3.200	Elevador al nivel 5,263 ó 8,868mm
			Pupitres de control
			PM3-100
			PM3-100
			PM3-100
			PM3-100
			PM3-200
No.3	<b>Proceso de entrada de carrocerías de nave 21, nivel 5,263mm.</b>		
	Equipo	Nomenclatura	Descripción
	Mesa de rodillo	M3.1010	Entrada al almacén nivel 5,263mm
	Mesa de rodillo	M3.1020	mesa de paso
	Mesa de rodillo	M3.1030	mesa de paso
	Mesa de rodillo	M3.1040	mesa de paso
	Mesa de rodillo	M3.1050	mesa de paso
	Mesa de giro a 90°	M3.1110	mesa de paso
	Mesa de rodillo	M3.1120	mesa de paso
	Mesa de rodillo	M3.1130	mesa de entrada a la zona de nichos.
			Pupitres de control
			PM3.1000
			PM3.1000
			PM3.1000
			PM3.1000
			PM3.1000
			PM3.1100
			PM3.1100
			PM3.1100

**Tabla 4.3 División de procesos y definición de nomenclaturas.**

<b>No.4 Carros motorizados del nivel 5,263mm.</b>			
Equipo	Nomenclatura	Descripción	Pupitres de control
Carro motorizado	M3 CT 1400	Carro motorizado para traslado de carrocerías	PM3.1400
Carro motorizado	M3 CT 1500	Carro motorizado para traslado de carrocerías	PM3.1500
<b>No.5 Proceso de entrada de carrocerías de nave 21, nivel 8,868mm.</b>			
Equipo	Nomenclatura	Descripción	Pupitres de control
Mesa de rodillo	M3.310	Entrada al almacén del nivel 8,868mm	PM3.300
Mesa de rodillo	M3.320	mesa de paso	PM3.300
Mesa de rodillo	M3.330	mesa de paso	PM3.300
Mesa de giro a 90°	M3.340	mesa de paso	PM3.300
Mesa de rodillo	M3.360	mesa de entrada a la zona de nichos.	PM3.300
<b>No.6 Carros motorizados del nivel 8,868mm.</b>			
Equipo	Nomenclatura	Descripción	Pupitres de control
Carro motorizado	M3 CT 400	Carro motorizado para traslado de carrocerías	PM3.1400
Carro motorizado	M3 CT 500	Carro motorizado para traslado de carrocerías	PM3.1500
<b>No.7 Proceso de salida de carrocerías de nave 21, nivel 5,263mm.</b>			
Equipo	Nomenclatura	Descripción	Pupitres de control
Mesa de rodillo	M3.1210	Entrada al almacén del nivel 8,868mm	PM3.1200
Mesa de rodillo	M3.1220	mesa de paso	PM3.1200
Mesa de giro a 90°	M3.1230	mesa de paso	PM3.1200
Elevador	M3.1300	Elevador al nivel 8,868mm	PM3.1300
<b>No.8 Proceso de salida de carrocerías de nave 21, nivel 8,868mm.</b>			
Equipo	Nomenclatura	Descripción	Pupitres de control
Mesa de rodillo	M3.610	Entrada al almacén del nivel 8,868mm	PM3.600
Mesa de rodillo	M3.620	mesa de paso	PM3.600
Mesa de giro a 90°	M3.630	mesa de paso	PM3.600
Mesa de rodillo	M3.640	mesa de paso	PM3.600
Mesa de rodillo	M3.650	mesa de paso	PM3.600
Mesa de rodillo	M3.660	mesa de paso	PM3.600
Mesa de rodillo	M3.670	mesa de paso	PM3.600
Mesa de rodillo	M3.680	mesa de paso	PM3.600
Mesa de rodillo	M3.690	mesa de paso	PM3.600

**Tabla 4.4 División de procesos y definición de nomenclaturas.**

## 4.10. DIAGRAMA DE FLUJO DEL ALMACENAMIENTO DE CARROCERIAS DE N21.

La figura 4.6 muestra el flujo del proceso de las carrocerías desde que salen de la nave 3 de pintura y hasta la N21. Las indicaciones K y M significan los nombres de los tableros de control de cada sistema de transporte.

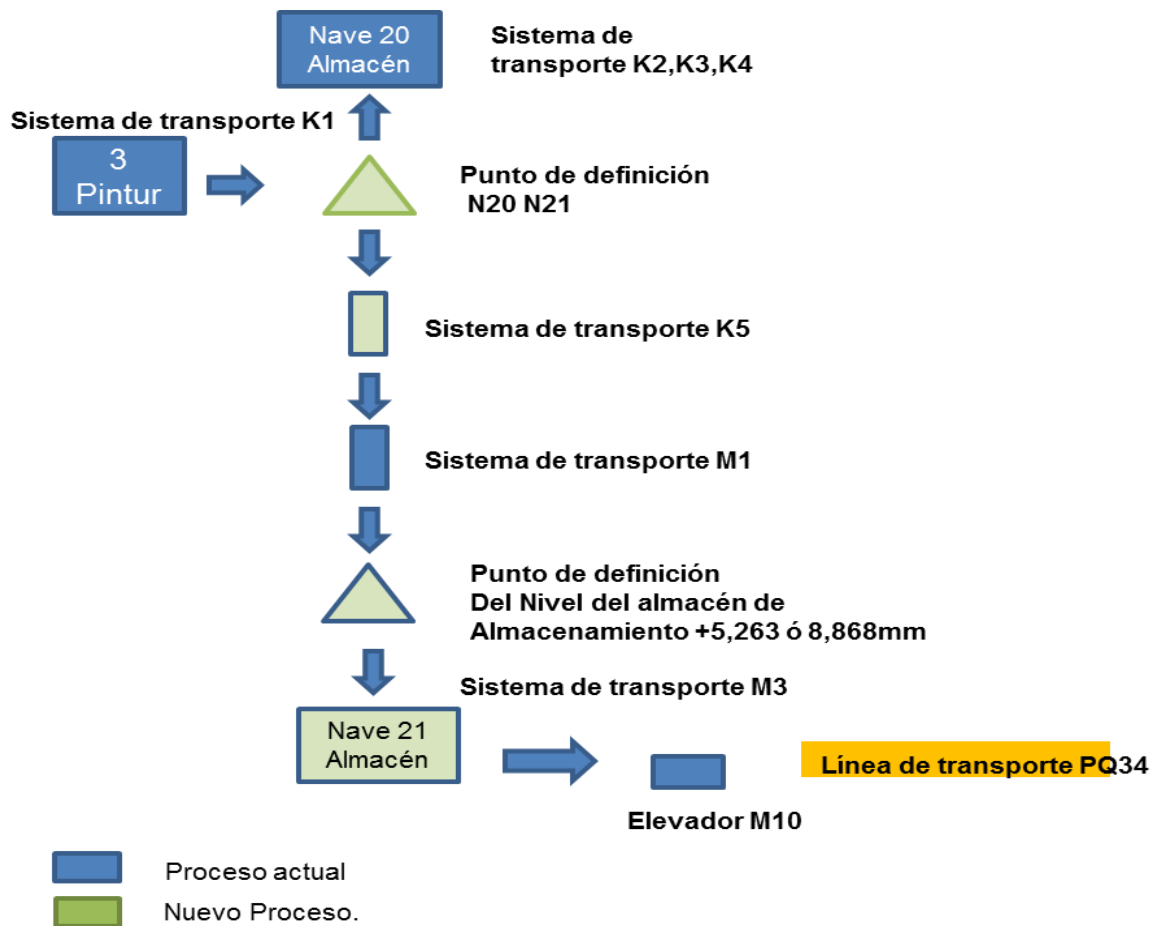


Figura 4.6 Diagrama de Flujo del sistema de transporte de almacenamiento de carrocerías de nave 3 a nave 21 de Volkswagen de México.

#### 4.11. DEFINIR LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DEL ALMACÉN DE CARROCERIAS DE N21.

A continuación se definirán la cantidad de motores, su potencia, el tipo de sensores a utilizar, los variadores de frecuencia que son muy utilizados en los sistemas de transporte, así como sus pupitres de control. Con la información anterior podremos tener un panorama general de los materiales a utilizar en el sistema, así como una potencia estimada que se tendrá en el tablero. En las tablas 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8 se muestra los elementos principales del sistema eléctrico.

Almacén de carrocerias de nave 21 de Volkswagen de México.									
No.1	Proceso de salida de carrocerias de N20.								
Equipo	Nomenclatura	Pupitres de control	Motores			Sensores	Variadores		
			KW	Volts	Conexión				
1	Mesa de giro a 90°	K200	PK5-200	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
2	Mesa de rodillo, giro90°		PK5-200	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
3	Mesa de rodillo	K201	PK5-200	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
4	Mesa de rodillo	K202	PK5-200	5.5	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
5	Mesa de giro a 90°	K203	PK5-204	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
6	Mesa de rodillo, giro90°		PK5-204	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
7	Mesa de rodillo	K204	PK5-204	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
8	Mesa de rodillo	K204	PK5-204	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
9	Mesa de rodillo	K206	PK5-204	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
10	Mesa de rodillo	K207	PK5-204	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
11	Mesa de rodillo	K208	PK5-204	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
12	Mesa de rodillo	K209	PK5-209	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
13	Mesa de rodillo	K210	PK5-209	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
14	Mesa de rodillo	K211	PK5-209	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
15	Mesa de rodillo	K212	PK5-209	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
16	Mesa de rodillo	K213	PK5-209	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
17	Mesa transversal	K214	PK5-214	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
18	Mesa de rodillo	K214.1	PK5-214	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
19	Mesa de elevación	K214.2	PK5-214	5.5	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit5.5KW	
20	Mesa de rodillo.	K214.2	PK5-214	0.55	3F-440	Motor0.55K	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW	
Suma de la Potencia en KW				20.9					

