

Universidad Autónoma de Baja California

Facultad de Ingeniería Unidad Mexicali

Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería

Tesis

**“PROPUESTA DE UN MODELO DE MANUFACTURA
AUTOMATIZADO INTEGRADO EN RED INDUSTRIAL
CAN-BUS”**

**Que presenta para obtener el grado de
Doctor en Ingeniería**

**Tesista:
Víctor Nuño Moreno**

**Director de Tesis:
Dr. Víctor Okhuysen**

Mexicali B.C. Octubre de 2008

Reconocimientos:

A mi comité de tesis que desde el inicio del proyecto me hizo observaciones importantes, para delimitar el alcance del proyecto, especialmente a mi director Dr. Víctor Okhuysen:

Dr. Israel Saucedo
Dr. Margarito Quintero
Dr. Miguel Bravo
Dr. Navor Rosas

Especialmente al equipo de trabajo que ha hecho posible este proyecto.

Yamil Jacobo
David Alvarez
Manuel Pelayo
Acela Castellón
Jorge Barceló
Guillermo Limón

INDICE

Página	Sección	Título
15	i	ANTECEDENTES
15	ii.	ALCANCE DEL PROYECTO
18	I	CAPITULO I: INTRODUCCIÓN
19	I.1	HIPÓTESIS
19	I.2	OBJETIVOS
19	1.3	ALCANCE
20	II	CAPITULO II: REQUERIMIENTOS DE AUTOMATIZACIÓN DEL SECTOR METALMECÁNICO EN LAS AREAS AUTOMOTRIZ Y AEROESPACIAL
20	II.1	ANTECEDENTES
23	II.2	INDUSTRIA METALMECÁNICA EN BAJA CALIFORNIA
23	II.2.1	INDUSTRIA AUTOMOTRIZ
23	II.2.2	INDUSTRIA AEROESPACIAL
25	II.3.	CARACTERÍSTICAS DE LA INDUSTRIA EN BAJA CALIFORNIA
26	II.3.1	DETERMINACION DE REQUERIMIENTOS DE LA INDUSTRIA
27	II.4.	PERSPECTIVAS
29	III	CAPITULO III: PROPUESTA DE UN MODELO DE MANUFACTURA AUTOMATIZADO
29	III.1.	PLANTEAMIENTO
29	III.1.2	OBJETIVO
29	III.1.3	ALCANCE

29	III.1.4	MODELO DE PROCESO DE MANUFACTURA
30	III.1.5	ANTECEDENTES
30	III.1.5.1	SISTEMAS FLEXIBLES DE MANUFACTURA (FMS)
32	III.1.6	JUSTIFICACIÓN
34	III.2.	SISTEMAS DE FABRICACIÓN AUTOMATIZADOS Y LAS REDES INDUSTRIALES DE COMUNICACIÓN
36	III.2.1	VENTAJAS EN EL USO DE REDES DE CAMPO
37	III.3.	MODELO DE PROCESO DE MANUFACTURA
38	IV	CAPITULO IV. CARACTERIZACION DE UNA RED INDUSTRIAL DEVICE NET
38	IV.1	ANTECEDENTES DE REDES INDUSTRIALES (BUS DE CAMPO)
39	IV.1.1	VENTAJAS DE LOS BUSES DE CAMPO
40	IV.2	TECNOLOGIA DE BUS DE CAMPO
40	IV.2.1	BUSES DE CAMPO EXISTENTES
41	IV.2.2	BUSES ESTANDARIZADOS
47	IV.3	REDES: CAN (CONTROL AREA NETWORKS)
47	IV.3.1	REDES CAN
51	IV.4	TOPOLOGÍA Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEVICE NET
51	IV.4.1	TOPOLOGÍA EN BUS
52	IV.4.2	DISPOSICIÓN DE COMPONENTES
52	IV.4.3	CABLES
54	IV.4.4	CONECTORES TÍPICOS DE DEVICE NET
56	IV.5	RANGOS DE CORRIENTE ELÉCTRICA
57	IV.6	CONTROL Y TRAMISION DE DATOS

59	IV.6.1	OPERACION DEL ESCANER
60	IV.7	CARACTERÍSTICAS DE SENSORES INTELIGENTES UTILIZADOS EN LAS REDES DEVICE NET
64	IV.8	CONECTIVIDAD E INTEGRACIÓN A RED DN DE UN ROBOT FANUC
64	IV.8.1	DESCRIPCIÓN GENERAL
65	IV.8.2	SOFTWARE DE CONTROL PARA EL ROBOT FANUC (HANDLING TOOL)
66	IV.8.3	CARACTERIZACION DE LA SEÑALIZACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DEVICE NET PARA LA INTEGRACION
68	IV.8.4	INTEGRACIÓN ROBOT FANUC 200I A DN
77	V	CAPITULO V: MÓDULO DE MANUFACTURA PROPUESTO
77	V.1	DESARROLLO.
77	V.1.2	CARACTERISTICAS DEL TORNO SL-20.
78	V.1.3	COMUNICACION DEL TORNO SL-20
78	V.1.4	ENTRADA ANALOGICA DE SL20
79	V.2	PROGRAMACION DEL TORNO SL-20.
81	V.2.1	CARACTERISTICAS DEL BRAZO ROBOTICO RV N-10
83	V.2.2	COMUNICACION DEL ROBOT RV-N10
85	V.2.3	PROGRAMACION DEL MELFA RV-N10
86	V.3.	INTEGRACION
89	V.3.1	DESARROLLO
89	V.3.2	SEÑALIZACIÓN DEL ROBOT RV-N10
94	V.3.3	COMUNICACIÓN Y SINCRONIZACIÓN
97	V.4	DISCUSION

97	V.4.1	RESULTADOS
99	VI	CAPITULO VI: MÓDULO DE CALIDAD
99	VI.1	CARACTERIZACION DE LA MAQUINA CMM
100	VI.2	INTEGRACION A RED
100	VI.2.1	INTEGRACION POR SENSORES EXTERNOS
103	VI.3	INTEGRACIÓN POR MEDIOS DIGITALES
104	VI.3.1	INTEGRACION POR PUERTO RS 232
105	VI.4	INTEGRACION DIGITAL FANUC-CMM
106	VI.5	CONCLUSION
110		CONCLUSIONES GENERALES
110	1	DISCUSION
111	2	REDES INDUSTRIALES PARA AUTOMATIZAR
114	3	MODELO DE AUTOMATIZACION
114	4	CONCLUSION
116		BIBLIOGRAFIA
123		GLOSARIO
127		ANEXO 1: FORMATOS DE ENCUESTAS
128		ANEXO 2: GRAFICAS DE ENCUESTAS
134		ANEXO 3: MÁSTERIZACIÓN FANUC Y PROGRAMACIÓN DE CMM
138		ANEXO 4: PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DE UNA RUTINA SINCRONIZADA ENTRE EL TORNO SL-20 Y EL ROBOT RV-N10
142		ANEXO 5: PROGRAMACION INTEGRADA A DN DEL MÓDULO DE CALIDAD ENTRE QC 500/FANUC200i/MICRO MC68HC11A1FN/DEVICE NET

INDICE DE FIGURAS

Página	Figura
22	Figura II.1: Curva de consistencia de agrupamientos industriales en BC
22	Figura II.2: Vocaciones industriales previstas por el gobierno de BC
30	Figura III.1: Modelos de manufactura integrando por módulos
31	Figura III.2: Relación Nivel de Producción /Flexibilidad
33	Figura III.3: Clasificación por bus de dispositivos (Device Bus) y por Procesos (Process Bus)
35	Figura III.4: Modelo de red industrial actual (Pérez, 2007)
36	Figura III.5: Jerarquías de redes industriales de fabricación
38	Figura IV.1: Línea de tiempo de desarrollo de los bus de campo
49	Figura IV.2: Modelo Productor /Consumidor
49	Figura IV.3: Datagrama o trama de datos del protocolo CAN-Bus
51	Figura IV.4: Topología de Bus Device Net
52	Figura IV.5: Bus con cable plano y arreglo típico de componentes
52	Figura IV.6: Características físicas del cable plano DN.
53	Figura IV.7: Amperajes y distancias máximos permitidos por tipo de cable
53	Figura IV.8: Distancias máximas permitidas entre nodos
54	Figura IV.9: Distancias máximas entre terminadores resistivos
55	Figura IV.10: Conectores tipo Micro/Mini
55	Figura IV.11: Conectores tipo abierto
55	Figura IV.12: Terminadores
56	Figura IV.13: Conexión a fuente de energía por tipo de cable

- 57 Figura IV.14: a) Transferencia de Información en una red tipo Device net
 b) Escáner para monitorear el tráfico de red
- 57 Figura IV.15: Red DN conectada al multiconector Flex I/O Rack
- 58 Figura IV.16: Sistema Flex I/O conectado a procesador de Device Net
- 59 Figura IV.17: Comunicación con I/O de Devicenet
- 59 Figura IV.18: Entradas y salidas en DN copiada a N10
- 60 Figura IV.19: PC con software RSNetworx escáner conectado al Chasis SLC500
- 62 Figura IV.20: Rizo de Control típico de un proceso industrial
- 63 Figura IV.21: Estandarización de una interfase digital usando sensores inteligentes.
- 64 Figura IV.22: Integración de Microcontrolador Convertidor y amplificador
- 64 Figura IV.23: Integración en un chip de un micro convertidor
- 64 Figura IV.24: Esquema general de los componentes del Robot
- 66 Figura IV.25: Estados del Bus de Comunicación
- 67 Figura IV.26: Trama utilizada por la Red Device Net.
- 68 Figura IV.27: Sistema SLC5/3 y tarjeta PCIDS
- 69 Figura IV.28: Ubicación del Compact Block
- 69 Figura IV.29: Esquema de conexión de los dispositivos
- 71 Figura IV.30: Posición Inicial y Posición Final de robot Fanuc en rutina de prueba
- 72 Figura IV.31: Programa de comunicación Robot- Red
- 73 Figura IV.32: Sensores en red
- 74 Figura IV.33: RSNetworx arreglo en Red
- 74 Figura IV.34: Diagrama de Flujo DeviceNet-Robot Fanuc. R Mate 200i
- 75 Figura IV.35: Diagrama esquemático de prueba DeviceNet

- 76 Figura IV.36: Diagrama de escalera del Proceso
- 77 Figura V.1: Componentes del torno CNC HAAS SL20
- 78 Figura V.2: Configuración de las salidas de los relevadores M21 a M25 del torno SL-20.
- 79 Figura V. 3: Diagrama del pulso para detectar la entrada por medio del M-FIN.
- 79 Figura V.4: configuración de la entrada del M-FIN
- 80 Figura V.5: Conector RS232 serial para PC
- 81 Figura V.6: Ejemplo de un programa compilado para realizar un maquinado en diámetro interior
- 82 Figura: V.7: Foto en el sistema de transferencia Robot Mitsubishi Melfa RV-N10
- 83 Figura V.8.: Identificación de los ejes y de las partes del cuerpo del robot.
- 88 Figura V.9: Circuito para la detección de la señal de entrada para el torno SL-20 por medio del M-FIN.
- 88 Figura V.10: Circuito para la detección de la señal de entrada para el torno SL-20
- 89 Figura V.11: Conexión del circuito de interfaz a la entrada M-FIN en el Torno
- 90 Figura V.12: Esquema de posiciones para el robot RV-N10 para el proceso de carga, maquinado y descarga de una pieza.
- 92 Figura. V.13: Conexión de la salida 4 del robot RV-N 10 al circuito para la detección de entrada por el M-FIN del torno SL-20
- 93 Figura. V.14: Conexión Física de la salida 4 del robot
- 93 Figura V.15: Conexión de las entradas del robot.
- 94 Figura V.16: Módulo de manufactura CNC-Robot
- 96 Figura V.17: Diagrama de flujo del proceso automático de carga, maquinado y descarga de una pieza (Pelayo, 2006)

99	Figura. VI.1. CMM y medición de pieza manufacturada
103	Figura VI.2: Sensores externos para determinar si es pieza buena o mala
103	Figura VI.3: Módulo de Calidad CMM-Robot
104	Figura VI.4: Arreglo incluye un microcontrolador para adecuar y controlar una señal de un dispositivo o sensor
105	Figura VI.5: Interfase Microcontrolador/Can Bus
106	Figura VI.6: Diagrama de comunicación del módulo de calidad con adecuación de señal para puerto serial 232
107	Figura VI.7: Arreglo de interfase por microcontrolador
108/109	Figura VI.8: Diagrama de flujo de control para Rutina de Carga/medición /disposición
112	Figura 1: Inicio por DN a través de circuito optóacoplador
113	Figura 2: Control de red interoperable con cableado mínimo

INDICE DE TABLAS

Página	Tabla
25	Tabla II.1: Clasificación de la industria del maquinado Sector/Capacidad tecnológica
32	Tabla III.1: Clasificación de Red y sus protocolos
51	Tabla IV.1: Trama de un paquete de datos CAN Bus
53	Tabla IV.2: Relación de distancias de cable y velocidad de transmisión
54	Tabla IV.3: Descripción de tipo de conector
54	Tabla IV.4: Identificación color de cable
56	Tabla IV.5: Longitud de cable/ Corriente permitida
61	Tabla IV.6: Tipos de sensores y sus tipos de salidas
66	Tabla IV.7: Ejemplo de un programa
67	Tabla IV.8: Comparativo OSI-DeviceNet
69	Tabla IV.9: Asignación de números de nodo
70	Tabla IV.10: Distribución de los elementos en el mapa de memoria.
87	Tabla V.1: Programa CNC con espera de señal M-Fin
90	Tabla V.2: Programa para el robot RV-N10.
101	Tabla VI.1: Programa para medir una pieza con subrutina de control para la variable de medición resultante.
102	Tabla VI.2: Programa del Robot Fanuc con subrutina de disposición

i. ANTECEDENTES

El presente trabajo referente a la propuesta de un modelo de automatización para un sistema de manufactura surge a través en un proyecto de investigación convocado por el gobierno de el estado de Baja California a través de los fondos mixtos CONACYT (Convocatoria 2004-2) en relación a los requerimientos de automatización para la industria metalmecánica específicamente la relacionada con los sectores automotriz y aeroespacial. Es así que se presentó en esa convocatoria el proyecto titulado: “Estudio sobre requerimientos de automatización para mejorar la producción en la industria metal-mecánica en los sectores automotriz y aeroespacial”.