**Tabla 4.5 Elementos eléctricos principales en el sistema de transporte del proyecto.**

No.2 Proceso de entrada general al almacén de nave 21.								
	Equipo	Nomenclatura	Pupitres de control	Motores			Sensores	Variadores
				KW	Volts	Conexión		
21	Mesa de giro 45°	M3.120	PM3-100	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
22	Mesa giro 45°, rodillo		PM3-100	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
23	Mesa de rodillo	M3.130	PM3-100	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
24	Mesa de rodillo	M3.140	PM3-100	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
25	Mesa de rodillo	M3.150	PM3-100	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
26	Elevador rodillos	M3.200	PM3-200	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
27	Elevador elevación		PM3-200	5.5	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movidrive5.5KW
28	Elevador enclavamiento		PM3-200	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	No aplica
Suma de la Potencia en KW				9.35				
No.3 Proceso de entrada de carrocerías de nave 21, nivel 5,263mm.								
	Equipo	Nomenclatura	Pupitres de control	Motores			Sensores	Variadores
				KW	Volts	Conexión		
29	Mesa de rodillo	M3.1010	PM3.1000	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
30	Mesa de rodillo	M3.1020	PM3.1000	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
31	Mesa de rodillo	M3.1030	PM3.1000	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
32	Mesa de rodillo	M3.1040	PM3.1000	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
33	Mesa de rodillo	M3.1050	PM3.1000	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
34	Mesa de giro a 90°	M3.1110	PM3.1100	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
35	Mesa giro 90°, rodillo		PM3.1100	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
36	Mesa de rodillo	M3.1120	PM3.1100	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
37	Mesa de rodillo	M3.1130	PM3.1100	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
Suma de la Potencia en KW				4.95				
No.4 Carros motorizados del nivel 5,263mm.								
	Equipo	Nomenclatura	Pupitres de control	Motores			Sensores	Variadores
				KW	Volts	Conexión		
39	Carro motorizado (CM).	M3 CT 1400	PM3.1400					
40	CM Traslación		PM3.1400	4	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movidrive 8 KW
41	CM aproximación		PM3.1400	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
42	CM rodillos adelante		PM3.1400	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
43	CM rodillos atrás		PM3.1400	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
44	Carro motorizado	M3 CT 1500	PM3.1500					
45	CM Traslación		PM3.1500	4	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movidrive 8 KW
46	CM aproximación		PM3.1500	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
47	CM rodillos adelante		PM3.1500	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
48	CM rodillos atrás		PM3.1500	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
Suma de la Potencia en KW				11.3				

**Tabla 4.6 Elementos eléctricos principales en el sistema de transporte del proyecto.**

No.5 <b>Proceso de entrada de carrocerías de nave 21, nivel 8,868mm.</b>								
Equipo	Nomenclatura	Pupitres de control	Motores			Sensores	Variadores	
			KW	Volts	Conexión			
49	Mesa de rodillo	M3.310	PM3.300	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
50	Mesa de rodillo	M3.320	PM3.300	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
51	Mesa de rodillo	M3.330	PM3.300	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
52	Mesa de giro a 90°	M3.340	PM3.300	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
53	Mesa giro 90°, rodillo		PM3.300	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
54	Mesa de rodillo	M3.360	PM3.300	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
Suma de la Potencia en KW				3.3				
No.6 <b>Carros motorizados del nivel 8,868mm.</b>								
Equipo	Nomenclatura	Pupitres de control	Motores			Sensores	Variadores	
			KW	Volts	Conexión			
55	Carro motorizado (CM).	M3 CT 400	PM3.400					
56	CM Traslación		PM3.400	4	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movidrive 8 KW
57	CM aproximación		PM3.400	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
58	CM rodillos adelante		PM3.400	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
59	CM rodillos atrás		PM3.400	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
60	Carro motorizado	M3 CT 500	PM3.500					
61	CM Traslación		PM3.500	4	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movidrive 8 KW
62	CM aproximación		PM3.500	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
63	CM rodillos adelante		PM3.500	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
64	CM rodillos atrás		PM3.500	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
Suma de la Potencia en KW				11.3				
No.7 <b>Proceso de salida de carrocerías de nave 21, nivel 5,263mm.</b>								
Equipo	Nomenclatura	Pupitres de control	Motores			Sensores	Variadores	
			KW	Volts	Conexión			
65	Mesa de rodillo	M3.1210	PM3.1200	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
66	Mesa de rodillo	M3.1220	PM3.1200	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
67	Mesa de giro a 90°	M3.1230	PM3.1200	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
68	Mesa giro 90°, rodillo		PM3.1200	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
69	Elevador rodillos	M3.1300	PM3-1300	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
70	Elevador elevación		PM3-1300	5.5	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movidrive5.5KW
71	Elevador enclavamiento		PM3-1300	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	No aplica
Suma de la Potencia en KW				8.8				

**Tabla 4.7 Elementos eléctricos principales en el sistema de transporte del proyecto.**

No.8	Proceso de salida de carrocerías de nave 21, nivel 8,868mm.						Sensores	Variadores
	Equipo	Nomenclatura	Pupitres de control	Motores				
				KW	Volts	Conexión		
72	Mesa de rodillo	M3.610	PM3.600	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
73	Mesa de rodillo	M3.620	PM3.600	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
74	Mesa de giro a 90°	M3.630	PM3.600	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
75	Mesa giro 90°, rodillo		PM3.600	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
76	Mesa de rodillo	M3.640	PM3.600	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
77	Mesa de rodillo	M3.650	PM3.600	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
78	Mesa de rodillo	M3.660	PM3.600	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
79	Mesa de rodillo	M3.670	PM3.600	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
80	Mesa de rodillo	M3.680	PM3.600	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
81	Mesa de rodillo	M3.690	PM3.600	0.55	3F-440	Delta	Inductivos 16mm	Movifit1.1KW
Suma de la Potencia en KW				5.5				
Potencia total en KW para el tablero K5			20.9 KW					
Potencial total en KW para el tablero M3			54.5 KW					

**Tabla 4.8 Elementos eléctricos principales en el sistema de transporte del proyecto.**

Ahora se sabe que el sistema funcionara con 81 motores y que cada motor tendrá variación de velocidad y que de acuerdo al material al producto que es metálico estaremos utilizando sensores inductivos de un rango de 40mm. Además se determinó la potencia instalada en KW que es un dato muy importante para el dimensionamiento de los circuitos de acometida, las protecciones y los circuitos de distribución de cada pupitre, los cuales se verán a detalle en los diagramas eléctricos.

El tablero K5 tendrá una carga instalada de 20.9 KW y el tablero M3 tendrá una carga de 54.5 KW, y el nivel de tensión que se manejara para los accionamientos será de 440 Volts, con estos datos podemos definir los requerimientos del sistema de suministro eléctrico. En el caso de Volkswagen de México se tiene la disponibilidad de las potencias mencionadas en las subestaciones y en los tableros de distribución.

Los datos anteriores serán de gran importancia para el proyecto ya que se puede iniciar con la compra de motores, variadores de frecuencia, sensores, alimentadores, etc. y con esto asegurar la entrega de los mismos.

## 4.12. DEFINIR LAS SEGURIDAD DEL SISTEMA DEL ALMACÉN DE CARROCERIAS DE N21.

Para este proyecto se utilizara la evaluación del riesgo y las medidas de seguridad de acuerdo con IEC 62061. En la tabla 4.9 se podrá observar el análisis de riesgo que se definió de este proyecto.

Evaluación del riesgo y medidas de seguridad.										
Producto	Almacén elevado de carrocerías de nave 21 de Volkswagen de México					Documentato No.	PEL 254/2013			
Emitido por:	Carlos Teran					Negro	Medidas de seguridad requeridas			
Fecha	10 de Abril del 2013					Gris	Medidas de seguridad recomendadas			
Consecuencia	Severidad	Clase CI					Frecuencia y duración, Fr	Probabilidad del evento de peligro, Pr	Probabilidad de evitar el riesgo, Av	
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15				
Muerte, pérdida de ojos o brazos.	4	SIL2	SIL2	SIL2	SIL3	SIL3	<= 1hr	5 Común	5	
Permanente, pérdida de dedos	3		OM	SIL1	SIL2	SIL3	>1hr -<= 1 d	5 propable	4	
Reversible, atención medica	2			OM	SIL1	SIL2	>1d-<= 2 sem	4 Posible	3 Imposible	5
Reversible, primeros auxilios.	1				OM	SIL1	>2sem-<=1Me	3 A veces	2 Posible	3
							>1Mes	2 Despreciable	1 Probable	1
No. Pelig. No.	Descripción del peligro	Se	Fr	Pr	Av	CI	Medida de seguridad	Seguridad		
1	M3-200 Elevador-Aplastamiento	4	5	3	3	11	SIL3	Colocación de barreras de luz		
2	M3-CT1400 Carro-Aplastamiento	4	5	3	3	11	SIL3	Colocación de Scanner ambos lados		
3	M3-CT1500 Carro-Aplastamiento	4	5	3	3	11	SIL3	Colocación de Scanner ambos lados		
4	M3-CT400 Carro-Aplastamiento	4	5	3	3	11	SIL3	Colocación de Scanner ambos lados		
5	M3-CT500 Carro-Aplastamiento	4	5	3	3	11	SIL3	Colocación de Scanner ambos lados		
6	M3-1300 Elevador-Aplastamiento	4	5	3	3	11	SIL3	Colocación de barreras de luz		
7	K201 Mesa de rodillo-atoramiento	2	4	2	3	9	OM	Paro de emergencia en pupitre		
Comentarios										
Se evalua la mesas K201 de rodillo simple como ejemplo para el resto de las mesas de giro a 90°, mesas elevadizas y mesas transversales, y de acuerdo a la evaluación se instalara como medio de seguridad para las mesas mencionadas un paro de emergencia en cada pupitre.										

**Tabla 4.9 Evaluación del riesgo y medidas de seguridad en el proyecto del almacén de carrocerías de N21.**

De acuerdo con el análisis anterior las seguridades del sistema quedan de la siguiente manera:

1. En el Elevador M3-200 se le colocarán guardas metálicas a una altura de 2.2m, en la entrada y salida de las carrocerías se colocaran barreras de luz, en su puerta de acceso un interruptor de seguridad y en su pupitre de control un botón de paro de emergencia.
2. En el carro M3-CT1400 se le colocarán 2 scanner, uno por lado para que vigilen a 2 metros de distancia cualquier objeto/sujeto que pudieran encontrar en su recorrido y un paro de emergencia en su pupitre.
3. En el carro M3-CT1500 se le colocarán 2 scanner, uno por lado para que vigilen a 2 metros de distancia cualquier objeto/sujeto que pudieran encontrar en su recorrido y un paro de emergencia en su pupitre.
4. En el carro M3-CT400 se le colocarán 2 scanner, uno por lado para que vigilen a 2 metros de distancia cualquier objeto/sujeto que pudieran encontrar en su recorrido y un paro de emergencia en su pupitre.
5. En el carro M3-CT500 se le colocarán 2 scanner, uno por lado para que vigilen a 2 metros de distancia cualquier objeto/sujeto que pudieran encontrar en su recorrido y un paro de emergencia en su pupitre.

6. En el Elevador M3-1300 se le colocarán guardas metálicas a una altura de 2.2m , en la salida de las carrocerías se colocaran barreras de luz, en su puerta de acceso un interruptor de seguridad y en su pupitre de control un botón de paro de emergencia.
  
7. Para el resto de las mesas de rodillo simple y giratorio a 90 ° de acuerdo con el análisis de riesgo se colocarán un paro de emergencia en su pupitre de control.
  
8. En el tablero principal se tendrá un paro de emergencia general para todo el sistema del tablero M3.

#### **4.13. DEFINICIÓN DEL HARDWARE DEL PLC.**

En base a la tabla 4.10 se podrá determinar el tipo de PLC que se requiere para el sistema.

La marca que se utiliza como estándar en Volkswagen de México para los controladores es Siemens y de acuerdo a los datos de la tabla anterior el modelo recomendado es el PLC 319 F PN/DP.

Selección del PLC y del Hardware.			
No.	Consideraciones	Información	Resultado
1	Sistema nuevo	SI	No se requiere ninguna adaptación
2	Aspectos ambientales de la aplicación.	Si hay aspectos, en general es un área limpia, con polvo y debido a la altura de la nave se tiene un temperatura maxima de 35°C.	Los equipos y envolventes se solicitan con IP 55.
3	Dispositivos discretos y analógicos.	Todo el equipamiento es discreto, no se tiene dispositivos analógicos.	Solo I/O digitales de DC.
4	Características especiales del sistema.	Contador de alta velocidad	No
		Reloj en tiempo real	Si
		Posicionamiento	Si
		Basic	Si
		Servo/Steper	SI
	otro		
5	Determinar tipo de CPU	K Programación	514
		M Datos	2
6	Tipo de sistema centralizado o remoto.	Remoto	Periferia descentralizada, tiene que utilizar bus de campo.
7	Requerimientos de comunicación.	ASI	No
		PLC a PLC	NO
		Ethernet	SI
		Devicenet	NO
		Profibus	SI
		Profinet	SI
Modbus RTU	No		
8	Determinar los requerimientos de programación.	Punto Flotante	NO
		PID	NO
		IEC-1131	SI
		Funciones de Seguridad SIL	SI
		Otras	No

**Tabla 4.10 Selección del PLC del almacén de carrocerías de N21.**

Existen varios software de los fabricantes que ayudan para la selección de los PLC, en este caso se utilizó el TIA selection Tools de Siemens el cual se puede consultar gratuitamente en el siguiente link. <http://www.automation.siemens.com/mcms/topics/en/simatic/tia-selection-tool/pages/tab.aspx>.

## **4.14. DESARROLLO DEL PROYECTO ELÉCTRICO Y LA INGENIERIA DE CONTROL.**

El proyecto eléctrico se ejecutó de acuerdo a la NOM-001-SEDE-2012 basados en el artículo 430, y en base a este se calcularon los conductores, canalizaciones, protecciones y el sistema de puesta a tierra. En base a lo anterior se realizaron los diagramas eléctricos de distribución de energía y de control.

Los diagramas eléctricos se diseñan bajo el estándar DIN ya que Volkswagen de México es una empresa Alemana y se diseñan con el Software EPLAN Versión 5.70.

No se presentan los diagramas eléctricos en esta tesina debido a que es una gran cantidad de información (aproximadamente 1200 hojas), sin embargo se presenta de manera general la estructura del mismo. Estructura del diagrama eléctrico.

- A. Grupo 00. Índice de páginas, lay out generales, topologías de bus.
- B. Grupo M3. Alimentaciones eléctricas 440 V, generación de tensiones de control a 24VCD y distribución de energía.
- C. Grupo M3K. Diagrama de clemas del panel remoto.
- D. Grupo M3KK100. Control y fuerza de mesas 120,130,140 y 150.
- E. Grupo M3KK200. Control y fuerza de elevador de entrada 200.

- F. Grupo M3KK300. Control y fuerza de mesas 310,320,330,340,360.
- G. Grupo M3KK400. Control y fuerza del CT 400.
- H. Grupo M3KK500. Control y fuerza del CT 500.
- I. Grupo M3KK600. Control y fuerza de las mesas 610, 620, 630, 640, 650, 660, 670, 680, 690.
- J. Grupo M3KK1000. Control y fuerza de mesas 1010, 1020, 1030, 1040 y 1050.
- K. Grupo M3KK1100. Control y fuerza de mesas 1110, 1120, 1130.
- L. Grupo M3KK1200. Control y fuerza de mesas 1210, 1220, 1230.
- M. Grupo M3KK1300. Control y fuerza de elevador de salida 1300.
- N. Grupo M3KK1400. Control y fuerza del CT 1400.
- O. Grupo M3KK1500. Control y fuerza del CT 1500.

En las figuras 4.7 y 4.8 se muestra hojas típicas de un diagrama eléctrico diseñado bajo las normas DIN y dibujado en el software Eplan 5.70.

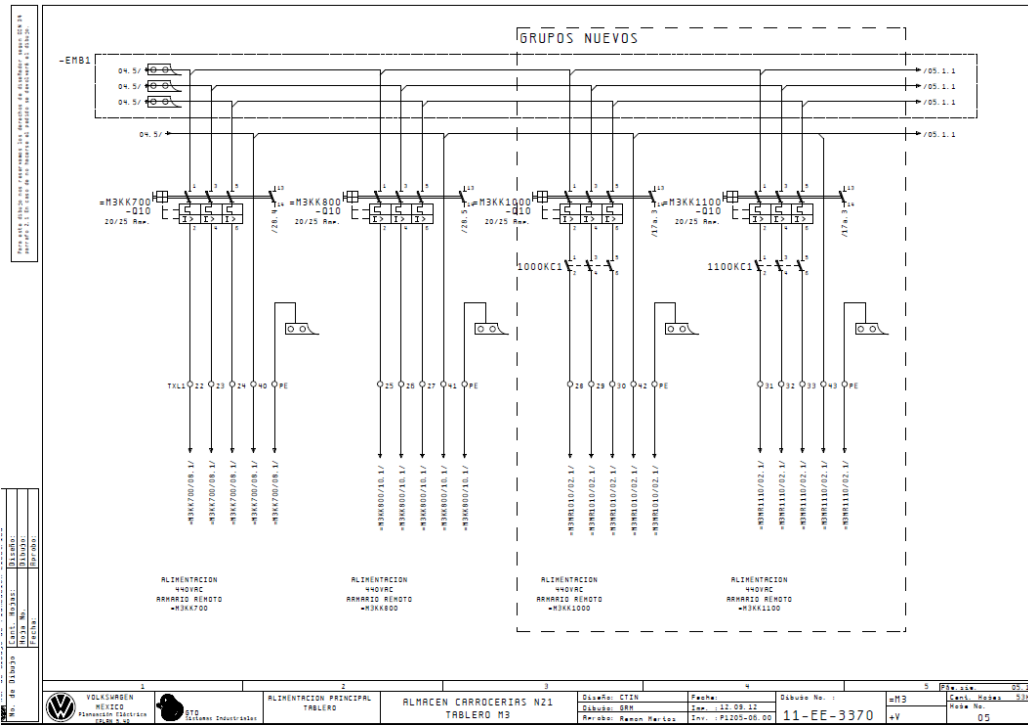


Figura 4.7 Ejemplo típico de la distribución de energía en un tablero de control.

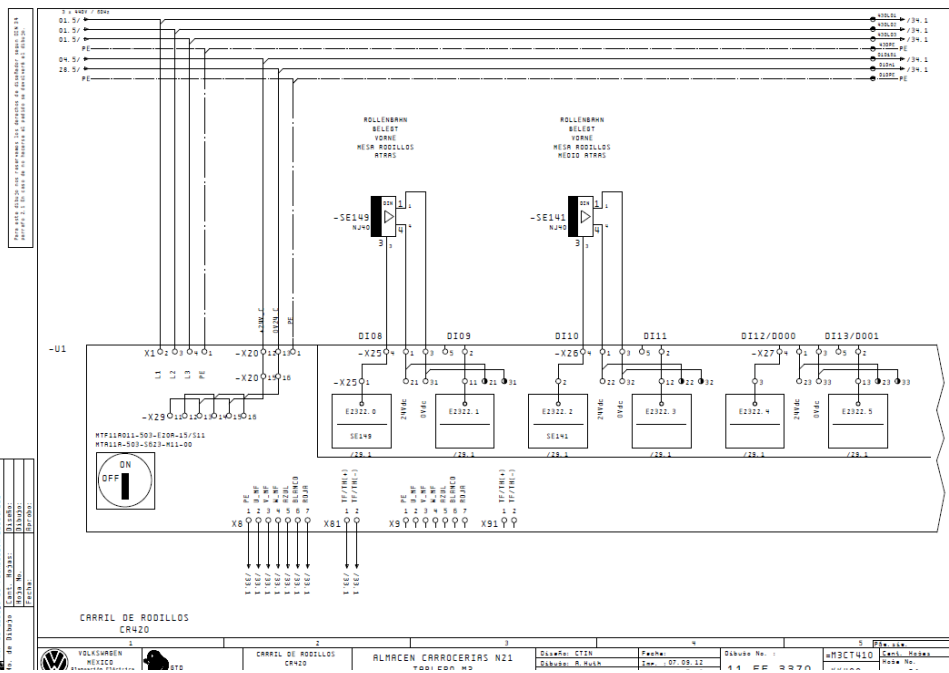


Figura 4.8 Ejemplo típico de la conexión de un variador de frecuencia.

## 4.15. LISTADO DE MATERIALES.

Para la generación de un listado de materiales completo es necesario haber terminado la ingeniería de los diagramas eléctricos y poder realizar las compras necesarias. El mismo Software de Eplan genera los listado de materiales o en caso contrario se tendrá que realizar una tabla en excel.

En la figura 4.9 se muestra un ejemplo de un listado de materiales generado desde el software de Eplan para el proyecto del almacén de carrocerías de N21.