La propuesta del modelo de automatización se fundamentó en 4 premisas:

1. Automatizar en base a un esquema de simplificación.
2. Integrar maquinaria de manufactura industrial con o sin conectividad
3. Integrar por medio de una red de comunicación
4. Reducción de costos de construcción

Este modelo también debería resolver el requerimiento de automatización en las micro y pequeñas empresas, sobre la creciente necesidad de integrarse a cadenas de proveeduría con empresas transnacionales del sector metalmecánico localizadas en nuestra región, para lo cual se requiere la fabricación de componentes, partes y subensambles competitivos en calidad costo y tiempos de entrega. El modelo propuesto se crea a partir de los 3 fundamentos de un proceso de producción: la manufactura, la transferencia y el control de calidad, los cuales en la industria metalmecánica están asociados directamente a maquinaria industrial: (tornos, fresadoras, prensas, robots etc.), maquinaria de transferencia (bandas transportadoras, rieles aéreos, cadenas de arrastre, vehículos de transferencia etc.) y maquinaria y equipo de medición (máquinas CMM, instrumental de medición, sistemas ópticos etc.).

Se presentó un modelo de manufactura considerando 2 módulos independientes: uno de manufactura, y otro de control de calidad y ambos con integración de equipo de transferencia. Este esquema de módulo ofrece la ventaja de la operación independiente o integrada. Finalmente se presenta el elemento integrador la red de comunicación, el cual debe cumplir con 3 premisas: simplificación en su construcción, eliminación de cableado excesivo, integración directa sin interfases complejas y con capacidad de crecimiento (escalabilidad).

Dentro del proyecto FOMIX se establecieron los siguientes alcances, los cuales en su mayoría coinciden con el proyecto de tesis que aquí se presenta.

ii. ALCANCE DEL PROYECTO

Creación de un modelo físico (sistema automatizado de manufactura) que evidencie la simplificación de los procesos de automatización en consideración a los requerimientos de la industria metalmecánica regional, especialmente la aeroespacial y la automotriz.

Contribución Técnica

Establecimiento de un procedimiento o estrategia de automatización de un proceso de manufactura sobre la base de una plataforma de red industrial y bajo el concepto modular, este modelo de automatización se considera en base escalable, y da la posibilidad de centralizar el proceso de manufactura, de integrar ya sea módulos o en su caso dispositivos como sensores o actuadores.

Productos Resultantes de la Investigación

1. Una propuesta metodológica para automatizar líneas de ensamble o producción bajo el esquema de conectividad directa y en tecnología de red de comunicación considerando un sistema modular escalable.
2. Sistema de manufactura integrado a red, para apoyo de la industria local para simular y optimizar sus procesos de manufactura y producción así como para realizar actividades de investigación en robótica, manufactura automatizada, redes industriales de comunicación y administración de la producción

Mecanismos de Transferencia Considerados o Utilizados

Se consideró la transferencia directa a través de la reproducción de procesos automatizados de manufactura para 2 empresas locales, con el fin de validar la efectividad del proceso, también se ofrece la posibilidad para micro y pequeñas empresas para realizar corridas de producto en red y motivar así la transferencia para automatizar con pequeños módulos de manufactura.

Impacto Socio – Económico del Proyecto (Beneficio Potencial).

El impacto Socio Económico es importante si se logra popularizar la automatización de líneas de manufactura y ensamble a través del concepto propuesto: módulos y red, y bajo el esquema de simplificar la misma automatización a través de conectividad directa.

El beneficio socioeconómico es alto dado que una empresa con procesos automatizados tanto de producción como de la información, será una empresa más competitiva, donde su producto será un producto de calidad con especificaciones muy exigentes y con alto volumen de producción. Asimismo con alto factor de respuesta ante demandas de productos complejos tanto en su diseño como en sus procesos de manufactura y ensamble.

La investigación se dividió en 3 etapas

1. Determinación de los requerimientos de automatización y propuesta de un modelo básico (simplicidad y reducción de costos)
2. Construcción del modelo manufactura/transferencia/control de calidad
3. Integración del sistema de manufactura automatizada

En soporte para la realización del proyecto en sus 3 etapas se organizaron 4 grupos de trabajo

1. Grupo de encuestas para determinación de requerimientos
2. Grupo de caracterización de modelo de red
3. Grupo de integración del módulo de manufactura
4. Grupo de integración del módulo de calidad

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

La manufactura moderna se fundamenta en 3 factores: flexibilidad, tanto de procesos como de productos, altas velocidades o razones de producción y tolerancias muy cerradas sobre especificaciones, esto sólo se logrará con sistemas automatizados de manufactura, de transferencia y de medición. La interacción de estos sistemas debe ser coordinada, de tal forma que se genere un flujo de producto ágil y eficaz. Para ello estos deben estar integrados a una red de comunicación que controle los procesos y el tráfico de los productos considerando la simplificación en la conectividad a través de puntos de control directos e indirectos cuando no exista conectividad a red en los dispositivos, sensores y máquinas

Es así que un el sistema debe integrar en un modelo mínimo 4 elementos básicos: un sistema de manufactura, un sistema de transferencia, un sistema de calidad para su integración y control a una red de comunicación industrial. En este documento se presenta la propuesta de un modelo de manufactura automatizado basado en la integración de módulos de manufactura y calidad, siendo capaz de realizar el proceso de manufactura de una pieza de trabajo y su verificación dimensional de forma automatizada y en condiciones de control a través de una red industrial.

El concepto de manufactura integrada por computadora (CIM por sus siglas en Inglés) desde su nacimiento consideró la integración de diferentes subsistemas o módulos en la construcción de sistemas automatizados de manufactura, incluyendo robots (Kao, 1997).

En uno de los primeros estudios de integración se observó la necesidad de establecer protocolos abiertos, en un modelo de cliente/servidor, realizado por Mariaio en 1997, logró integrar 16 robots y 30 plcs mediante el uso de un servidor de comunicaciones, una tarjeta multipuerto y un bus de campo tipo Profibus.

Los futuros escenarios de la automatización distribuida requieren de más mecanismos para las funciones de distribución remota debido a los siguientes requerimientos:

Supervisión centralizada y control remoto, configuración, asignación de parámetros y dispositivos, mantenimiento de automatización distribuida, atención de supervisores y expertos externos de forma remota para el mantenimiento y la operación de plantas (Cueej, et al, 2004).

La solución para realizar un modelo de manufactura para pequeñas empresas es la integración de procesos en donde los sistemas deben ser adaptables para las condiciones reales de la instalación de la empresa, esto sólo se logrará con la creación de subsistemas en el procesos de producción (Bali, 1995)

I.1 HIPÓTESIS

Actualmente los requerimientos de la manufactura moderna se fundamentan en 3 factores: flexibilidad, tanto de procesos como de productos, altas velocidades o razones de producción y tolerancias muy cerradas sobre especificaciones, la propuesta de un modelo de manufactura automatizada sobre requerimientos de automatización para la industria metalmeccánica regional, se logrará con máquinas y equipos de manufactura, de transferencia y de medición. La interacción de estos debe ser coordinada, de tal forma que se genere un flujo de producto ágil y eficaz, integrándose a una red de comunicación que controle los procesos y la transferencia de los productos, considerando conectividad directa e indirecta de sensores, máquinas y equipos.

I.2 OBJETIVOS

Crear un Sistema Automatizado de Manufactura (SAM) que considere la infraestructura mínima necesaria para realizar un proceso de producción bajo sus tres requerimientos básicos; manufactura, transferencia y control de calidad por medio de la integración de módulos o celdas independientes a una red industrial, a través de puntos de conectividad directos cuando estos existan y por medio de dispositivos diseñados para ello.

I.3 ALCANCE

Desarrollar el SAM considerando 2 módulos: uno de manufactura y otro de control de calidad, así como sus sistemas de transferencia para su integración y control en una red de comunicación industrial, que cumpla con los requerimientos mínimos de automatización para la industria regional del sector metalmeccánico.

CAPITULO II: REQUERIMIENTOS DE AUTOMATIZACIÓN DEL SECTOR METALMECÁNICO EN LAS AREAS AUTOMOTRIZ Y AEROESPACIAL

II.1 ANTECEDENTES

En Baja California se ha establecido un ambicioso plan de desarrollo industrial, para transitar del modelo de industria maquiladora basada en el uso intensivo de mano de obra (ventajas comparativas) al de uso intensivo del conocimiento (ventajas competitivas). Esta conversión debe estar soportada en todo un proyecto integral que desarrolle capacidades tecnológicas, infraestructura industrial y proveeduría local, en un esquema de sustentabilidad.

En los planes gubernamentales siempre se ha considerado esta situación, pero en la práctica poco se ha hecho, la actual industria localizada en nuestro estado y la que se esta instalando siempre ha cuestionado nuestras capacidades, vocaciones y madurez, para dar soporte a una industria de alto nivel de tecnológico.

De hecho es hasta esta década cuando se han presentado planes de desarrollo industrial más congruentes con una visión a largo plazo en donde se considera un proyecto educativo orientado a la ciencia y la tecnología, y con el cual se pueda dar soporte tecnologico a esta industria por medio de la investigación, el desarrollo y la tranferencia de tecnología. Es asi que la universidades y centros de investigación en conjunto con el gobierno y la industria han considerado la formacion de recurso humanos de alto nivel. Para el caso que nos ocupa: una de las áreas de interés estratégico para su desarrollo a mediano y largo plazo lo es la industria metalmecánica, en las areas automotriz y aeroespacial.

La anterior situación obliga al sector académico a dar soporte tecnológico a la industria metalmecánica, especialmente en la automotriz y la aeroespacial. La necesidad de procesos automatizados para cumplir con los altos requerimientos y estándares internacionales de este sector, requiere del desarrollo y dominio de tecnologías como la automatización y la robótica para ofrecer procesos y productos competitivos para el mercado global más exigente.

La especialización industrial de Baja California en el sector de “productos metálicos, maquinaria y equipo”, tanto en el ámbito de la micro y pequeña empresa como en el de las modernas plantas maquiladoras, se asocia a la existencia de una economía de redes entre empresas del sur de California y de los países de Asia, que se han instalado en la región.

El papel de las instituciones surge como relevante, al menos, en el caso de los procesos de acumulación de capacidades tecnológicas en PYMES, proveedoras de la industria maquiladora. Muchas de estas empresas han acumulado capacidades técnicas pero aún carecen de estructuras organizativas y sistemas de calidad que les permitan integrarse fácilmente a la red de proveedores de empresas globales. (Dutrenit, 2002)

Según datos del INEGI en el año 2000 existían en México más de 3500 plantas maquiladoras asentadas prácticamente en todo el territorio mexicano, las cuales emplean a cerca de 1 millón 300 mil personas. Sin embargo, la evolución de la industria maquiladora no se ha limitado al crecimiento del número de establecimientos y de empleados. Muchas plantas sufrieron cambios cualitativos importantes en su forma de operar, en la proporción de personal mexicano que ocupa cargos técnicos y de dirección, en su grado de autonomía productiva organizacional y tecnológica con respecto a la casa matriz, etc.

Si bien no existen datos precisos que permitan medir la magnitud de dicha transformación, se sabe que existe gran heterogeneidad tecnológica y organizativa al interior de la industria, debido a que estudios recientes permiten constatar que muchas de las primeras plantas maquiladoras evolucionaron de ensambladoras con procesos intensivos en mano de obra a convertirse en verdaderas plantas manufactureras globales que realizan todo el proceso de producción en el país (Vera-Cruz, 2002).