Lista de materiales							LWVW 20.08.2004
DENOMINACION	PAGINA	CANT.	TOTAL	DESCRIPCION	REFERENCIA	FABRICANTE	
*N3-V-M3	*N3/01.1	1	1.00	PIEZAS DE ENSAMBLAJE TS/TS Y TS/PS	T54582.300	BITTLER	
*N3-V-M3	*N3/01.1	1	1.00	PARIS LATERAL 2000mm RAL 7035	T58105.210	BITTLER	
*N3-V-M3	*N3/01.1	1	1.00	ARRANCO TS 1000x2000x500mm RAL 7035 SIN PLACA	T58205.510	BITTLER	
*N3-V-M3	*N3/01.1	1	1.00	ISOCAL 200 x 1200 FRONTALES Y POSTERIORES	T58202.200	BITTLER	
*N3-V-M3	*N3/01.1	1	1.00	ISOCAL 200 x 600 FRONTALES Y POSTERIORES	T58202.800	BITTLER	
*N3-V-M3	*N3/01.1	1	1.00	ARRANCO TS 800x2000x500mm RAL 7035 SIN PLACA	T58205.510	BITTLER	
*N3-V-M3	*N3/01.1	2	2.00	PARIS SEPARACION ARRANCOS 2000mm x 500mm	T58205.050	BITTLER	
*N3-V-M3	*N3/01.1	3	3.00	EMPUJADOR COMFORT CON BOMBIN EL	T58211.045	BITTLER	
*N3-V-M3	*N3/01.1	1	1.00	ABRIGADORES ENSAMBLAJE VERTICAL PARA TS/TS	T58200.410	BITTLER	
*N3-V-M3	*N3/01.1	1	1.00	ANGULOS DE UNION PARA TS/TS	T58200.430	BITTLER	
*N3-V-M3	*N3/01.1	1	1.00	ARRANCO TS 800x2000x500mm RAL 7035	T58205.500	BITTLER	
*N3-V-F0	*N3/01.2	1	1.00	SECCIONADOR DE FUSIBLES MSTR 100A	S33401	BITTLER	
*N3-V-00	*N3/01.2	1	1.00	INTERRUPTOR III 100A	P3-100ER/SVB	KLOCKNER MOELLER	
*N3-V-001	*N3/01.3	1	4.00	DISYUNTOR 2 2-2.2R (1.5KW)	3RV1021-1WR10	SIEMENS	
*N3-V-F1	*N3/01.3	1	18.00	BLOQUE AUXILIAR TRANSVERSAL INA-INC	3RV1801-1E	SIEMENS	
*N3-V-F1	*N3/01.3	1	58.00	INTERRUPTOR AUTOMATICO IPOL0 10A	5SY4-104-7	SIEMENS	
*N3-V-002	*N3/01.4	1	58.00	BLOQUE AUXILIAR TRANSVERSAL INA-INC	3RV1801-1E	SIEMENS	
*N3-V-002	*N3/01.4	1	1.00	DISYUNTOR 3 3-3.5R (1.5KW)	3RV1021-1WR10	SIEMENS	
*N3-V-F2	*N3/01.4	1	8.00	INTERRUPTOR AUTOMATICO IPOL0 10A	5SY4-110-7	SIEMENS	
*N3-V-010	*N3/02.1	1	5.00	DISYUNTOR 3-22.5R (1.5 KW)	3RV1021-1WR10	SIEMENS	
*N3K100-V-010	*N3/02.2	1	8.00	DISYUNTOR 20-25R (11KW)	3RV1021-1WR10	SIEMENS	
*N3K100-V-010	*N3/02.2	1	58.00	BLOQUE AUXILIAR TRANSVERSAL INA-INC	3RV1801-1E	SIEMENS	
*N3K200-V-010	*N3/02.3	1	8.00	DISYUNTOR 20-25R (11KW)	3RV1021-1WR10	SIEMENS	
*N3K200-V-010	*N3/02.3	1	58.00	BLOQUE AUXILIAR TRANSVERSAL INA-INC	3RV1801-1E	SIEMENS	
*N3K300-V-010	*N3/02.4	1	8.00	DISYUNTOR 20-25R (11KW)	3RV1021-1WR10	SIEMENS	
*N3K300-V-010	*N3/02.4	1	58.00	BLOQUE AUXILIAR TRANSVERSAL INA-INC	3RV1801-1E	SIEMENS	
*N3K400-V-010	*N3/03.1	1	1.00	DISYUNTOR 28-40R (18.5KW)	3RV1031-1WR10	SIEMENS	
*N3K400-V-010	*N3/03.1	1	58.00	BLOQUE AUXILIAR TRANSVERSAL INA-INC	3RV1801-1E	SIEMENS	
*N3K400-V-F1	*N3/03.2	1	30.00	INTERRUPTOR AUTOMATICO IPOL0 2R	5SY4-102-7	SIEMENS	
*N3K800-V-010	*N3/03.4	1	8.00	DISYUNTOR 20-25R (11KW)	3RV1021-1WR10	SIEMENS	
*N3K800-V-010	*N3/03.4	1	58.00	BLOQUE AUXILIAR TRANSVERSAL INA-INC	3RV1801-1E	SIEMENS	
*N3K700-V-010	*N3/04.1	1	8.00	DISYUNTOR 20-25R (11KW)	3RV1021-1WR10	SIEMENS	
*N3K700-V-010	*N3/04.1	1	58.00	BLOQUE AUXILIAR TRANSVERSAL INA-INC	3RV1801-1E	SIEMENS	
*N3K800-V-010	*N3/04.2	1	8.00	DISYUNTOR 20-25R (11KW)	3RV1021-1WR10	SIEMENS	
*N3K800-V-010	*N3/04.2	1	58.00	BLOQUE AUXILIAR TRANSVERSAL INA-INC	3RV1801-1E	SIEMENS	
*N3-V-F3	*N3/05.1	1	8.00	INTERRUPTOR AUTOMATICO IPOL0 2R	5SY4-101-7	SIEMENS	
*N3-V-F3	*N3/05.1	1	2.00	TERMINADO ARRANCO 1 CONTACTO CONUTRADO	3K3110	BITTLER	
*N3-V-F3	*N3/05.1	1	2.00	INTERRUPTOR DE PUERTA SIN CABLE DE CONEXION	524127.000	BITTLER	
*N3-V-F3	*N3/05.2	1	1.00	VENTILADOR CON FILTRO	3K3320	BITTLER	
*N3-V-F4	*N3/05.3	1	21.00	INTERRUPTOR AUTOMATICO IPOL0 6R	5SY4-108-7	SIEMENS	
*N3-V-F4	*N3/05.3	1	11.00	TERMINADO ARRANCO 1 CONTACTO CONUTRADO	3K3110	BITTLER	
*N3-V-F4	*N3/05.3	1	2.00	INTERRUPTOR DE PUERTA SIN CABLE DE CONEXION	524127.000	BITTLER	
*N3-V-F4	*N3/05.3	1	1.00	REFRIGERADOR PUERTA 220V. 1000W/1000W	3K3104.100	BITTLER	
*N3-V-F5	*N3/05.4	1	30.00	INTERRUPTOR AUTOMATICO IPOL0 2R	5SY4-102-7	SIEMENS	
*N3-V-F5	*N3/05.4	1	15.00	BASE DE ENCHUFE 10/16R.	53310	MERLIN GERIN	
*N3-V-F5	*N3/05.4	1	30.00	INTERRUPTOR AUTOMATICO IPOL0 2R	5SY4-102-7	SIEMENS	
*N3-V-F5	*N3/05.4	1	15.00	BASE DE ENCHUFE 10/16R.	53310	MERLIN GERIN	
*N3-V-F6	*N3/06.1	1	3.00	ILUMINACION DE ARRANCO 1xw 100-240V	524118.140	BITTLER	
*N3-V-F7	*N3/06.1	1	30.00	INTERRUPTOR AUTOMATICO IPOL0 2R	5SY4-102-7	SIEMENS	

Figura 4.9 Ejemplo típico de la un listado de materiales para el proyecto del almacén de carrocerías de N21.



El costo del proyecto es de gran importancia ya que determinara el éxito del mismo, de nada servirá que sea un excelente programador, calculista, diseñador de diagramas, etc. Si no se tiene el recurso necesario para hacer frente al proyecto.

## 4.17. TIPO DE COMUNICACIÓN, BUS DE CAMPO.

El buses de campo que se utilizarán son los siguientes:

- a. Profinet para todos los elementos del PLC 319 F PN/DP, Variadores de frecuencia, cámaras de lectura de códigos de barras.
- b. Profibus para los sensores de medición de distancia.

Se utilizará una comunicación Ethernet para comunicarse entre el PLC y la aplicación de gestión del almacén de carrocerías, de acuerdo como se muestra en la figura 4.11.

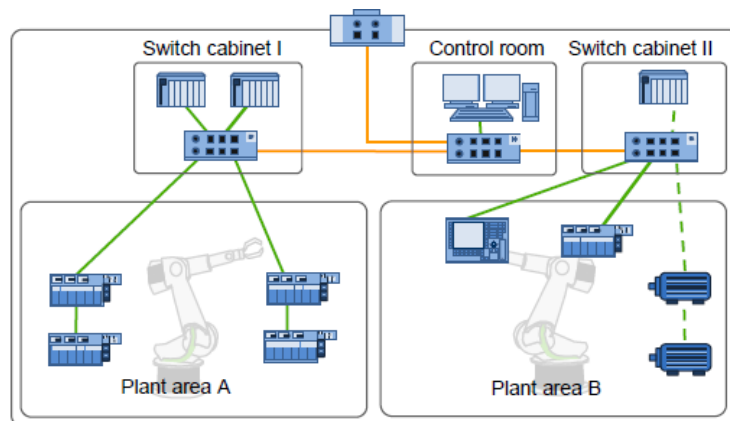


Figura 4.10 Topología de comunicación del bus de campo profinet.

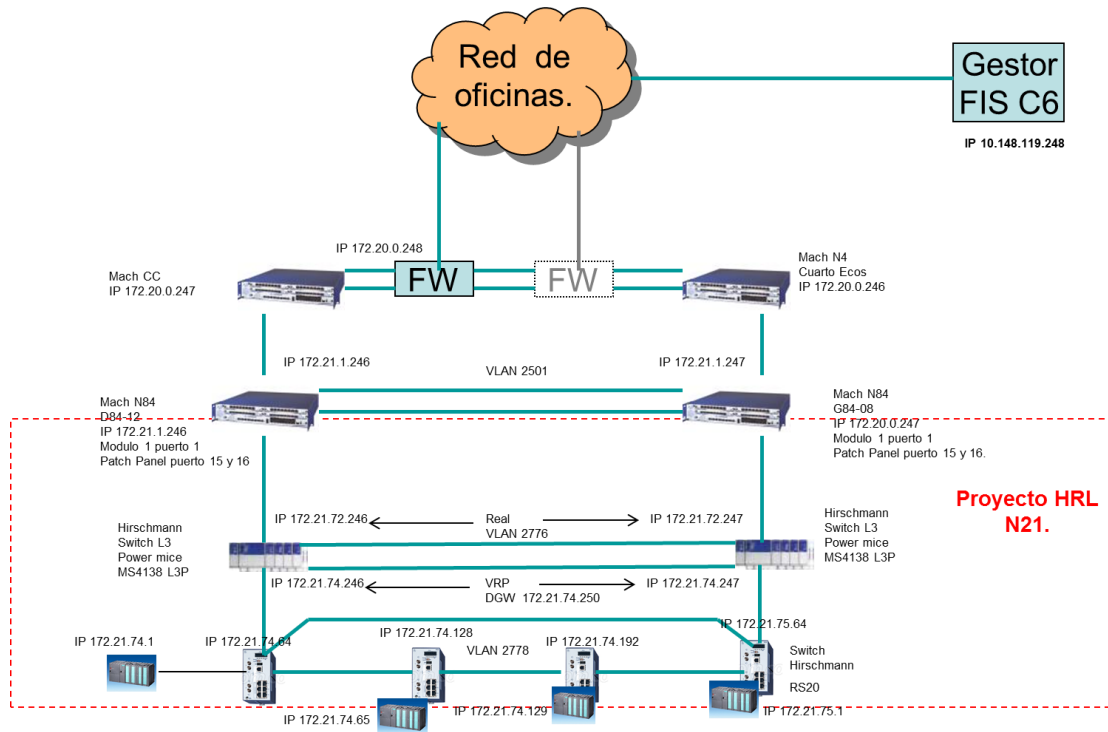


Figura 4.11 Topología de comunicación entre los Switch de la red industrial de VWM.

## 4.18. DEFINIR INTERFASES DEL SISTEMA.

El tablero M3 que controla el almacén de carrocerías tiene las interfaces con los tableros M1 que le entrega las carrocerías y con el tablero M2 a quien le envía las carrocerías, de acuerdo al diagrama de flujo de la figura 4.6. Además se tendrá la interacción con los puntos de lectura de FIS. En la tabla 4.12 se muestra el resumen de señales requeridas.

Debido a que los tableros M1 y M2 no cuentan con buses de campo, los comandos se enviarán por entradas y salidas entre cada PLC.

<b>Tablero M1 a Tablero M3</b>	<b>Dirección</b>	<b>FC</b>	<b>Tablero M3 a Tablero M2</b>	<b>Dirección</b>	<b>FC</b>
Paro de emergencia	E 2.0	1400	Paro de emergencia	E 2.0	1500
Modo de operación Manual	E2.1	1400	Modo de operación Manual	E2.1	1500
Modo de operación automático.	E2.2	1400	Modo de operación automático.	E2.2	1500
Resumen de falla	E2.3	1400	Resumen de falla	E2.3	1500
Liberación de Skid	E2.4	1400	Liberación de Skid	E2.4	1500

**Tabla 4.12. Comandos entre los sistemas de transporte.**

## **4.19. SISTEMA DE CONTROL Y VISUALIZACIÓN.**

Para el tablero M3 se definieron para el control los pupitres de cada grupo en el apartado 4.12 de este capítulo, ahí se muestra la cantidad de pupitres para controlar las mesas del sistema de transporte.

Para el sistema de Visualización se colocara un panel PC con la aplicación de WIN CC versión 2007 para poder mostrar el estatus genera de todo el sistema de transporte y de la interacción del sistema FIS. Las pantallas se diseñarán de acuerdo a la siguiente propuesta:

- a. Vista general del sistema, como se muestra en la figura 4.11.
- b. Buzón de introducción y extracción del Nivel +8868, figura 4.12.
- c. Buzón de introducción y extracción del Nivel +5263.
- d. Fallas activas, figura 4.13.
- e. Historial de fallas.
- f. Top TEN de fallas.
- g. Plano de ocupación del nivel +8868.

h. Plano de ocupación del nivel +5263, figura 4.14.

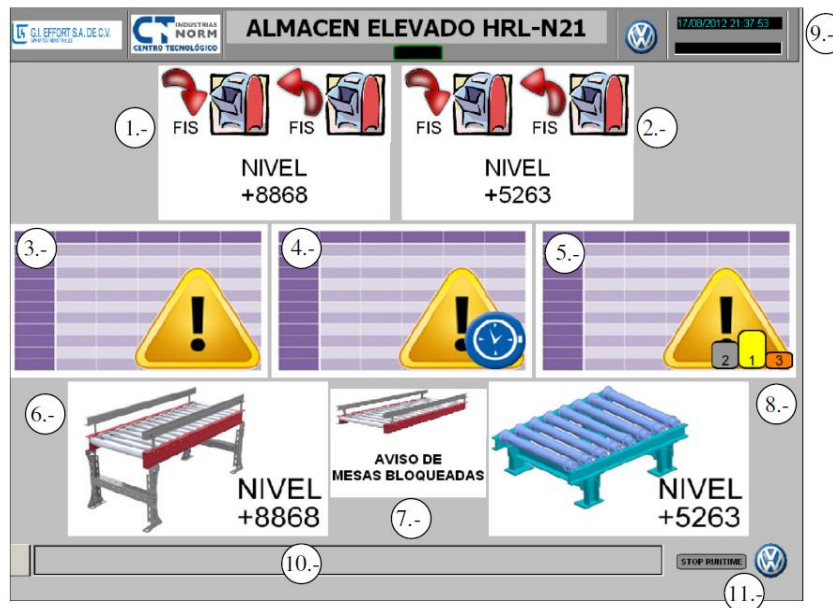


Figura 4.12 Visualización general del sistema.

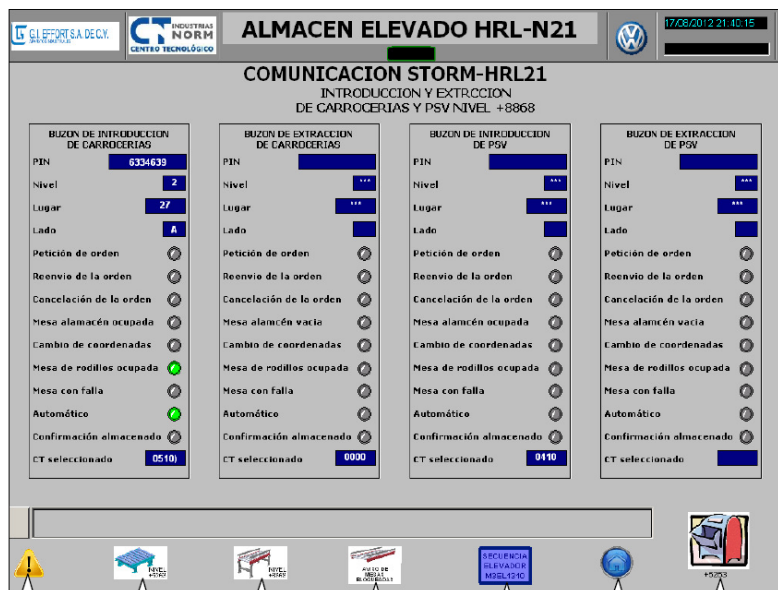


Figura 4.13 Buzones de introducción y extracción del sistema.

G.I. EFFORT S.A. DE C.V.		IPSO		ALMACEN ELEVADO HRL-N21		17/08/2012 21:45:01	
Historico de Alarmas							
973	17/08/12	19:35:04.671		Falla movidrive mesa de rodillos M3EL810			
974	17/08/12	19:35:04.671		Elevador M3EL810 en falla			
975	17/08/12	19:42:57.171		Falla movidrive elevador M3EL810			
976	17/08/12	19:42:57.171		Elevador M3EL810 en falla			
977	17/08/12	19:43:08.109		Falla movidrive elevador M3EL810			
978	17/08/12	19:43:08.109		Elevador M3EL810 en falla			
979	17/08/12	20:46:36.546		Falla movidrive elevador M3EL810			
980	17/08/12	20:46:36.546		Elevador M3EL810 en falla			
981	17/08/12	20:47:06.078		Falla movidrive elevador M3EL810			
982	17/08/12	20:47:06.078		Elevador M3EL810 en falla			
983	17/08/12	21:01:17.296		Paro de Emergencia con Falla			
984	17/08/12	21:01:17.406		FALLA EN M3CT510 ESCANER SICK LADO A			
985	17/08/12	21:01:18.406		FALLA EN M3CT510 ESCANER SICK LADO A			
986	17/08/12	21:01:43.390		FALLA EN M3CT510 ESCANER SICK LADO B			
987	17/08/12	21:01:54.390		FALLA EN M3CT510 ESCANER SICK LADO B			
988	17/08/12	21:01:55.390		FALLA EN M3CT510 ESCANER SICK LADO A			
989	17/08/12	21:02:06.390		FALLA EN M3CT510 ESCANER SICK LADO A			
990	17/08/12	21:02:16.281		Paro de Emergencia con Falla			
991	17/08/12	21:40:17.093		Paro de Emergencia con Falla			
992	17/08/12	21:40:17.109		FALLA EN M3CT510 ESCANER SICK LADO A			
993	17/08/12	21:40:19.296		FALLA EN M3CT510 ESCANER SICK LADO A			
994	17/08/12	21:40:34.693		FALLA EN M3CT510 ESCANER SICK LADO B			
995	17/08/12	21:40:46.625		FALLA EN M3CT510 ESCANER SICK LADO B			
996	17/08/12	21:40:54.281		FALLA EN M3CT510 ESCANER SICK LADO B			
997	17/08/12	21:40:58.656		FALLA EN M3CT510 ESCANER SICK LADO A			
998	17/08/12	21:40:58.656		FALLA EN M3CT510 ESCANER SICK LADO B			
999	17/08/12	21:41:04.125		FALLA EN M3CT510 ESCANER SICK LADO A			

Figura 4.14 Fallas activas del sistema y top ten de fallas.

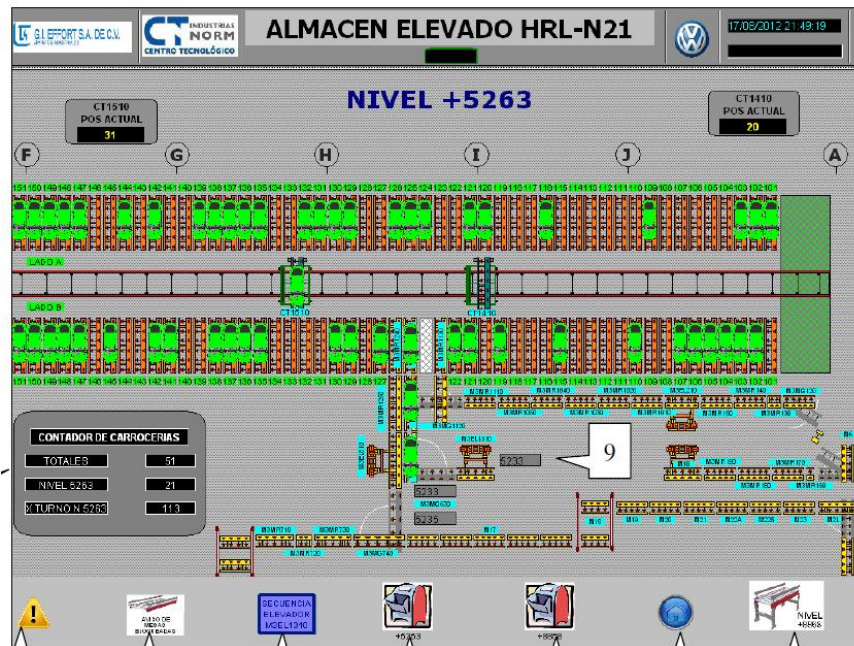


Figura 4.15 Plano general del sistema del nivel 5,263mm.

La visualización anterior nos ayudara a tener un mejor control del sistema, identificar las fallas de cada grupo de una manera instantánea y a la cantidad de carrocerías que hay, el tipo, así como la interacción en los envíos de información con el sistema de administración del área de FIS control de producción.