El crecimiento de los establecimientos industriales de la entidad se sustenta en la micro y pequeña empresa, mientras que el crecimiento del empleo industrial lo hace en las actividades de subcontratación (Mungaray et al., 2001). Sin embargo, la concentración de ambos tipos de empresas en el sector de productos metálicos, maquinaria y equipo, así como las diferencias de productividad expresadas en el valor agregado, no explican por qué las micro y pequeñas empresas no terminan por salir del mercado, ni por qué las modernas maquiladoras no ajustan sus salarios al alza de acuerdo con su productividad.

La importancia de Baja California como sitio de localización industrial para este tipo de empresas modernas y con altos niveles tecnológicos es tal, que en el estado se ubican alrededor del 35% de las plantas maquiladoras del país, que generan el 21% de los empleos y el 22% del valor agregado.

Tan sólo en Tijuana se encuentran 730 plantas que generan 150 mil empleos, mientras que en Mexicali están 180 plantas con 50 mil empleos. Juntas absorben el 30% de las plantas y el 20% de los empleos del país. En los hechos, la fuerte presencia y concentración de plantas de origen asiático en el corredor Tijuana-Mexicali, con un 30% de la inversión de la zona, lo ha convertido en el centro productor de televisión a color más grande del mundo.

Baja California se caracteriza por un dinámico crecimiento económico y por avances sociales y educativos que le han permitido ocupar una posición estratégica en el contexto económico nacional. Es una de las regiones con mayor disponibilidad de factores productivos dada la fuerte corriente migratoria del interior del país, así como los grandes flujos de inversión extranjera directa de la industria maquiladora. Su capacidad exportadora y generadora de empleo la sitúan con un crecimiento por encima de la media del país y con menor tasa de desocupación abierta. (Mungaray, 2003)

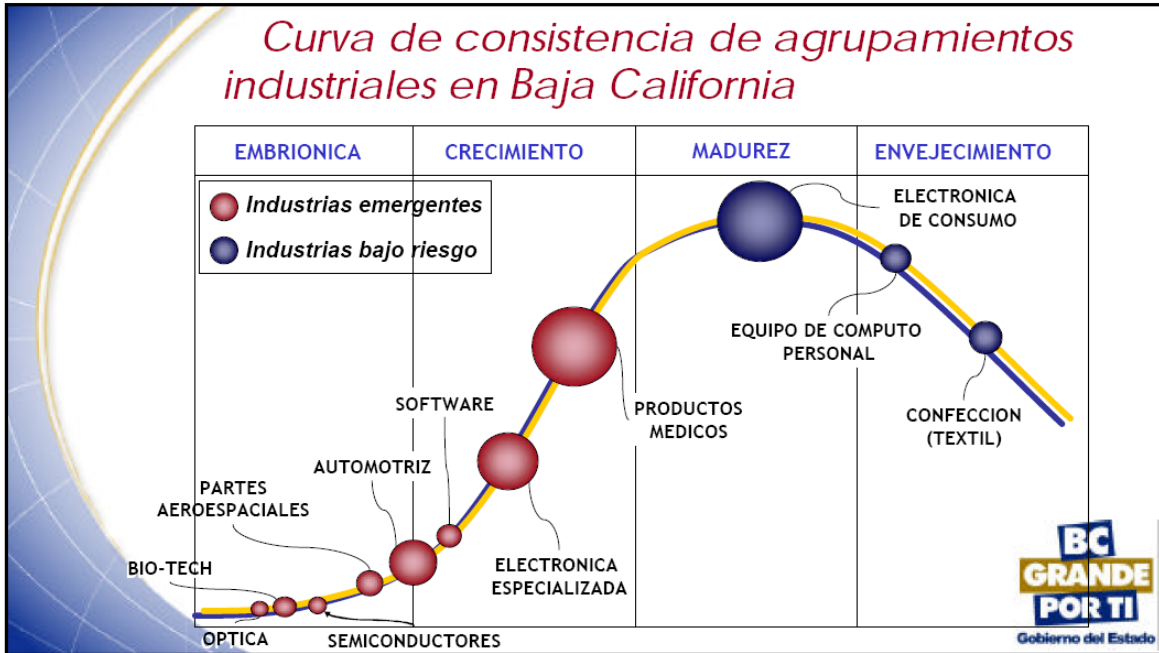


Figura II.1 Curva de consistencia de agrupamientos industriales en BC (SEDECO BC, 2005)

Un proyecto estratégico de nuestros gobiernos es el desarrollo de la industria metalmecánica especialmente en el sector aeroespacial y automotriz, tanto la industria ya localizada como la que esta por instalarse (ver figuras II.1 y II.2), esta industria observa un nuevo esquema de operación en sus procesos esto es; buscan que sus procedimientos de manufactura sean competitivos tanto en calidad, costo y volumen de producción, para ello se requiere de sistemas automatizados o semiautomatizados que logren ubicar a esta industria en un nivel de empresas de 3ra. generación o sea empresas de base tecnológica.



Figura II.2 Vocaciones industriales previstas por el gobierno de BC (SEDECO BC, 2005)

La propuesta de un modelo de automatización adecuado principalmente a la pequeña empresa para su integración a las cadenas de proveeduría, genera la necesidad de definir requerimientos de automatización de las empresas metalmecánica dentro de nuestro estado para así proponer un adecuado modelo de automatización, el cual se deberá orientar hacia modelos del tipo: sistemas flexibles de manufactura (SFM) considerando una serie de condiciones fundamentales en la lógica de los procesos de producción, manufactura, calidad, costos y la conectividad de las máquinas, sensores, actuadores, a una red industrial.

II.2 INDUSTRIA METALMECÁNICA EN BAJA CALIFORNIA

II.2.1 INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

Una de las actividades económicas con fuerte potencial de desarrollo para Baja California es la manufactura de partes automotrices y el ensamble de vehículos. El noroeste de México se está convirtiendo en una de las regiones automotrices más dinámicas de Norteamérica. Con el arribo de Toyota y su proyecto de manufactura de camionetas pick-up Tacoma; y la presencia de Kenworth en el ensamble de tractocamiones; Baja California emerge como una de las nuevas áreas de desarrollo de la industria automotriz en Norteamérica.

Aproximadamente 84 empresas proveedoras automotrices operan en Baja California. Firmas como, Hyundai Translead, Thyssenkrup Bud, Honeywell Automotive, LN Safety Glass, Autoliv, SKD Automotive y Furukawa Electric dedicadas a la manufactura de parabrisas, cinturones de seguridad, sensores, radiadores, partes para motor, bolsas de aire, relevadores y arneses, entre otros productos.

Con un total de 22.7 millones de vehículos (equivalentes al 11.2% del total de vehículos registrados en los EEUU) California representa un impresionante mercado de refacciones y autopartes, justo al otro lado de la frontera. (SEDECO BC, 2008)

Algunas compañías establecidas en Baja California:

Toyota
Kenworth
Hyundai
Honeywell
Delphi
Furukawa Electric
Wabash Technologies
ThyssenKrupp Budd
Automotive Safety Components International

II.2.2 INDUSTRIA AEROESPACIAL

México representa una ubicación estratégica para el desarrollo de la industria aeroespacial y se ha convertido en el socio natural para la manufactura de productos sensibles a la seguridad nacional de Estados Unidos.

Con más de 40 firmas establecidas, Baja California representa una concentración única con el 35% del total de compañías en México, que ensamblan y manufacturan partes y componentes aeroespaciales. La mayoría de estas empresas se concentran en el corredor Mexicali-Tecate-Tijuana.

La industria aeroespacial se ha convertido en un campo de alto conocimiento que emplea a más de 12,000 bajacalifornianos, 50% de los empleos generados por este sector en México. Existen divisiones particulares que están creciendo con gran rapidez, como la militar y la relacionada con el subensamble de jets privados.

Con la implementación del BASA (Bilateral Aviation Safety Agreement), proyecto actual de las autoridades federales, las compañías aeroespaciales podrán certificar diseños y componentes hechos en México, cumpliendo con los estándares estadounidenses y de conformidad con los criterios establecidos por FAA (Federal Aviation Administration), evitando recertificaciones y segundas revisiones por parte del gobierno de los Estados Unidos. Algunas compañías establecidas en Baja California de este sector se muestran enseguida:

Honeywell
Gulfstream
Rockwell Collins
Lockheed Martin
Lisi Aerospace
Tyco Electronics
Thayer Aerospace
Chromalloy Aerospace
GKN Aerospace
The Mexmil Co.
C&D Aerospace
Orcon Corp.
HST
Volare Engineering
Empresas L.M.
Southco Inc. (Hartwell Dzus)
Pacmin
Delphi Connection Systems
Leach International
Crissair Inc.
Suntron Corp.
TDI Transistor Services
Hutchinson Seal
Mahetsa
Ascotech
Electromech Components

II.3. CARACTERÍSTICAS DE LA INDUSTRIA EN BAJA CALIFORNIA

Existen un poco más de 120 compañías aeroespaciales operando en México. De acuerdo con la Secretaría de Economía, se espera que en los próximos 6 a 8 años, México cuente con una línea de producción realizando el ensamble de Jet Ejecutivos.

Un proyecto estratégico del gobierno es la consolidación de cluster aeroespacial. Las compañías establecidas se están agrupando, con el objetivo de identificar oportunidades y limitaciones que permitan desarrollar el sector aeroespacial en la región (proveedores, mano de obra, aspectos legales, etc.), todo esto apoyado por los gobiernos locales, universidades, cámaras industriales y organizaciones relacionadas al ramo. (SEDECO BC, 2008)

Se puede afirmar que; tanto la industria ya localizada como la que esta por instalarse ha venido transformándose en sus procedimientos, formas de operación y en sus procesos, esto es; buscan que sus productos sean competitivos tanto en calidad, costo y volumen de producción para ello se requiere de sistemas automatizados o semiautomatizados, que logren transformar esta industria empresas de 3ra generación o tipo III, esto es empresas de base tecnológica, como se observa en la tabla II.1.

Adicionalmente la industria nacional lograria su inserción en los mercados de la proveeduría, como es el caso de la industria del maquinado considerada en un principio intensiva en mano de obra. Actualmente confronta un conjunto de barreras para poder encadenarse a la gran industria trasnacional. Las barreras más importantes son: Calidad, entrega y servicios, volumen y costo del capital

Tabla II.1 Clasificación de la industria del maquinado Sector/Capacidad tecnológica

Industria del maquinado	Sector al que provee	Descripción de Actividades de Producción y Productos	Capacidades Tecnológicas Requeridas
Tipo I	<ul style="list-style-type: none">•automotriz•electrónica de consumo	Maquinado sencillo con tornos y fresadoras manuales <ul style="list-style-type: none">•Procesos sencillos•Reciben el diseño o la muestra del cliente y lo reproducen	<ul style="list-style-type: none">•Capacidad para reproducir piezas sencillas de acuerdo a especificaciones y normas del cliente

Tipo II	<ul style="list-style-type: none"> •automotriz •electrónica de consumo 	<ul style="list-style-type: none"> •Corte, maquinado y rectificado de piezas de complejidad intermedia con tornos, fresadoras y rectificadoras manuales. •Elaboración de piezas complejas mediante procesos de electro-erosión (este proceso requiere capacidad de diseño) •Procesos complejos que requieren el uso de fresadoras automáticas programables (centros de maquinado) y/o de tornos automáticos programables (centros de torneado) <p>Productos:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Piezas y refacciones de maquinaria y equipo de planta y líneas de ensamble •Herramientales de fijación de piezas para facilitar su ensamble manual (fixturas) que implican diseños simples. •Herramientales de corte de precisión, cuchillas navajas, piezas de soporte articulación y bandejas de fijación 	<ul style="list-style-type: none"> •Capacidad para interpretar diseños existentes y reproducir piezas complejas con alta precisión •Capacidad para crear nuevos diseños de piezas con algún grado de complejidad, utilizando CAD-CAM •Capacidad organizacional y de producción para manejar producción en lotes
Tipo III	<ul style="list-style-type: none"> •automotriz •electrónica de consumo 	<p>Línea 1. Diseño y maquinado de piezas en serie</p> <ul style="list-style-type: none"> •Se refiere a las mismas piezas anteriores, pero producidas en gran volumen •Ingeniería inversa, diseño e integración de líneas de producción, y diseño y construcción de equipos de prueba. <p>Línea 2. Moldes de inyección de plástico</p> <ul style="list-style-type: none"> •Diseño y Fabricación de moldes de inyección de plástico de hasta 200 ton. de presión para TV y arneses. •Modificación de moldes de mayor presión, en aspectos de electro erosión 	<ul style="list-style-type: none"> •Capacidades técnicas semejantes a los talleres del tipo II, acrecentadas por una capacidad organizacional y de planeación de la producción que les permite manejar lotes grandes y/o producción continua de componentes. Capacidades técnicas de moldeo, electroerosión y manejo de software para diseño y producción en CNC, en pequeña escala

II.3.1 DETERMINACION DE REQUERIMIENTOS DE LA INDUSTRIA

Para la determinación de los requerimientos de automatización de la industria metalmecánica en las áreas aeroespacial y automotriz , se elaboraron 2 tipos de encuestas orientadas a determinar las necesidades de automatización a mediano y largo plazo, en éste tipo de industria a través de este procedimiento, se permitirá obtener información sobre las tendencias y a partir de estas ofrecer una propuesta de una solución para automatizar de acuerdo a estos requerimientos bajo la premisa de un modelo de automatización sencillo, eficiente y robusto (ver anexo 1).

II.3.1.1 DESARROLLO DE LA ENCUESTA

Para el análisis sobre las necesidades de automatización de la industrial metalmecánica en el Estado, se realizaron una serie de cuestionarios dirigidos principalmente a gerentes e ingenieros involucrados directamente con los procesos de automatización dentro de sus empresas.

II.3.1.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se puede observar que en la mayoría de las empresas metalmecánicas en Baja California no se cuenta con sistemas automatizados muy complejos y más bien, muchas de ellas se encuentran en proceso de modernización, la combinación de procesos manuales con semiautomatizados o automatizados, es una práctica común, aún en empresas que se pueden considerar de alta tecnología, esto evidencia que en una mayoría todavía prevalece el concepto de uso de actividades fundamentadas en la mano de obra intensiva para reducir costos de producción ante, la alternativa de una inversión económica alta para automatizar (ver anexo 2: gráficas de encuestas).

La mayoría de los procesos automatizados en donde se utilizan robots o sistemas cartesianos robotizados, se usan principalmente para transporte de material; procesos de carga y descarga, y minimamente en algunos procesos de ensambles básicos. Se observó el uso de sistemas basados en tecnologías de control básicas a través de conectividad directa con PLC (dispositivos de Control Lógico Programable) y generalmente en el concepto de islas de automatización, esto es; procesos automatizados aislados y no integrados a un administrador de control central.

También se evidenció el uso de sistemas robotizados con pocos grados de libertad los cuales cuentan con una comunicación muy sencilla utilizando en su mayoría el controlador del sistema o la misma computadora de la máquina. (FOMIX, 2007, Castellón, 2008)

II.4 PERSPECTIVAS

En la actualidad Baja California cuenta con varios proyectos para la generación de empleos, en el área industrial a partir de 2006 se empezó a construir en las faldas del Cerro El Centinela un parque industrial que será llamado Silicón Border o Frontera del Silicio ocupando en su primera etapa 1800 hectáreas, un sitio especializado en nanotecnología, que pretende ser una ampliación del Valle del Silicio que se ubica en California. No se trata de un simple servicio de maquila, sino de un complejo industrial especializado en el desarrollo del conocimiento y productos de alta tecnología (SEDECO, 2006).

Con la construcción de este parque, México contará con unos 100 mil puestos de trabajo en los próximos 20 años. Se dice que se proyectará como uno de los países que manufacturan alta tecnología y se convertirá en el origen de futuras naves industriales similares a lo largo del país.

Como parte de la construcción de la Frontera del Silicio, el gobierno de Baja California tiene previsto construir centros universitarios cercanos al parque, tender carreteras e infraestructura y operar vuelos directos entre la Silicón Border y el Silicón Valley de California. Como parte del proyecto también se tiene previsto llevar a cabo desarrollos residenciales en esa zona, para quienes trabajen en el nuevo parque industrial, con lo cual se reactivaría de manera importante la economía de esa localidad. Aunque este proyecto no involucra a la industria metalmecánica es importante mencionarla debido a este proyecto abrirá la puerta a nuevos proyectos de tecnología y de generación de empleos. Las

industrias ya establecidas en nuestro Estado tendrán que tomar un rumbo orientado a la automatización de sus procesos para estar a la par con el mercado mundial.

De acuerdo a los resultados de las encuestas realizadas en las empresas se observó una clara tendencia a la automatización de los procesos en términos generales, bajo dos supuestos, incremento de la velocidad de proceso para minimizar el tiempo de ciclo y las operaciones, con lo cual se reducirá el número de defectos tanto en los maquinados, ensambles como el transporte o transferencia, en todos los casos existe este lugar común, pero en la práctica se ha observado que la automatización en gran escala es costosa y requiere de sistemas de control muy complejos.

Las empresas localizadas en la región prefieren realizar una combinación de procesos automatizados con operaciones manuales, para ello se buscan los procesos más necesitados de ser automatizados y que la inversión sea redituable, se observa que el proceso más recurrido para la automatización: es la transferencia o transporte del producto bajo dos condiciones: movimiento de productos de gran volumen y peso así como el manejo de productos peligrosos ya sea por el proceso o por sus componentes.

La industria maquiladora en el sector automotriz y aeroespacial ha logrado un buen nivel de automatización en sus procesos de producción, es el caso de Honeywell Automotriz, en donde se han desarrollado toda una infraestructura para realizar procesos automatizados o semiautomatizados, a través del uso de: celdas de manufactura, máquinas CNC, redes de comunicación industrial, máquinas de ensamble y verificación semiautomatizadas y la metodología Six Sigma y técnicas Poka Yoke.

CAPITULO III: PROPUESTA DE UN MODELO DE MANUFACTURA AUTOMATIZADO

III.1. PLANTEAMIENTO

Se puede afirmar que el modelo de automatización más adecuado para el sector metalmecánico regional es a través de la integración de maquinaria industrial (La cual puede contar con conectividad o no en una red de comunicación industrial que administre y controle un proceso o una línea de producción).

III.1.2 OBJETIVO

Crear un modelo de manufactura automatizado que considere la infraestructura mínima necesaria para realizar un proceso de manufactura bajo sus tres requerimientos básicos de producción; manufactura, transferencia y control de calidad por medio de la integración de módulos o celdas independientes a una red industrial.

III.1.3 ALCANCE

Desarrollar el MAM (Modelo de Manufactura Automatizado) para su integración y control en una red de control y comunicación industrial que incluya:

1. Selección, caracterización y desarrollo de la red industrial que se utilizará en la integración.
2. Caracterización y desarrollo del módulo genérico de manufactura:
 - a. Centro CNC
 - b. Robot Melfa RV-N10
 - c. Conectividad DN Integración
3. Caracterización y desarrollo del módulo genérico de calidad.
 - a. Máquina CMM
 - b. Robot Fanuc 200i
 - c. Punto de Conectividad

III.1.4 MODELO DE PROCESO DE MANUFACTURA

También se pudo establecer un criterio de integración para un modelo de manufactura básico el cual considera 3 módulos: Módulo de Manufactura (CNC-Robot), Módulo de Calidad (CMM-Robot), Módulo de red (Red industrial).

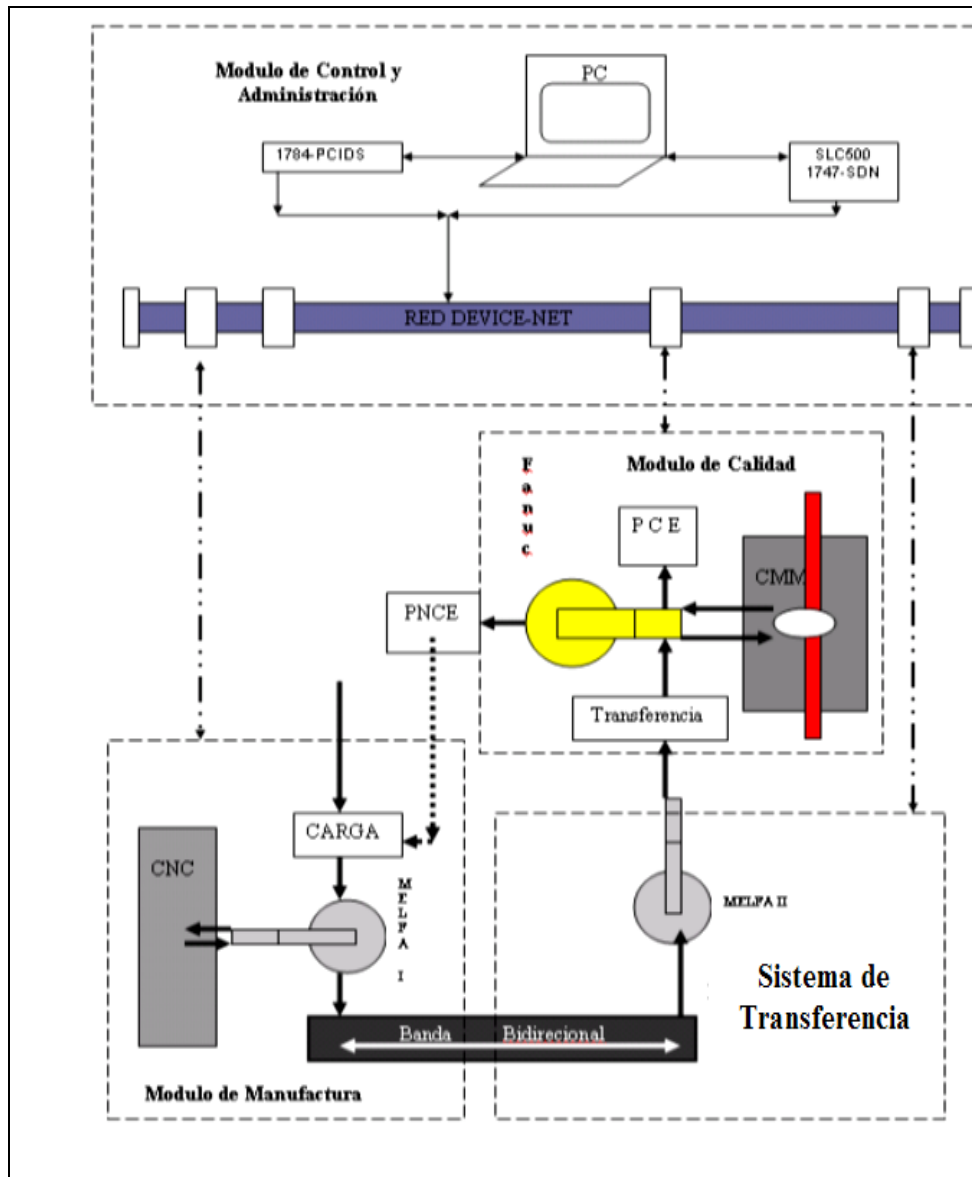


Figura III.1 Modelo de manufactura integrando por módulos

Se estableció una propuesta de administración de procesos, tomando como base el flujo de un producto a través de estos módulos interconectados. Este esquema inicial será nuestro modelo en la creación del sistema de manufactura automatizado (SAM).

III.1.5 ANTECEDENTES

III.1.5.1 SISTEMAS FLEXIBLES DE MANUFACTURA (FMS)

Un sistema flexible de manufactura (FMS) consiste en un grupo de estaciones de procesos interconectadas por un alimentador de material automático y un almacén controlado por un sistema integrado por computadora. Un FMS es capaz de procesar una variedad de diferentes partes simultáneamente y es capaz de optimizar cada paso de un total de

operaciones de manufactura. Estos pasos pueden involucrar uno más procesos y operaciones, como maquinado, cortado, torneado, taladrado, fresado así como flujo de material, inspección y ensamble. Las aplicaciones más comunes de FMS a la fecha son las operaciones de maquinado y ensamble. Una gran variedad de tecnología FMS está disponible para la manufactura.

Los sistemas flexibles de manufactura representan un alto nivel de eficiencia, sofisticación y productividad que se tendría que conseguir en las plantas de manufactura. La flexibilidad de FMS incluye una gran variedad de familia de partes configurables, para producir en cualquier momento. (Ver la figura III.2).