## **4.20. INGENIERÍA DE SOFTWARE.**

Para el tablero M3 se definió utilizar un PLC de la marca Siemens mod. 319F PN/DP el cual se programara con la el software Step 7 en su versión 5.5 service pack (SP) 2. Cada FC, FB y DB quedara definido en base a la nomenclatura definida en el punto 4.12 de este capítulo, la estructura del programa quedara como se muestra en la tabla 4.12.

La programación del PLC se realizara a través de lenguaje de contactos y se planea diseñar el programa de acuerdo a la ingeniería previa del punto 4.14, de los grupos designados y de acuerdo a la descripción de funcionamiento de punto 4.9.

La comunicación entre el PLC del almacén y el controlador de FIS se realiza a través de la red industrial y se designan en el DB 300 y 301 los espacios de memoria para poder interactuar entre el área de gestión y el área de control. El área de gestión será programada a través del protocolo OPC server y los programas interactúan en tiempo real. El administrador será el encargado de direccionar los carros transversales CT's a las posiciones de cada nicho. Las posiciones se programarán de acuerdo al medidor de distancia.

Estructura del programa del PLC del tablero M3 de N21					
Estructura de los FC's.		Estructura de los FC's.		Estructura de los FC's.	
No.	Descripción	No.	Descripción	No.	Descripción
FC1	Velocidades variadores de frecuencia.	FC400	Pupitre de control 400	FC1030	Mesa de rodillos M3MR1030
FC4	Contadores y valores digitales para sicalis	FC401	Gestion de envio de datos a FIS	FC1040	Mesa de rodillos M3MR1040
FC11	Mueve tipo y posición a DB10 Y DB11	FC402	CT410 introducción de carrocerías	FC1050	Mesa de rodillos M3MR1050
FC60	Mover datos de carrocerías en mesas.	FC403	CT410 extracción de carrocerías	FC1100	Pupitre de control del grupo 1100
FC61	Contadores de produccion	FC404	CT410 introducción de Skids	FC1110	Mesa de rodillos M3MR1110
FC62	Ocupar y desocupar nichos nivel 1	FC405	CT410 extracción de Skids	FC1120	Mesa de rodillos M3MR1120
FC63	Ocupar y desocupar nichos nivel 2	FC410	CT410 Cont. un Movif. FC con 2 vel. y 2 sent. de giro	FC1130	Mesa de rodillos M3MR1130
FC64	Senales del Panel Tactil de Cubo 6 FIS	FC420	Mesa de rodillos M3MR1420	FC1131	Modulo para lectura de datos Jetta M3MR1130
FC90	Conexión tablero M3	FC430	Mesa de rodillos M3MR1430	FC1132	Modulo para lectura de datos Bettle M3MR1130
FC100	Pupitre de control grupo 100	FC440	Mesa de rodillos M3R51440	FC1200	Pupitre de control del grupo 1200
FC110	Mesa de rodillos M3MR110	FC450	CT410 Telemetro	FC1210	Mesa de rodillos M3MR1210
FC120	Mesa de rodillos M3MR120	FC500	Pupitre de control 500	FC1220	Mesa de rodillos M3MR1220
FC130	Mesa de rodillos M3MR130	FC501	Referencia de ubicación de CTs.	FC1230	Mesa de rodillos M3MR1230
FC140	Mesa de rodillos M3MR140	FC502	CT510 Introducción de carrocerías	FC1240	Mesa de rodillos M3MR1240
FC150	Mesa de rodillos M3MR150	FC503	CT510 Extracción de carrocerías	FC1250	Mesa de rodillos M3MR1250
FC160	Sentido de mesas M3MR170 - M3MR190	FC504	CT510 Introducción de Skids	FC1300	Pupitre de control del grupo 1300
FC170	Mesa de rodillos M3MR170	FC505	CT510 Extracción de Skids.	FC1310	Elevador M3EL1310
FC180	Mesa de rodillos M3MR180	FC510	CT 510 Cont. un Movif. FC con 2 vel. y 2 sent. de giro	FC1311	Calculo de la secuencia del ELM3EL1310
FC190	Mesa de rodillos M3MR190	FC520	Mesa de rodillos M3MR520	FC1400	Pupitre de control del grupo 1400
FC200	Pupitre de control grupo 200	FC530	Mesa de rodillos M3R5530	FC1401	CT1410 gestion de envio de datos a FIS
FC210	Elevador M3EL210	FC540	Mesa de rodillos M3R5540	FC1402	CT1410 Introducción de carrocerías.
FC250	Inicialización, parametrización SICALIS-PMC	FC550	CT510 Telemetro	FC1403	CT1410 Extracción de carrocerías.
FC251	Funciones básicas en general SICALIS-PMC	FC600	Pupitre de control del grupo 600	FC1404	CT1410 Introducción de Skid
FC252	Instrucción de conmutación SICALIS-PMC	FC610	Mesa de rodillo M3MR610	FC1405	CT1410 Extracción pila de Skids.
FC253	Avisos binarios SICALIS-PMC	FC620	Mesa de rodillo M3MR620	FC1410	CT1410 Cont. un Movif. FC con 2 vel. y 2 sent. de giro
FC254	Visualizar datos SICALIS-PMC	FC630	Mesa de rodillo M3MR630	FC1420	Mesa de rodillos M3MR1420
FC255	Valor de procesos tipo DI SICALIS-PMC	FC640	Mesa de rodillo M3MR640	FC1430	Mesa de rodillos M3MR1430
FC256	Valor de procesos tipo DG SICALIS-PMC	FC650	Mesa de rodillo M3MR650	FC1440	Mesa de rodillos M3MR1440
FC257	Contador 5 SICALIS-PMC	FC660	Mesa de rodillo M3MR660	FC1450	CT1410 Telemetro
FC258	Contador de turnos SICALIS-PMC	FC670	Mesa de rodillo M3MR670	FC1500	Pupitre de control del grupo 1500
FC260	Organizacion datos para Sicalis	FC680	Mesa de rodillo M3MR680	FC1501	CT1510 gestion de envio de datos a FIS
FC261	Organizacion datos para Sicalis	FC690	Mesa de rodillo M3MR690	FC1502	CT1510 Introducción de carrocerías.
FC262	Organizacion datos para Sicalis	FC700	Pupitre de control grupo 700	FC1503	CT1510 Extracción de carrocerías.
FC263	Organizacion datos para Sicalis	FC710	Mesa de rodillo M3MR710	FC1504	CT1510 Introducción de Skid
FC264	Organizacion datos para Sicalis	FC720	Mesa de rodillo M3MR720	FC1505	CT1510 Extracción pila de Skids.
FC265	Organizacion datos para Sicalis	FC730	Mesa de rodillo M3MR730	FC1510	CT1510 Cont. un Movif. FC con 2 vel. y 2 sent. de giro
FC266	Organizacion datos para Sicalis	FC740	Mesa de rodillo M3MR740	FC1520	Mesa de rodillos M3MR1420
FC300	Pupitre de control 300	FC800	Pupitre de control del grupo 800	FC1530	Mesa de rodillos M3MR1430
FC310	Mesa de rodillos M3MR310	FC810	Elevador M3EL810	FC1540	Mesa de rodillos M3MR1440
FC320	Mesa de rodillos M3MR320	FC820	Mesa de rodillo M3MR820	FC1550	CT1510 Telemetro
FC330	Mesa de rodillos M3MR330	FC830	Mesa de rodillo M3MR830	FC2000	CT1510 Cont. un Movif. FC con 2 vel. y 2 sent. de giro
FC340	Mesa de rodillos M3MR340	FC840	Mesa de rodillo M3MR840	FC2001	Cont. un Movif. SC con 2 vel. y 2 sent. de giro
FC350	Mesa de rodillos M3MR350	FC850	Control de pilas de Skid	FC2002	Cont. un Movidrive con 2 vel. y 2 sent. de giro
FC360	Mesa de rodillos M3MR360	FC900	Modulo PROFISAVE VVKB	FC2003	Control MOVIDRIVE MDX61B
FC361	Modulo para lectura de datos Jetta M3MR360	FC1000	Pupitre de control del grupo1000	FC3001	Modulo de ajuste de velocidades
FC362	Modulo para lectura de datos Bettle M3MR360	FC1010	Mesa de rodillos M3MR1010	FC4000	Contador de carrocerías nivel 5263
FC363	Organizació de 8 bits en bytes	FC1020	Mesa de rodillos M3MR1020	FC4001	Contador Pila Skid Vacio nivel 5263
				FC5000	Contador de carrocerías nivel 8868
				FC5001	Contador Pila Skid Vacio nivel 8868

Tabla 4.13 Estructura de los FC's del programa.

<b>Estructura de los FB's.</b>	
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>
FB 3	Función movidrive con 3 velocidades, rodillos FEL830
FB 10	Función movidrive con 2 velocidades, rodillos FMT1230
FB 63	Enviar datos Sicalis
FC60	recibir datos Sicalis
FB 64	Conectar Sicalis
FB 65	Ocupar y desocupar nichos nivel 1
FB 79	VS130-2-Communication via PROFINET IO bzw. PROFIBUS-DP S7-300/400
FB 120	Mesa de giro M3MG120
FB 210	Mesa de rodillos M3EL210
FB 212	Elevación M3EL210
FB 250	Arranque Acoplam.SICALIS-PMC (Conexión-T; CPU con interface IE.
FB 251	Ciclo Kopp.SICALIS-PMC (conexión-T; CPU con interface IE integrada)
FB 252	Recibir SICALIS-PMC (Conexión-T; CPU con interface IE integrada)
FB 253	Módulo de control Receive SICALIS-PMC
FB 254	Módulo de control Send SICALIS-PMC
FB 340	Mesa de giro M3MG340
FB 360	Mesa de rodillos M3MR360
FB 410	Mesa de rodillos M3CT410
FB 510	Mesa de rodillos M3CT510
FB 610	Mesa de rodillos M3MR610
FB 630	Mesa de giro M3MG630
FB 710	Mesa de rodillos M3MR710
FB 740	Mesa de giro M3MG740
FB 810	Mesa de rodillos M3EL810
FB 812	Mesa de elevación M3EL810
FB 900	Valor de procesos tipo DI SICALIS-PMC
FB 901	(Safety) Modulo paro emergencia y seguridades pupitre 400
FB 902	(Safety) Modulo paro emergencia y seguridades pupitre 500
FB 903	(Safety) Modulo paro emergencia pupitre 1000
FB 904	(Safety) Modulo paro emergencia pupitre 1100
FB 905	(Safety) Modulo paro emergencia pupitre 1200
FB 906	(Safety) Modulo paro emergencia y seguridades pupitre 1300
FB 907	(Safety) Modulo paro emergencia y seguridades pupitre 1400
FB 908	(Safety) Modulo paro emergencia y seguridades pupitre 1500
FB 948	F_ : Global Acknowledgement of all F-I/O of a RTG
FB 950	Freigabebaustein für F-Funktion
FB 1000	F_ : Driver Block In-Output with Channel Granular Passivation
FB 1001	
FB 1002	F_ : Test Block an Programm Run Control
FB 1003	
FB 1004	F_ : Diagnosticbuffer Message with non CPU-Stop
FB 3000	Control de posicionamiento con 3 velocidades M3CT1410
FB 3001	Control de posicionamiento con 3 velocidades M3CT1510
FB 3002	Control de posicionamiento con 3 velocidades M3CT410
FB 3003	Control de posicionamiento con 3 velocidades M3CT510