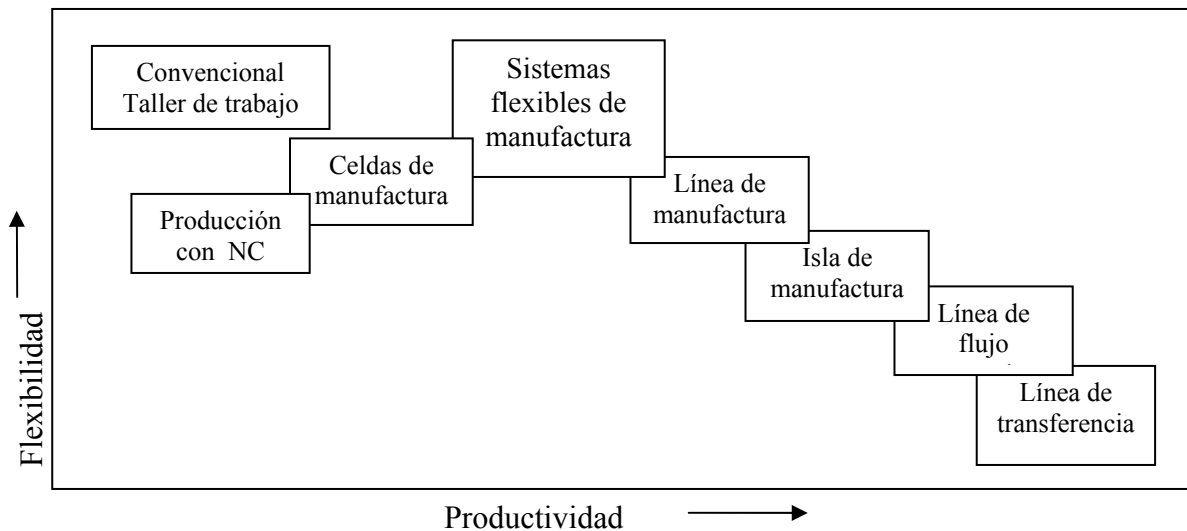


Figura III.2: Relación Nivel de Producción /Flexibilidad, (DMI, 2005).

Un FMS es un sistema diseñado para tener una programación y control de un proceso automático de una variedad de productos a través de celdas y o máquinas de producción. La operación total debe ser controlada por una computadora central, la cual se comunicará con todos los equipos, máquinas, sensores, actuadores, etc., por medio de un sistema de comunicación. Un FMS puede tener una gran cantidad de máquinas de procesos de manufactura, de manejo y transporte, de inspección y de administración de herramienta. La computadora central o Host integra en red a todos los equipos y los controla de forma directa a través de comunicación directa con los controles autónomos de cada una. (Koshal, 1993).

La manufactura automatizada y sus procesos de control requieren que la transmisión de información sea eficiente y confiable para la medición y el control de dispositivos y máquinas en el piso de producción. La competencia, los requerimientos de los consumidores continúan elevándose por lo tanto las empresas necesitan ser más efectivas y eficientes para automatizar y controlar sus procesos productivos.

En las instalaciones de manufactura actuales prevalecen el uso de dispositivos análogos de 4-20 mA (sensores y actuadores), para automatizar sin integrar y generalmente están

conectados por cable a un controlador central, se puede decir que este tipo de alambrado es de punto a punto, este tipo de conexión es muy limitado para la transmisión y recepción de la información y solamente se transmiten los datos de los procesos sin integrar información de diagnóstico.

III.1.6 JUSTIFICACIÓN

Se puede indicar que para la construcción de un FMS se tiene que considerar la existencia de máquinas automatizadas de manufactura como lo son los CNC, también se consideran equipos de transferencia y de verificación, y todos estos integrados por medio de un sistema computarizado, este es nuestro caso, adicionalmente se debe establecer que la integración debe ser sencilla pero robusta y sin interfases de conectividad lo que reducirá los costos y las complicaciones de cableados complejos; es así que en este proyecto se plantea la integración de 3 elementos: máquinas de manufactura, sistemas de transferencia y de calidad y la red de comunicación, proponiendo su integración a través de una red industrial CAN-Bus.

III.1.6.1 TECNOLOGÍA DE BUS DE CAMPO

Existen diferentes tipos de redes de campo (fieldbus) actualmente. La tendencia de los desarrolladores de redes es la de ofrecer un método estandarizado de conectividad en donde se pueda transmitir información de variables de procesos y de diagnóstico a forma de retroalimentación para el controlador o proceso, sin embargo la amplia variedad de redes industriales existentes en la actualidad indica que no se ha establecido un estándar (ver tabla III.1.) (Le Blanc, 2008)

Tabla III.1 Clasificación de Red y sus protocolos

Redes Industriales	Tipo de bus de campo (Field Bus)
ASI	Sensorbus
WorldFIP	Fieldbus
CANOpen	Devicebus
ControlNet	Control
DeviceNet	Devicebus
Ethernet	Enterprise
FOUNDATION Fieldbus	Fieldbus
Interbus-S	Sensorbus
LonWorks	Devicebus
PROFIBUS - DP	Devicebus
PROFIBUS - PA	Fieldbus

III.1.6.2 TIPOS DE BUS DE CAMPO (FIELDBUSES)

1. SensorBus: Red de bajo Nivel. Se usa generalmente para conectar sensores de bajo costo como lo serían los interruptores on/off. Transmite cantidades pequeñas de datos y requiere de muy poco procesamiento.
2. Devicebus: Es la más grande en este tipo de red, provee de servicios de comunicación para dispositivos inteligentes y puede desempeñar múltiples funciones así como comunicar información de procesos y diagnóstico
3. Fieldbus: este tipo de red soporta grandes cantidades de transmisión de datos, pero generalmente trabaja a bajas velocidades, y requiere de más poder de procesamiento en el dispositivo.
4. Control: Orientadas a comunicaciones para comunicación con dispositivos de alto nivel, tales como PLC o Controladores
- 5 Enterprise: Se fundamenta en la red tipo troncal donde la información de negocio es compartida, predominantemente los arreglos TCP/IP en Ethernet

III.1.6.2.1 DEVICEBUS

La principal razón del porque las redes Device bus trabajan con dispositivos discretos y las redes Proces bus con dispositivos análogos es por los diferentes requerimientos del proceso de transmisión de datos. El tamaño del paquete de información tiene un efecto inverso sobre la velocidad a la cual los datos viajan en la red, En consecuencia las redes Device Bus transmiten solamente pequeñas cantidades de datos a la vez, se puede lograr altas velocidades para procesos discretos, en cambio las redes Process Bus trabajan más lentamente por los grandes tamaños de sus paquetes de datos, por lo tanto estas aplicaciones se orientan más al control de dispositivos análogos I/O (Industrial Text, 1999) (ver figura III.2).

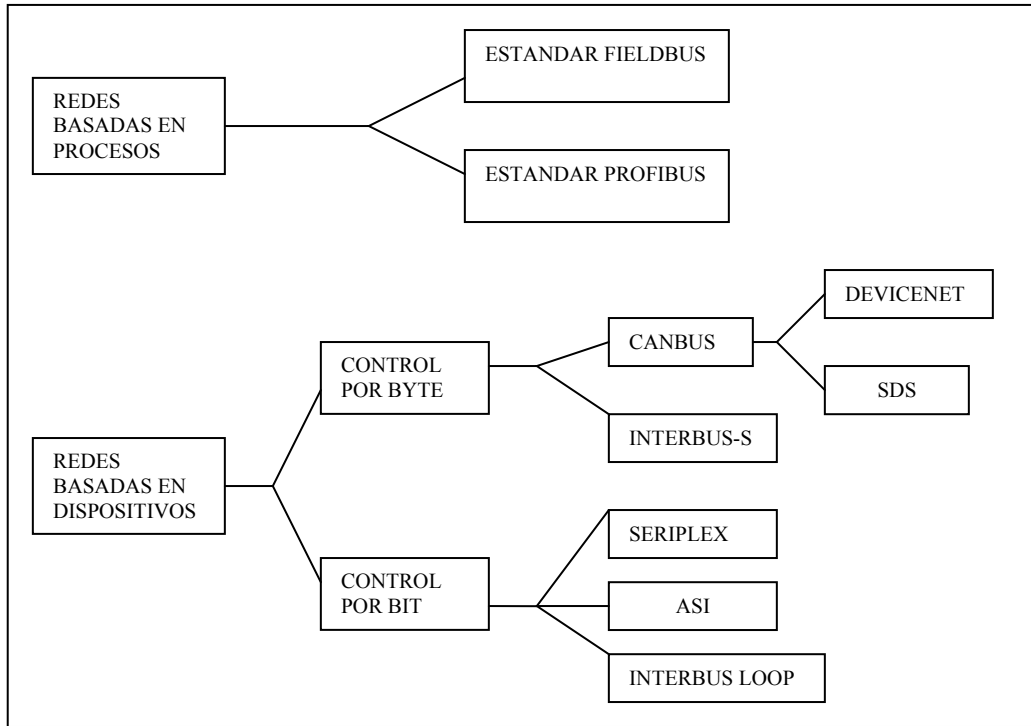


Figura III.3. Clasificación por bus de dispositivos (Device Bus) y por Procesos (Process Bus)

III.2. SISTEMAS DE FABRICACIÓN AUTOMATIZADOS Y LAS REDES INDUSTRIALES DE COMUNICACIÓN PARA SU INTEGRACIÓN.

Un sistema de fabricación automatizado se caracteriza por; un alto grado de integración y un alto grado de flexibilidad (Cisco Systems, 2002). Las líneas flexibles se constituyen por varias células y máquinas adicionales conectadas mediante un sistema de transporte y un sistema de control que permite el mecanizado de piezas de familias de partes, adicionalmente se requiere de un sistema de gestión, el cual tiene como objetivo optimizar la utilización de recursos disponibles desde el nivel de planta hasta el nivel de aplicación o campo (Ver figura III.4), a la vez que genera información sobre el desarrollo de las operaciones, los niveles de producción, necesidad de reposición de herramientas, etc.

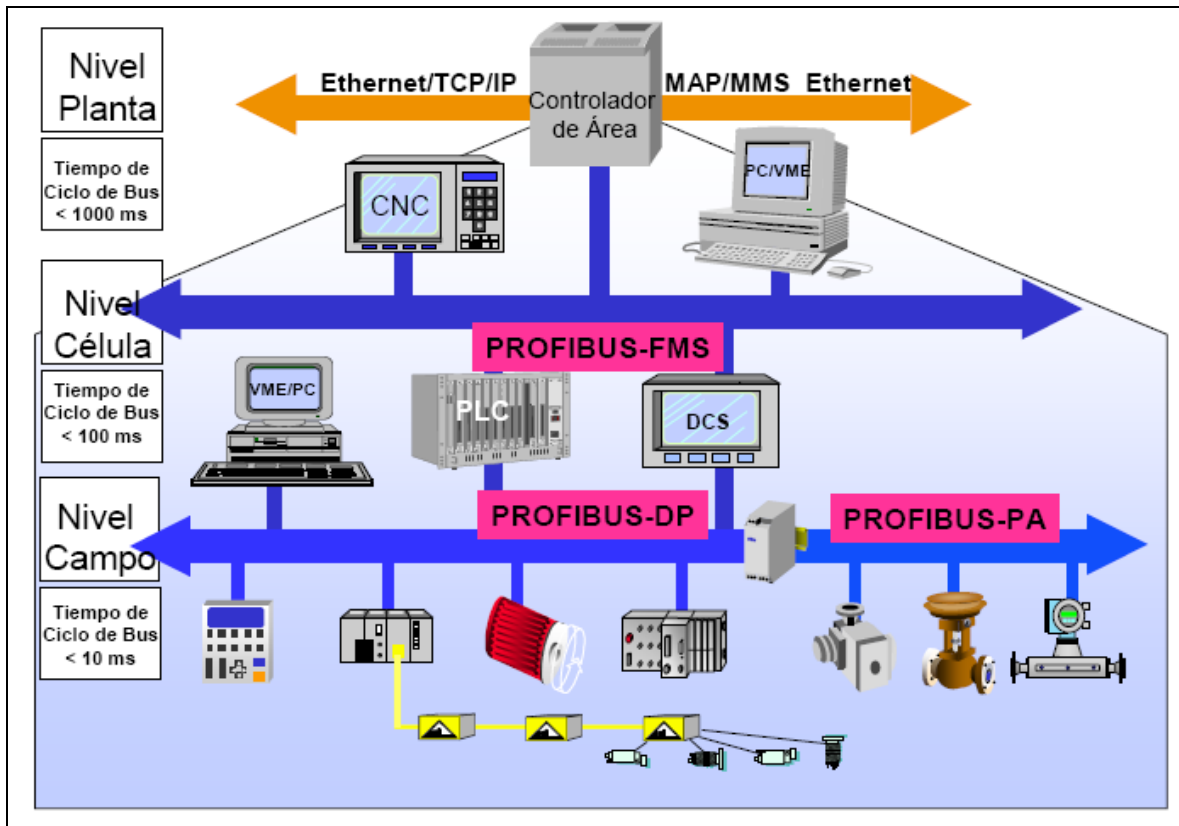


Figura III.4 Modelo de red industrial actual (Pérez, 2007)

Se observa que las redes de campo permiten la interconexión de dispositivos de campo, como sensores actuadores y controladores usando menos cableado y menos mantenimiento por su tipo de conexión punto a punto (Tovara, 1999). El sistema de gestión considera la administración de la producción y los procesos involucrados a través del control y supervisión de la información que fluye en una red local de comunicación industrial. Se puede establecer la siguiente clasificación por niveles de la red de comunicación (figura III.5).

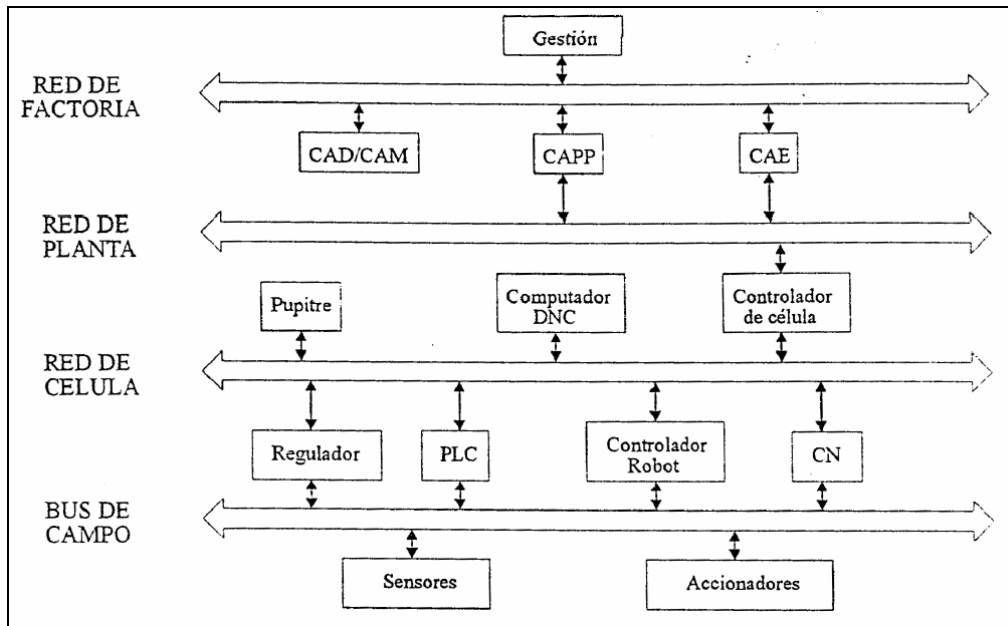


Figura III.5 Jerarquías de redes industriales de fabricación

III.2.1 VENTAJAS EN EL USO DE REDES DE CAMPO

La transmisión de datos se realiza sobre un bus digital de datos con capacidad de interconectar controladores con todo el espectro de dispositivos de entrada-salida. Estos incluyen: sensores, transmisores, interruptores y actuadores sencillos, controladores esclavos, e inteligentes, ofreciendo las siguientes ventajas.

1. Mejor calidad y cantidad en el flujo de datos.
2. Ahorrar peso y costos de cableado e instalación.
3. Facilitar ampliación o reducción del número de elementos del sistema.
4. Reducir errores en la instalación.
5. Reducir el número de terminales y cajas de conexión.

Características de la comunicación en este entorno:

1. Tamaño pequeño de los mensajes.
2. Con frecuencia el tráfico es periódico.
3. Tiempo de respuesta breve.
4. Alto nivel de fiabilidad.

El protocolo de red se basa en el principio “productor/consumidor”, cada equipo está siempre a la escucha y las transmisiones se realizan bajo el control de un equipo especial (el árbitro de bus). Las peticiones de información se construyen de acuerdo a una tabla de órdenes que contiene identificadores de variables. Al decodificar el nombre de variable asociado a la información que él produce, un dispositivo transmite los valores actuales correspondientes. Esta información es consumida por todos los receptores que reconocen el nombre de la variable. Este modo de funcionamiento garantiza que todos los dispositivos consumidores actualizan su información del proceso de forma simultánea.

III.3. MODELO DE PROCESO DE MANUFACTURA

Después de realizar un análisis de los requerimientos de automatización para el sector metal mecánico y considerando el modelo típico de manufactura para productos metálicos para ensamble y subensamble, se pudo establecer un criterio de integración para un modelo de manufactura básico el cual considera 3 módulos: Módulo de Manufactura (CNC-Robot), Módulo de Calidad (CMM-Robot) y el módulo de control o red industrial. (Ver figura III.1)

Se estableció una propuesta de administración de procesos, tomando como base el flujo de un producto a través de estos módulos. Esta propuesta será nuestro modelo en la creación del sistema automatizado de manufactura.

CAPITULO IV: CARACTERIZACION DE UNA RED INDUSTRIAL DEVICE NET

IV.1 ANTECEDENTES DE REDES INDUSTRIALES (BUS DE CAMPO)

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción. El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional bucle de corriente de 4-20mA. Típicamente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLCs, transductores, actuadores y sensores.

Cada dispositivo de campo incorpora cierta capacidad de proceso, que lo convierte en un dispositivo inteligente, manteniendo siempre un costo bajo. Cada uno de estos elementos será capaz de ejecutar funciones simples de diagnóstico, control o mantenimiento, así como de comunicarse bidireccionalmente a través del bus, el desarrollo y los trabajos que consolidaron la tecnología de las redes industriales se inicia en 1985 (Ver figura IV.1) (Bolla, 2003)

El objetivo es reemplazar los sistemas de control centralizados por redes de control distribuido mediante la cual se permita mejorar la calidad del producto, reducir los costos y mejorar la eficiencia. El formato de comunicación se basa en que la información que envían y/o reciben los dispositivos de campo es digital, lo que resulta mucho más preciso que si se recurre a métodos analógicos. Además, cada dispositivo de campo es un dispositivo inteligente y puede llevar a cabo funciones propias de control, mantenimiento y diagnóstico. De esta forma, cada nodo de la red puede informar en caso de fallo del dispositivo asociado, y en general sobre cualquier anomalía asociada. Este monitoreo permite aumentar la eficiencia del sistema y reducir la cantidad de horas de mantenimiento necesarias.

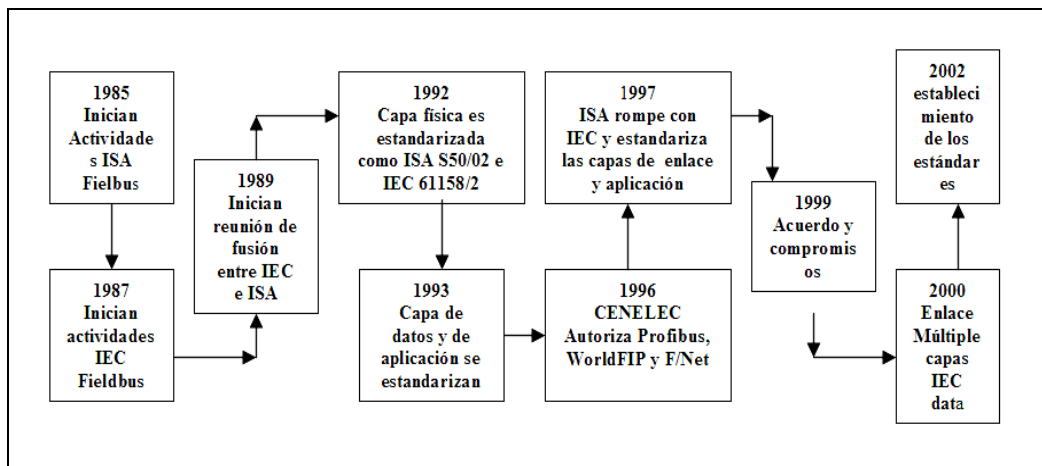


Figura IV.1: Línea de tiempo de desarrollo de los bus de campo

IV.1.1 VENTAJAS DE LOS BUSES DE CAMPO

La principal ventaja que ofrecen los buses de campo, y la que los hace más atractivos a los usuarios finales, es la reducción de costos. El ahorro proviene fundamentalmente de tres fuentes: ahorro en costo de instalación, ahorro en el costo de mantenimiento y ahorros derivados de la mejora del funcionamiento del sistema. Una de las principales características de los buses de campo es su significativa reducción en el cableado necesario para el control de una instalación.

Cada componente sólo requiere un cable para la conexión de los diversos nodos. Se estima que puede ofrecer una reducción de 5 a 1 en los costos de cableado. En comparación con otros tipos de redes, dispone de herramientas de administración del bus que permiten la reducción del número de horas necesarias para la instalación y puesta en marcha. El hecho de que los buses de campo sean más sencillos que otras redes de uso industrial hace que las necesidades de mantenimiento de la red sean menores, de modo que la fiabilidad del sistema a largo plazo aumenta (ISA, 2007).

Además, los buses de campo permiten a los operadores monitorear todos los dispositivos que integran el sistema e interpretar fácilmente las interacciones entre ellos. De esta forma, la detección de las fuentes de problemas en la planta y su corrección resulta mucho más sencilla, reduciendo los costos de mantenimiento y el tiempo de parada de la planta (Enguita, 2007).

También hay que tener en cuenta que las capacidades del sistema mejoran con el uso de la tecnología de los buses de campo debido a la simplificación en la forma de obtener información de la planta desde los distintos sensores. Las mediciones de los distintos elementos de la red están disponibles para todos los demás dispositivos. La simplificación en la obtención de datos permitirá el diseño de sistemas de control más eficientes. Con la tecnología de los buses de campo, se permite la comunicación bidireccional entre los dispositivos de campo y los sistemas de control, pero también entre los propios dispositivos de campo.

Otra ventaja de los buses de campo es que sólo incluyen 3 capas del modelo OSI ; Física, Enlace y Aplicación, y un conjunto de servicios de administración. El usuario no tiene que preocuparse de las capas de enlace o de aplicación. Sólo necesita saber cual es su funcionalidad. Al usuario sólo se le exige tener un conocimiento mínimo de los servicios de administración de la red, ya que parte de la información generada por dichos servicios puede ser necesaria para la reparación de averías en el sistema. De hecho, prácticamente, el usuario sólo debe preocuparse de la capa física y la capa de usuario. (Cerro, 2004).

IV.2 TECNOLOGIA DE BUS DE CAMPO

IV.2.1 BUSES DE CAMPO EXISTENTES

Debido a la falta de estándares, diferentes compañías han desarrollado diferentes soluciones, cada una de ellas con diferentes prestaciones y campos de aplicación. En una primera clasificación tenemos los siguientes grupos:

IV.2.1.1. BUSES DE ALTA VELOCIDAD Y BAJA FUNCIONALIDAD

Están diseñados para integrar dispositivos simples como finales de carrera, fotocélulas, relevadores y actuadores simples, funcionando en aplicaciones de tiempo real, y agrupados en una pequeña zona de la planta, típicamente una máquina. Básicamente comprenden las capas física y de enlace del modelo OSI, es decir, señales físicas y patrones de bits de las tramas (Kaschel, 2002).

- a. CAN: Diseñado originalmente para su aplicación en vehículos.
- b. SDS: Bus para la integración de sensores y actuadores, basado en CAN
- c. ASI: Bus serie diseñado por Siemens para la integración de sensores y actuadores.

IV.2.1.2. BUSES DE ALTA VELOCIDAD Y FUNCIONALIDAD MEDIA

Se basan en el diseño de una capa de enlace para el envío eficiente de bloques de datos de tamaño medio. Estos mensajes permiten que el dispositivo tenga mayor funcionalidad de modo que permite incluir aspectos como la configuración, calibración o programación del dispositivo. Son buses capaces de controlar dispositivos de campo complejos, de forma eficiente y a bajo costo. Normalmente incluyen la especificación completa de la capa de aplicación, lo que significa que se dispone de funciones utilizables desde programas basados en PCs para acceder, cambiar y controlar los diversos dispositivos que constituyen el sistema (ISA, 2007). Algunos incluyen funciones estándar para distintos tipos de dispositivos (perfiles) que facilitan la interoperabilidad de dispositivos de distintos fabricantes. Algunos ejemplos son:

- a. DeviceNet: Desarrollado por Allen-Bradley, utiliza como base el bus CAN, e incorpora una capa de aplicación orientada a objetos.
- b. LONWorks: Red desarrollada por Echelon.
- c. BitBus: Red desarrollada por INTEL.
- d. DIN MessBus: Estándar alemán de bus de instrumentación, basado en comunicación RS-232.
- e. InterBus-S: Bus de campo alemán de uso común en aplicaciones medias.

IV.2.1.3 BUSES DE ALTAS PRESTACIONES

Son capaces de soportar comunicaciones en todos los niveles de la producción. Aunque se basan en buses de alta velocidad, algunos presentan problemas debido a la sobrecarga necesaria para alcanzar las características funcionales y de seguridad que se les exigen. La capa de aplicación tiene un gran número de servicios a la capa de usuario, habitualmente un

subconjunto del estándar MMS (Manufacturing Message Specification). Entre sus características incluyen:

- a. Redes multimaestro con redundancia.
- b. Comunicación maestro-esclavo según el esquema pregunta-respuesta.
- c. Recuperación de datos desde el esclavo con un límite máximo de tiempo
- d. Capacidad de direccionamiento unicast, multicast y broadcast,
- e. Petición de servicios a los esclavos basada en eventos.
- f. Comunicación de variables y bloques de datos orientada a objetos.
- g. Descarga y ejecución remota de programas.
- h. Altos niveles de seguridad de la red, opcionalmente con procedimientos de autenticación.
- i. Conjunto completo de funciones de administración de la red.