**Tabla 4.14 Estructura de los FB's del programa.**

<b>Estructura de los DB's.</b>			
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>No.</b>	<b>Descripción</b>
DB 2	Velocidades movidrive	DB 301	Buzon de datos comunicacion STORM
DB10	Gestion de los CT's 410,510,1410,1510	DB 340	
DB 12	Gestion de los datos de FIS	DB 341	
DB 13	Fechas	DB 360	
DB 15	Bloqueo entrada y salida de carrocerias	DB 361	
DB 18	Flancos	DB 400	CT410 CICLO
DB 19	Avisos de bloqueos	DB 401	CT410 GESTION FIS
DB 20	Comuicación del sistema de gestion del almacén	DB 404	Panel TP400
DB 48	Data_User	DB 410	POSICIONES DE TRASLACION DE CT410
DB 60	Modulo para mover datos	DB 411	DB DE INTANCIA DE FB3000 CT410
DB 61	Modulo para contadores de producción	DB 500	DB DE INTANCIA DE FB3000 CT410
DB 62	Modulos para desocupar y ocupar nichos nivel 1.	DB 501	GESTION DE PROCESO DE CICLO CARRO TRANSFER CT510
DB 63	Modulos para desocupar y ocupar nichos nivel 2.	DB 504	Tags para Pupite 500
DB 68	Visualización de PC.	DB 510	POSICIONES DE TRASLACION DE CT510
DB 70		DB 511	DB DE INTANCIA DE FB3000 CT510
DB 79	Instance data block for FB79	DB 610	INSTANCIA 610 RODILLOS
DB 80	Instance data block for FB79	DB 611	
DB 81	Instance data block for FB79	DB 630	INSTANCIA 630 GIRO
DB 82	Instance data block for FB79	DB 631	
DB 120	INSTANCIA 120 GIRO	DB 710	INSTANCIA 710 RODILLOS
DB 121		DB 711	
DB 210	INSTANCIA 210 RODILLOS	DB 740	INSTANCIA 740 GIRO
DB 211		DB 741	
DB 212	INSTANCIA 212 ELEVACION	DB 810	INSTANCIA 810 RODILLOS
DB 213	Mesa de elevación M3EL810	DB 811	
DB 250	Bloque de datos de instancia para FB250	DB 812	INSTANCIA 810 ELEVACION
DB 251	Bloque de datis de instancia para FB251	DB 1400	GESTION DE PROCESO DE CICLO CARRO TRANSFER CT1410
DB252	DB Agregado SICALIS-PMC	DB 1401	DATOS DE CICLO DE GESTION FIS
DB 253	DB Agregado 1 avisos binarios	DB 1404	Tags para Pupite 1400
DB 254	DB Agregado 2 avisos binarios	DB 1410	POSICIONES DE TRASLACION DE CT1410
DB 255	DB Agregado 3 avisos binarios	DB 1411	DB DE INTANCIA DE FB3000 CT1410
DB 256	DB Agregado 4 avisos binarios	DB 1500	GESTION DE PROCESO DE CICLO CARRO TRANSFER CT1410
DB 257	DB Agregado 5 avisos binarios	DB 1501	DATOS DE CICLO DE GESTION FIS
DB 258	DB Agregado 6 avisos binarios	DB 1504	Panel TP1500
DB 259	DB Agregado 7 avisos binarios	DB 1510	POSICIONES DE TRASLACION DE CT1410
DB 260	DB para colocación de datos Agregado 1	DB 1512	DB DE INTANCIA DE FB3000 CT1510
DB 261	DB para colocación de datos Agregado 2	DB 2000	STRING DE MESAS
DB 262	DB para colocación de datos Agregado 3	DB 3000	
DB 263	DB para colocación de datos Agregado 4	DB 3001	MODULO DE DATOS PARA FIJAR VELOCIDADES MOVIFIT
DB 264	DB para colocación de datos Agregado 5	DB 3020	
DB 265	DB para colocación de datos Agregado 6	DB 3021	INSTANCIA 3020
DB 266	DB para colocación de datos Agregado 7	DB 3030	INSTANCIA 3030 RODILLOS
DB 267		DB 3031	
DB 268		DB 3032	INSTANCIA 3032 ELEVADOR
DB 300	Buzon de datos comunicacion STORM	DB 3033	Mesa de rodillos M3EL810
		DB 4001	MODULO DE DATOS DE PRODUCCION NIVEL 5263
		DB 4002	MODULO DE DATOS DE Pila Skid Vacio NIVEL 5263
		DB 5001	MODULO DE DATOS DE PRODUCCION NIVEL 8868
		DB 5002	MODULO DE DATOS DE Pila Skid Vacio NIVEL 8868

**Tabla 4.15 Estructura de los DB's del programa.**

## **4.21. EJECUCIÓN DEL PROYECTO.**

Una vez terminados los diagramas eléctricos, el software, la visualización y tener todos los materiales del sistema, se procede a la instalación, para lo anterior es importante contar con el plan de trabajo mencionado en el punto de 4.4 de este capítulo. Es necesario tener un plan de trabajo integral donde estén involucradas todas las disciplinas que intervienen en el proyecto, actividades de obra civil, plataformas, energías, instalación mecánica del sistema, instalación eléctrica, etc. y con lo anterior darle el correcto orden de instalación. En este punto es de gran importancia el involucramiento del líder de proyecto y organizar las diferentes disciplinas.

Para el proyecto eléctrico y de automatización del almacén de carrocerías de nave 21 de Volkswagen de México se contara con el siguiente personal:

Programadores: 5 personas.

Instalación eléctrica: 20 personas.

Líderes de grupo: 3 personas.

Montadores generales: 20 personas.

Se trabajará 3 turnos de 8 horas durante la ejecución del proyecto.

## 4.22. PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA.

Una vez terminado el montaje de todo el sistema de transporte del almacén de carrocerías, se procede a las pruebas del sistema las cuales consistirán en verificar cada uno de los sensores y actuadores de acuerdo a lo siguiente: Ejemplo de un grupo, tabla 4.16.

Proyecto No.		M3																			
Descripción:		Almacén elevado de carrocerías de N21 en VWM.																			
Fecha:		may-13																			
Tema:		Check lit de puesta en marcha																			
No.1		Proceso de salida de carrocerías de N20.																			
No.	Equipo	Nomenclatura	Pupitres de control	OK	NO K	M	OK	NO K	S	OK	NO K	V	OK	NOK	I_PL C	OK	NO K	O_P LC	O K	NO K	
1	Mesa de giro a 90°	K200	PK5-200	X			X			X			X			X				X	
2	Mesa de rodillo, giro90°		PK5-200	X			X			X			X			X				X	
3	Mesa de rodillo	K201	PK5-200	X			X			X			X			X				X	
4	Mesa de rodillo	K202	PK5-200	X			X			X			X			X				X	
5	Mesa de giro a 90°	K203	PK5-204	X			X			X			X			X				X	
6	Mesa de rodillo, giro90°		PK5-204	X			X			X			X			X				X	
7	Mesa de rodillo	K204	PK5-204	X			X			X			X			X				X	
8	Mesa de rodillo	K204	PK5-204	X			X			X			X			X				X	
9	Mesa de rodillo	K206	PK5-204	X			X			X			X			X				X	
10	Mesa de rodillo	K207	PK5-204	X			X			X			X			X				X	
11	Mesa de rodillo	K208	PK5-204	X			X			X			X			X				X	
12	Mesa de rodillo	K209	PK5-209	X			X			X			X			X				X	
13	Mesa de rodillo	K210	PK5-209	X			X			X			X			X				X	
14	Mesa de rodillo	K211	PK5-209	X			X			X			X			X				X	
15	Mesa de rodillo	K212	PK5-209	X			X			X			X			X				X	
16	Mesa de rodillo	K213	PK5-209	X			X			X			X			X				X	
17	Mesa transversal	K214	PK5-214	X			X			X			X			X				X	
18	Mesa de rodillo	K214.1	PK5-214	X			X			X			X			X				X	
19	Mesa de elevación	K214.2	PK5-214	X			X			X			X			X				X	
20	Mesa de rodillo.	K214.2	PK5-214	X			X			X			X			X				X	

Tabla 4.16 Listado de verificación del funcionamiento del sistema.

<b>Proyecto No.</b>	M3			
<b>Descripción:</b>	Almacén elevado de carrocerías de N21 en VWM.			
<b>Fecha:</b>	may-13			
<b>Tema:</b>	Check list de puesta en marcha			
<b>Pupitre</b>	<b>PSK 200</b>			
<b>Pupitre</b>	<b>Comentario</b>	<b>OK</b>	<b>NOK</b>	
IM-151_IP 172.22.219.25	Comunicación con PLC	X		
Botones de Selección	Función en PLC	X		
Manual	Función en PLC	X		
Automatico	Función en PLC	X		
Control conectado	Función en PLC	X		
Adelante mesa K200	Función en PLC	X		
Adelante Giro Mesa K200	Función en PLC	X		
Atrás giro mesa K200	Función en PLC	X		
Borrar falla	Función en PLC	X		
Paro de emergencia	Función en PLC	X		

**Tabla 4.17 Listado de verificación del funcionamiento de pupitre 200.**

<b>Motor</b>	<b>M200</b>			
<b>Motor</b>	<b>Comentario</b>	<b>OK</b>	<b>NOK</b>	
Conexión delta		X		
Conexión de tierra		X		
Giro		X		
Protección de sobre corriente	Ajuste correcto	X		
Protección de sobre carga	Ajuste correcto	X		
Conexión de termistor		X		
Conexión de Freno		X		
Montaje correcto	Motor fijo	X		

**Tabla 4.18 Listado de verificación de la conexión de un motor.**

<b>Sensores</b>	<b>S200</b>			
<b>Sensores</b>	<b>Comentario</b>	<b>OK</b>	<b>NOK</b>	
SE200_1	Localización y nomenclatura	X		
SE200_2	Localización y nomenclatura	X		
Conexión		X		
Ajuste detección.	Ajuste correcto	X		
Montaje correcto		X		
Entrada en PLC IO.1	Llega la señal al PLC	X		
Entrada en PLC IO.2	Llega la señal al PLC	X		

**Tabla 4.19 Listado de verificación de un sensor.**

Variador	V200			
Variador	Comentario	OK	NOK	
Montaje correcto	De acuerdo al manual del fabricante	X		
Alimentación Eléctrica	Valor nominal	X		
Parametros	De acuerdo a requerimientos	X		
Conexión a tierra		X		
Comunicación con PLC	IP 172.22.219.25	X		
Rampas de aceleración.		X		
Frecuencia nominal	50 Hz	X		

**Tabla 4.20 Listado de un variador de frecuencia.**

PLC				
PLC	Comentario	OK	NOK	
Entradas (I)		X		
Salidas (O)		X		
Comunicación		X		
Hardware		X		
Software		X		
Compilación		X		
Alimentación		X		

**Tabla 4.21 Listado de verificación de la instalación de un PLC.**

El listado de verificación ó check list es una gran labor que requiere una gran cantidad de tiempo en horas-hombre, sin embargo es indispensable se realice con el fin de asegurar la funcionalidad de equipos. Los formatos propuestos son ilustrativos y deberán ser llenados con el fin de tener un control de cada elemento del sistema.