Algunos ejemplos son:

- a. Profibus
- b. WorldFIP
- c. Fieldbus Foundation

IV.2.1.4. BUSES PARA ÁREAS DE SEGURIDAD INTRÍNSECA

Incluyen modificaciones en la capa física para cumplir con los requisitos específicos de seguridad intrínseca en ambientes con atmósferas explosivas. La seguridad intrínseca es un tipo de protección por la que el componente en cuestión no tiene posibilidad de provocar una explosión en la atmósfera circundante. Un circuito eléctrico o una parte de un circuito tienen seguridad intrínseca, cuando alguna chispa o efecto térmico en este circuito producidos en las condiciones de prueba establecidas por un estándar (dentro del cual figuran las condiciones de operación normal y de fallo específicas) no puede ocasionar una ignición. Algunos ejemplos son HART, Profibus PA o WorldFIP. (ISA, 2007).

IV.2.2 BUSES ESTANDARIZADOS

IV.2.2.1. PROFIBUS

Profibus se desarrolló bajo un proyecto financiado por el gobierno alemán. Está normalizado en Alemania por DIN E 19245 y en Europa por EN 50170. El desarrollo y posterior comercialización ha contado con el apoyo de importantes fabricantes como ABB, AEG, Siemens, Klöckner-Moeller,... Está controlado por la PUO (Profibus User Organisation) y la PTO (Profibus Trade Organisation). Existen tres perfiles:

- a. Profibus DP (Decentralized Periphery). Orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLCS) o terminales.
- b. Profibus PA (Process Automation). Para control de proceso y cumpliendo normas especiales de seguridad para la industria química (IEC 11/15 8-2, seguridad intrínseca).
- c. Profibus FMS (Fieldbus Message Specification). Para comunicación entre células de proceso o equipos de automatización. La evolución de Profibus hacia la utilización de protocolos TCP/IP para enlace al nivel de proceso hace que este perfil esté perdiendo

importancia. Utiliza diferentes capas físicas. La más importante, en PROFIBUS DP, está basada en EIA RS-485. Profibus PA utiliza la norma IEC 11158-2 (norma de comunicación síncrona entre sensores de campo que utiliza modulación sobre la propia línea de alimentación de los dispositivos y puede utilizar los antiguos cableados de instrumentación 4-20 mA.) y para el nivel de proceso se tiende a la utilización de Ethernet. También se contempla la utilización de enlaces de fibra óptica. Existen puentes para enlace entre diferentes medios, además de compuertas (gateways) que permiten el enlace entre perfiles y con otros protocolos.

Esta red se creó en 1989 a través de un consorcio y logró ser una de las redes de campo más populares en aplicaciones de manufactura discreta. El protocolo se orientó a numerosas aplicaciones en dispositivos, (Profibus org, 2008)

Se distingue entre dispositivos tipo maestro y dispositivos esclavo. El acceso al medio entre maestros se arbitra por paso de testigo, el acceso a los esclavos desde un maestro es un proceso de interrogación cíclico (polling). Se pueden configurar sistemas multimaestro o sistemas más simples maestro-esclavo.

IV.2.2.2 INTERBUS

Protocolo propietario, inicialmente, de la empresa Phoenix Contact GMBH, aunque posteriormente ha sido abierta su especificación. Normalizado bajo DIN 19258, norma europea EN 50 254. Fue introducido en el año 1984. Utiliza una topología en anillo y comunicación mediante un registro de desplazamiento en cada nodo. Se pueden enlazar buses periféricos al principal. Capa física basada en RS-485. Cada dispositivo actúa como repetidor. Así se puede alcanzar una distancia entre nodos de 400 m. para 500 kbps y una distancia total de 12 km. Es posible utilizar también enlaces de fibra óptica. Capa de transporte basada en una trama única que circula por el anillo (trama de suma).

Físicamente tiene la impresión de seguir una topología en estrella, pero realmente cada nodo tiene un punto de entrada y otro de salida hacia el siguiente nodo. Es muy sensible a corte completo de comunicación al abrirse el anillo en cualquiera de los nodos. Por otra parte, la estructura en anillo permite una fácil localización de fallos y diagnóstico. Es muy apropiado para comunicación determinista a alta velocidad, es muy difícil una filosofía de comunicación orientada a eventos.

Interbus se puede definir como un bus serial el cual transmite datos entre sistemas de control y módulos I/O conectados a sensores y actuadores. Actualmente existen más de 600 fabricantes que incluyen la tecnología Interbus en el dispositivo de control de campo integrándose al protocolo Profinet I/O. (Interbus-Wikipedia, 2008)

IV.2.2.3 DEVICENET

Bus basado en CAN. Su capa física y capa de enlace se basan en ISO 11898, y en la especificación de Bosch 2.0. DeviceNet define una de las más sofisticadas capas de aplicaciones industriales sobre bus CAN.

DeviceNet fue desarrollado por Allen-Bradley a mediados de los noventa, posteriormente pasó a ser una especificación abierta soportada en la ODVA (Open DeviceNet Vendor

Association), Cualquier fabricante puede asociarse a esta organización y obtener especificaciones, homologar productos, etc.

Es posible la conexión de hasta 64 nodos con velocidades de 125 kbps a 500 kbps en distancias de 100 a 500 m. Utiliza una definición basada en orientación a objetos para modelar los servicios de comunicación y el comportamiento externo de los nodos. Define mensajes y conexiones para funcionamiento maestro-esclavo, interrogación cíclica, "strobing" o lanzamiento e interrogación general de dispositivos, mensajes espontáneos de cambio de estado, comunicación uno-uno, modelo productor-consumidor, carga y descarga de bloques de datos y ficheros etc.

DeviceNet ha conseguido una significativa cuota de mercado. Existen más de 300 productos homologados y se indica que el número de nodos instalados superaba los 300,000 en 1998, Está soportado por numerosos fabricantes: Allen-Bradley, ABB, Danfoss, Crouzet, Bosh, Control Techniques, Festo, Omron, etc.

Device Net fue creado debido a la necesidad de crear un estándar industrial para dispositivos usados en aplicaciones de automatización industrial. Se puede observar que Device net establece comunicación entre controladores, sensores industriales y actuadores. El principal objetivo de la red es la conexión de sensores como sensores de proximidad interruptores de proximidad (Biegacki, 1999).

IV.2.2.4 FOUNDATION FIELDBUS

Un bus orientado sobre todo a la interconexión de dispositivos en industrias de proceso continuo. Su desarrollo ha sido apoyado por importantes fabricantes de instrumentación: Fisher-Rosemount, Foxboro. En la actualidad existe una asociación de fabricantes que utilizan este bus, que gestiona el esfuerzo normalizador, la Fieldbus Foundation. Normalizado como ISA SP50, IEC-ISO 61158 (ISA es la asociación internacional de fabricantes de dispositivos de instrumentación de proceso).

En el nivel la capa física sigue la norma IEC 11158-2 para comunicación a 31.25 kbps, es por tanto, compatible con Profibus, su principal contendiente. Presta especial atención a las versiones que cumplen normas de seguridad intrínseca para industrias de proceso en ambientes combustibles o explosivos. Se soporta sobre par trenzado y es posible la reutilización de los antiguos cableados de instrumentación analógica 4-20 mA.

Foundation Fieldbus se define por el International Electrotechnical Comite (IEC) en el estándar IEC 61158 y el estándar CENLEC 50170. En dónde la comunicación se puede realizar a baja velocidad suministrando una solución en protocolo abierto e interoperable para la mayoría de los instrumentos de campo y aplicaciones de red. En alta velocidad se utiliza para conectar computadoras centrales y sus segmentos Vincent, 2000). El estándar se especifica en el IEEE 802.3u, en el se indica que es útil en la transferencia de archivos grandes y alta velocidad. (Mackay, 2001)

IV.2.2.5 FIP-WORLDFIP

Desarrollado en Francia a finales de los ochenta y normalizado por EN 50170, que también cubre Profibus. Sus capas física y de aplicación son análogas a las de Foundation Fieldbus y Profibus PA. La división Norteamérica de WorldFIP se unió a mediados de los noventa a la Fieldbus Foundation en el esfuerzo por la normalización de un bus industrial común. Utiliza un modelo productor-consumidor con gestión de variables cíclicas, eventos y mensajes genéricos. (Minsooa, 1999)

IV.2.2.6 LONWORKS

La empresa Echelon, localizada en California, fue fundada en 1988. Comercializa el bus de campo LonWorks basado en el protocolo LonTalk y soportado sobre el NeuronChip. Alrededor de estas marcas ha construido toda una estructura de productos y servicios, hábilmente comercializados, dirigidos al mercado del control distribuido en domótica, edificios inteligentes, control industrial etc. Asegura que varios miles de empresas trabajan con LonWorks, que cientos de empresas comercializan productos basados en su bus y que se han instalado millones de nodos.

El protocolo LonTalk cubre todas las capas OSI. El protocolo se soporta en hardware y firmware sobre el NeuronChip. Se trata de un microcontrolador que incluye el controlador de comunicaciones y toda una capa de firmware que, además de implementar el protocolo, ofrece una serie de servicios que permiten el desarrollo de aplicaciones en el lenguaje Neuron C, una variante de ANSI C. Motorola y Toshiba fabrican el NeuronChip, además Echelon ofrece la posibilidad de abrir la implementación de LonWorks a otros procesadores.

En el caso de la red Lonworks el control CSMA funciona con una estrategia diferente en donde se evita la saturación del troncal o bus. La ventaja del acceso al bus en LonWorks es un retardo hasta que se minimiza la carga y sólo así se transfieren los datos, este método reduce la variación en la señal digital la cual no puede ser mayor que la que se transmite en ese periodo de tiempo (Loy, 2001).

IV.2.2.7 SDS

SDS ("Smart Distributed System") es, junto con DeviceNet y CANOpen, uno de los buses de campo basados en CAN más extendidos. Fue desarrollado por el fabricante de sensores industriales Honeywell en 1989. Se ha utilizado sobre todo en aplicaciones de sistemas de almacenamiento, empaquetado y clasificación automática. Se define una capa física que incluye alimentación de dispositivos en las conexiones. La capa de aplicación define autodiagnóstico de nodos, comunicación por eventos y prioridades de alta velocidad (Schickhuber, 1997).

IV.2.2.8. CAN OPEN

Bus de campo basado en CAN. Fue el resultado de un proyecto de investigación financiado por la Comunidad Europea y se está extendiendo de forma importante entre fabricantes de

maquinaria e integradores de célula de proceso. Está soportado por la organización CiA (CAN In Automation), organización de fabricantes y usuarios de CAN que también apoya DeviceNet, SDS etc.

El protocolo CAN Open desarrollo un procedimiento de transmisión de datos representado como un documento XML a través del lenguaje CoML (CAN OPEN Markup Language), esta aplicación se soporta en la arquitectura CAN Cliente servidor para acceder a los dispositivos del bus de campo vía Internet (Buhler, 2000).

IV.2.2.9.MODBUS

En su definición inicial Modbus era una especificación de tramas, mensajes y funciones utilizada para la comunicación con los PLCs Modicon. Modbus puede implementarse sobre cualquier línea de comunicación serie y permite la comunicación por medio de tramas binarias o ASCII con un proceso interrogación/respuesta simple. Debido a que fue incluido en los PLCs de la prestigiosa firma Modicon en 1979, ha resultado un estándar para el enlace en serie entre dispositivos industriales.

Modbus Plus define un completo bus de campo basado en técnica de paso de testigo. Se utiliza como soporte físico el par-trenzado o fibra óptica. En la actualidad Modbus es soportado por el grupo de automatización Schneider (Telemecanique, Modicon). Una de las principales aplicaciones de esta red es en la automatización de edificios BA (building Automation) en automatización de Fábricas (FA) y automatización de procesos, esta tecnología de control generalmente usan dirección IP (Internet Protocol) (Okabe, 2005).

IV.2.2.10.INDUSTRIAL ETHERNET

La norma IEEE 802.3 basada en la red Ethernet de Xerox se ha convertido en el método más extendido para interconexión de computadores personales en redes de proceso de datos. En la actualidad se vive una auténtica revolución en cuanto a su desplazamiento hacia las redes industriales. Es indudable esa penetración. Diversos buses de campo establecidos como Profibus, Modbus etc. han adoptado Ethernet como la red apropiada para los niveles superiores. En todo caso se buscan soluciones a los principales inconvenientes de Ethernet como soporte para comunicaciones industriales:

- a. El intrínseco indeterminismo de Ethernet se aborda por medio de topologías basadas en conmutadores.
- b. Se han de aplicar normas especiales para conectores, blindajes, rangos de temperatura etc. La tarjeta adaptadora Ethernet empieza a encarecerse cuando se la dota de robustez para un entorno industrial.