La puesta en marcha consiste en poner a funcionar todo el equipo con las seguridades necesarias para evitar algún accidente.

Para la puesta en marcha se pasaran 4 carrocerías por cada uno de los grupos del almacén y validar su funcionamiento. Dos carrocerías Jetta A4 y dos carrocerías NB, las cuales entraran en los dos niveles de dicho almacén.

## 4.23. Documentación.

Todo proyecto debe documentarse correctamente para poder ser operado y mantenerse de la mejor manera posible. La documentación entregada en este proyecto se muestra en la tabla 4.21.

	<b>Proyecto No.</b>	M3			
	<b>Descripción:</b>	Almacén elevado de carrocerías de N21 en VWV.			
	<b>Fecha:</b>	may-13			
	<b>Tema:</b>	Entrega de documentación técnica del proyecto de Almacén de Carrocerías.			
No.	Descripción	Versión	OK	NOK	Liberado por:
1	Planos de localización de la instalación	4	OK		C. Teran
2	Planos a detalle del sistema	3	OK		C. Teran
3	Diagrama de flujo	5	OK		C. Teran
4	Memorias de cálculo	2	OK		C. Teran
5	Diagramas eléctricos	4	OK		C. Teran
6	Listas de verificación (check list).	3	OK		C. Teran
7	Topologías de la red	2	OK		C. Teran
8	Respaldo de programas	15	OK		C. Teran
9	Parámetros de los equipos	3	OK		C. Teran
10	Manuales de los equipos	1	OK		C. Teran
11	Manuales de instalación y mantenimiento	1	OK		C. Teran
12	Manuales de operación del sistema	1	OK		C. Teran
13	Planes de mantenimiento	1	OK		C. Teran
14	Listado de refacciones	1	OK		C. Teran
15	Garantía	1	OK		C. Teran
	Firma proveedor			Firma del cliente	

**Tabla 4.21 Listado de verificación para la entrega de documentación.**

## 4.24. CAPACITACIÓN.

En la tabla 4.22 se muestra e listado de capacitación que será impartido al personal de operación y mantenimiento del sistema, es importante acordar con los usuarios las fechas, los requerimientos del personal, el lugar y los medios necesarios para impartir la capacitación de una forma profesional utilizando material didáctico necesario.

<b>Proyecto No.</b>	M3				
<b>Descripción:</b>	Almacén elevado de carrocerías de N21 en VWM				
<b>Fecha:</b>	may-13				
<b>Tema:</b>	Temario de capacitación				

No.	Descripción			Personal de operación	Personal de mantenimiento
1	DESCRIPCION			X	X
2	LAY - OUT			X	X
3	TOPOLOGÍA				X
4	CONEXIONES DE HIRSCHMAN				X
5	DIAGRAMAS ELECTRICOS				X
6	GRUPO M3KK100				X
7	GRUPO M3KK200				X
8	GRUPO M3KK600				X
9	GRUPO M3KK700				X
10	GRUPO M3KK1000				X
11	GRUPO M3KK1200				X
12	GRUPO M3KK1300				X
13	COMUNICACIÓN CON FIS				X
14	DB 300 CON STORM				X
15	INTRODUCCIÓN DE CARROCERÍA			X	X
16	EXTRACCION DE CARROCERÍA			X	X
17	INTRODUCCION DE PSV			X	X
18	EXTRACCION DE PSV			X	X
19	GRUPO M3KK410				X
20	RED DE GRUPO				X
21	PROGRAMA KOP DE M3CT410 PARA CONOCER POSICIONAMIENTO				X
22	PROGRAMA KOP DE M3CT410				X
23	GRUPO M3KK500				X
24	RED DE GRUPO				X
25	PROGRAMA KOP DE M3CT510 PARA CONOCER POSICIONAMIENTO				X
26	PROGRAMA KOP M3CT510				X
27	GRUPO M3KK1400				X
28	RED DE GRUPO				X
29	PROGRAMA KOP DE M3CT1410				X
30	GRUPO M3KK1500				X
31	RED DE GRUPO				X
32	PROGRAMA KOP DE M3CT1510 PARA CONOCER POSICIONAMIENTO				X
33	PROGRAMA KOP M3CT1510				X
34	BY-PASS DE CARROCERÍAS				X
35	TELEMETRO				X
36	CAMBIAR VALORES DE DISTANCIA				X
37	SCANNER DE LECTURAS DE CÓDIGO DE BARRAS				X
38	RED PROFINET				X
39	PROFISAFE				X
40	ESCÁNER SICK				X
41	DISTRIBUCIÓN DE CARROCERÍAS EN M6			X	X
42	RETORNO DE CARROCERÍAS AL ALMACEN			X	X
43	PANEL DE CONTROL			X	X
44	LISTA DE FALLAS MÁS COMUNES			X	X

**Tabla 4.22 Listado de verificación para la capacitación.**



## **CONCLUSIONES.**

El poder contar con la metodología anterior en el proyecto del almacén elevado de carrocerías de Volkswagen de México para su segmento PQ34 en sus modelos del New Beetle y Jetta A4 permitió formar un equipo de trabajo adecuado, tener el control del proyecto, y tener la mejor solución técnica.

El proyecto se inició de acuerdo al plan de trabajo, a la secuencia de cada una de las actividades, generando los alcances de obra, las órdenes de compra, la adquisición de materiales, la instalación y la puesta en marcha.

El seguir un plan de comunicación realizando juntas semanales durante la planeación, diarias durante la ejecución y mensuales con la dirección, permitió tener una gran efectividad ya que cada quien sabía exactamente lo que tenía que hacer y en el tiempo que lo debía hacer.

El plan de riesgos permitió identificar aquellas cosas que eran vulnerables para el proyecto y se pudieron tomar las decisiones correctas con el fin de controlar y minimizar los riesgos.

Normalmente en un proyecto de esta índole no se tenía previsto un plan de calidad, de tal manera que se implementaron listas de verificación (check list) para garantizar que cada elemento funcionara de la manera correcta, así como las pruebas de los elementos, programas y visualizaciones.

La estructura organizacional del proyecto permitió la interacción de cada uno de los departamentos, así como el trabajo con los diferentes proveedores.

La metodología técnica utilizada en este proyecto fue realmente útil, ya que paso a paso se pudo ejecutar correctamente la automatización del sistema de transporte del almacén de carrocerías. La división de sistema en diferentes partes de acuerdo al modo de funcionamiento fue muy útil, ya que facilito el manejo de la nomenclatura, el diseño eléctrico, del hardware y software, además de poder determinar correctamente los materiales que se deben ocupar en cada elemento del sistema. Con esta metodología se pudo asegurar la correcta programación del sistema, las puesta en marcha y verificar a través de listados de check list el correcto funcionamiento del sistema, además de tener una herramienta para determinar los riesgos del sistema o peligro que pudiera tener con el personal, y poder establecer el sistema de seguridad adecuado.

El determinar la correcta capacitación del sistema nos ayudó a poder realizar una transferencia de conocimientos efectiva al área de operación y mantenimiento. De igual modo el entregar la documentación en orden y completa resulto muy satisfactorio para el cliente final.

Todos los proyectos ya sean pequeños o de gran magnitud deben cerrarse en común acuerdo entre las diferentes áreas, una herramienta practica para poder realizar es a través de un protocolo que indique que las áreas involucradas están de acuerdo con los entregables del proyecto. En este proyecto todas las áreas estuvieron de acuerdo con el cumplimiento del sistema.

La presente tesina asegura el éxito de un proyecto de automatización eléctrica, ya que engloba de manera general todos los aspectos de un proyecto desde el punto de vista de la gestión y la técnica empleada en la actualidad. No se puede tener un proyecto exitoso si solo dominamos la técnica, las exigencias de la industria a nivel mundial requieren proyectos que cumplan los requerimientos del cliente en el costo, tiempo, alcance y calidad. Por lo anterior la presente tesis asegura el éxito de un proyecto de automatización eléctrica.

# BIBLIOGRAFÍA.

Chamoun Y.

2002, Administración profesional de proyectos, la guía.

1era Ed. MC Graw Hill

Guía de los fundamentos de la dirección de proyectos (Guía del PMBOOK).

2004, 3era Ed. Four Campus Boulevard, Newtown Square, PA 19073-3299 EE.UU.

Safe machinery handbook by Schneider Electric 2012.

Recuperado el 10.04.2013

<http://www2.schneider-electric.com/documents/original-equipment-manufacturers/en/shared/safety-handbook-v3.pdf>

The safety compendium, PILZ Automation Technology, 2012

Recuperado el 10.04.2013

[http://www.pilz.com/en-INT/knowhow/books/machinery\\_safety](http://www.pilz.com/en-INT/knowhow/books/machinery_safety)

Fundamentos del sensado o detección de presencia.

2000, Publicaciones FSM-900LAS, Rockwell automation.

Recuperado el 10.04.2013

<http://www.fastelectric.cl/imagenes/sensores.pdf>

José Guadalupe Castro Lugo, Juan José Padilla Ybarra

Metodología para realizar una automatización utilizando un PLC

Recuperado el 10.04.2013

[http://www.itson.mx/publicaciones/rieeyc/documents/v1/v1\\_art4.pdf](http://www.itson.mx/publicaciones/rieeyc/documents/v1/v1_art4.pdf)

Comunicaciones industriales.

M.P.M. y F.P.M. DEPTO.ELECTRICIDAD-C.I.P. ETI Tudela

Recuperado el 10.04.2013

[http://www.infopl.net/files/documentacion/comunicaciones/infopl\\_net\\_00presentacioncu\\_rsocomindbabel.pdf](http://www.infopl.net/files/documentacion/comunicaciones/infopl_net_00presentacioncu_rsocomindbabel.pdf)

Proceso de automatización y comunicación de un sistema.

Recuperado el 10.04.2013

<http://www.smar.com/espanol/articulostecnicos/article.asp?id=142>

Pere Ponsa, Antoni Granollers

Diseño y automatización industrial.

Recuperado el 10.04.2013

<http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>