Parece difícil que Ethernet tenga futuro a nivel de sensor, aunque puede aplicarse en nodos que engloban conexiones múltiples de entrada-salida. Como conclusión Ethernet está ocupando un área importante entre las opciones para redes industriales, pero parece aventurado afirmar, como se ha llegado a hacer, que pueda llegar a penetrar en los niveles bajos de la pirámide CIM. Con la norma IEC TC65 se inicio el proyecto de estandarización

para introducir el protocolo Ethernet en la automatización Industrial, con énfasis en el cableado, tiempo real y seguridad (Felser, 2004).

IV.2.2.11. ASI

ASI (Actuator Sensor Interface) es un bus de campo desarrollado inicialmente por Siemens, para la interconexión de actuadores y sensores binarios. Actualmente está recogido por el estándar IEC TG 17B. A nivel físico, la red puede adoptar cualquier tipo de topología: estructura en bus, en árbol, en estrella o en anillo. Permite la interconexión de un máximo de 31 esclavos. La longitud máxima de cada segmento es de 100 metros. Dispone de repetidores que permiten la unión de hasta tres segmentos, y de puentes hacia redes Profibus. Como medio físico de transmisión, emplea un único cable que permite tanto la transmisión de datos como la alimentación de los dispositivos conectados a la red. Su diseño evita errores de polaridad al conectar nuevos dispositivos a la red. La incorporación o eliminación de elementos de la red no requiere la modificación del cable.

El cable consta de dos hilos. Para lograr inmunidad al ruido, la transmisión se hace basándose en una codificación Manchester. Cada esclavo dispone de hasta 4 entradas/salidas, lo que hace que la red pueda controlar hasta 124 E/S (Entradas/Salidas) digitales. La comunicación sigue un esquema maestro-esclavo, en la cual el maestro interroga a las estaciones enviándoles mensajes (llamados telegramas) de 14 bits y el esclavo responde con un mensaje de 7 bits.

La duración de cada ciclo pregunta/respuesta es de 150 milisegundos (ms). En cada ciclo de comunicación se deben consultar todos los esclavos, añadiendo dos ciclos extras para operaciones de administración del bus (detección de fallos). El resultado es un tiempo de ciclo máximo de 5ms. El protocolo de ASI permite la comunicación entre ASI y NBIP (Nine Bit Inter Process Protocol) el cual se puede implementar a través de un microcontrolador dedicado (Sveda, 1999).

IV.2.2.12 BITBUS

Introducido por Intel a principios de los 80. Es un bus maestro-esclavo soportado sobre RS485 y normalizado en IEEE- 1118. Debido a su sencillez ha sido adoptado en redes de pequeños fabricantes o integradores. En su capa de aplicación se contempla la gestión de tareas distribuidas, es decir, es en cierto modo, un sistema multitarea distribuido. Existe una organización europea de soporte (Bitbus European User's Group) (Thomese, 1998).

IV.2.2.13 ARCNET

Originalmente desarrollada como red para proceso de datos en los años 70s ARCNet ha encontrado aplicación en el mundo industrial. Su técnica de paso de testigo hace que sea predecible, determinista y robusta. Está normalizada como ANSI/ATA 878. 1. La velocidad de comunicación es de 2.5 Mbps (mega bits por segundo) con paquetes de 0 a 512 bytes. Soporta topología en bus y estrella y diversos medios físicos (cable coaxial, par trenzado, fibra óptica). Es una red muy apropiada para un nivel intermedio en la jerarquía CIM. Algunos fabricantes proponen como jerarquía ideal para control industrial una basada en

Ethernet en el nivel superior, ArcNET en el intermedio y CAN al nivel de celda de fabricación. (Liptak, 2005)

IV.2.2.14 CONTROLNET

Bus de alta velocidad (5 Mbps) y distancia (hasta 5 Km.), muy seguro y robusto promovido por Allen-Bradley. Utiliza cable RG6/U (utilizado en televisión por cable) y se basa en un controlador ASIC de Rockwell. No es soportado por muchos fabricantes y resulta de elevado precio por nodo. Se ha utilizado para interconexión de redes de PLCs y computadores industriales en aplicaciones de alta velocidad y ambientes muy críticos (Lian, 2001).

IV.2.2.15 HART

Es un protocolo para bus de campo soportado por la HART Communication Foundation y la fieldbus Foundation, Su campo de aplicación básico es la comunicación digital sobre las líneas analógicas clásicas de los sistemas de instrumentación, manteniendo éstas en servicio. Sus prestaciones como bus de campo son reducidas. Utiliza el bus analógico estándar 4-20 mA sobre el que transmite una señal digital modulada en frecuencia (modulación FSK 1200-2200 Hz). Transmite a 1200 bps manteniendo compatibilidad con la aplicación analógica inicial y sobre distancias de hasta 3 km. Normalmente funciona en modo maestro-esclavo.

Desde mediados de los años '80 la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC-CEI) y la Sociedad de Instrumentación Americana (ISA) ha buscado el establecimiento de una norma única de bus de campo de uso general. En 1992 surgieron dos grupos, el ISP (Interoperable Systems Project) y WorldFIP cada uno promoviendo su propia versión del bus de campo. En el primer grupo estaban fabricantes como Siemens, Fisher- Rosemount, Foxboro y Yokogawa. En el segundo Allen-Bradley, Honeywell, Square D y diversas empresas francesa. En 1994 ambos grupos se unieron en la Fieldbus Foundation.

El debate se trasladó luego, y continúa en la actualidad, a la conjunción de Fieldbus y Profibus. Los años pasan, la norma del supuesto bus universal nunca se acaba de generar y en el camino aparecen nuevas opciones como CAN, LonWorks, Ethernet. Incluso el debate es confuso y totalmente incomprensible, otras empresas participantes en el debate generaban en paralelo soluciones propias, es el caso de Allen-Bradley con DeviceNet y HoneyWell con SDS (Kaschel; et al 2002, Fang, 2005).

IV.3 REDES CAN (CONTROL AREA NETWORKS)

IV.3.1. REDES CAN

En el pasado los protocolos de bus de campo (Profibus, Interbus, FIP, P-Net, ASI) permanecieron aislados en relación a varias innovaciones para nuevas aplicaciones impidiendo su conectividad con varios sistemas. En contraste, la familia CIP (Control and

Information Protocol) ofreció soluciones escalables, permitiendo un protocolo uniforme que podría ser usado en una amplia variedad de dispositivos individuales.

Device Net (DN) fue el primer miembro de este protocolo en 1994. Se puede indicar que DN esta en estándar CAN (ISO 11898) en donde sólo se definieron las capas OSI 1 y 2. Su bajo costo de implantación su protocolo de uso fácil lo hizo uno de los preferidos por los fabricantes de dispositivos de automatización, cerca de 300 organizados en el ODVA (Open Devicenet Vendors Association).

Las redes digitales de comunicación llamadas bus de campo como serían la ASI, Device net, Industrial Ethernet, Foundation Fiedbus y profibus se han hecho más populares en la implementación de sistemas de control para uso de sistemas automatizados de manufactura, Este tipo de redes permiten a los sensores, controladores y actuadotes conectarse a la red como nodo en lugar de los dispositivos alambrados con conexiones punto a punto, estos tipos de redes reducen el cableado y proveen de un sistema de diagnóstico (Kolla, 2003).

IV.3.1.1 CONTROLNET

Este estándar está diseñado para la comunicación entre controladores, permite mensajes más complejos que los de DeviceNet. No es adecuado para la comunicación con los distintos sensores y actuadores, o con dispositivos de pisos de fábrica. Los protocolos ControlNet son más complicados que los de DeviceNet.

Esta red de control utiliza el concepto de mensajes en régimen de tiempo real llamado “Control con dominio del tiempo de acceso múltiple” (CTDMA). La red tiene modo de actualización programada de (alta prioridad) y no programada (baja prioridad). Cuando se detecten colisiones, el sistema espera un momento de al menos, 2 ms, para los mensajes no programados.

IV.3.1.2. DEVICE NET

Devicenet se ha convertido en una de las redes más populares dentro el concepto de las redes CAN Bus, su estándar abierto ofrece la posibilidad a un amplio sector de fabricantes de desarrollar productos, los estándares se agruparon en la ODVA Open Devicenet Vendors Association (ODVA, org., 2008) Esta red se diseñó para realizar conectividad directa a los sensores y actuadores sin necesidad de PLC, esto ofrece la posibilidad de reducir cableado acercando lo más posible los puntos I/O al punto de aplicación. El formato de comunicación bidireccional permite realizar el diagnóstico de la red desde el controlador.

Device Net es una red de campo de bajo costo y alto desempeño esta en la tecnología CAN bus publicada por Rockwell Automation en 1994, Device Net usa un modelo de comunicación Productor/Consumidor el cual requiere de paquetes que tenga un campo para un identificador de los tipos de datos. El nodo transmite la trama de datos a la red y entonces los otros nodos conectados a la red pueden decidir cual trama de datos se aceptará de acuerdo al identificador, el nodo que acepta la trama de datos se le llama consumidor.

Device Net usa un nuevo mecanismo llamado arbitraje “bitwise” no destructivo que resuelve conflictos potenciales cuando dos o más nodos tratan de transmitir al mismo tiempo, el buen desempeño de este sistema se garantiza por medio del siguiente mecanismo:

Cada equipo o nodo esta siempre a la escucha y las transmisiones se realizan bajo el control de un equipo especial (el árbitro de bus). Las peticiones de información se construyen de acuerdo a una tabla de órdenes que contiene identificadores de variables. Al decodificar el nombre de variable asociado a la información que él produce, un dispositivo transmite los valores actuales correspondientes. Esta información es consumida por todos los receptores que reconocen el nombre de la variable. Este modo de funcionamiento garantiza que todos los dispositivos consumidores actualizan su información del proceso de forma simultánea (Fang, 2004).

IV.3.1.2.1 MEDIO DE ACCESO EN UNA RED DEVICE NET

En el modelo Productor/Consumidor no hay diferencia entre el origen y el destino cuando se manejan intercambio de mensajes, esto es que el nodo que trasmite el mensaje no especifica el nodo de destino, sólo se indica el nodo de origen. (ver figura IV.2) (Liu, 2000)

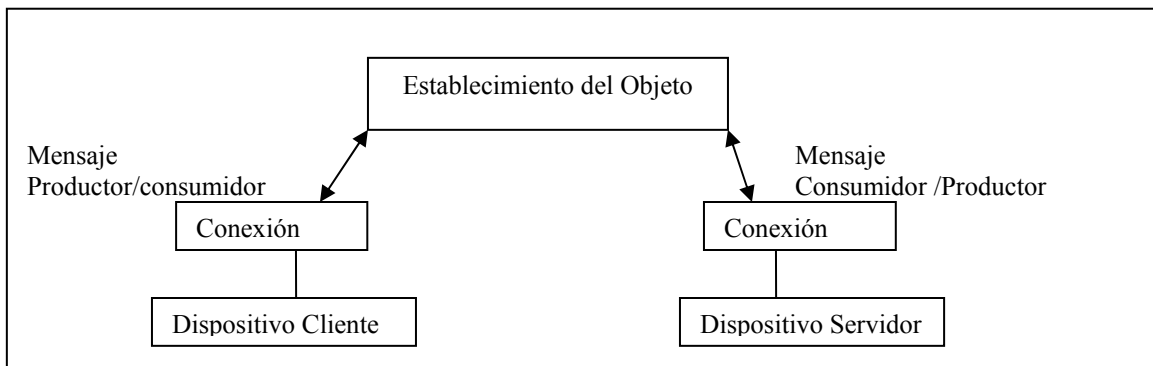


Figura IV.2: Modelo Productor /Consumidor

El control de acceso y tráfico de los datos que circulan en la red se administran a través del protocolo CSMA (Carrier Sense Multiple Acces) con arbitraje Bitwise esto es: el protocolo toma como base la revisión de bit por bit del primer campo de la trama de datos (identificador de campo). Si un nodo desea transmitir deberá esperar a que si existe alguna transmisión en ese momento, se termine primero.

Cada trama de datos inicia con un bit de inicio llamado SOF (Start of frame), este informa al resto de los nodos que el estado de la red a cambiado a ocupado. En caso de que 2 nodos empiezan a transmitir al mismo tiempo, podría ser el caso de que el nodo 1 y 2 empiezan a transmitir concurrentemente, ambos nodos están monitoreando sus propias transmisiones no pasa nada en los primeros bits dado que están estos en la misma secuencia de la trama, la situación cambia cuando los bits son diferentes, el cero es dominante a la salida del nodo 2

se sobrepone al nodo 1, el nodo 1 pierde en el arbitraje y se detiene la transmisión, y al hacerlo se genera un mensaje ACK (bit de reconocimiento: acknowledgment) en la trama.

Cuando una trama de datos no es enviada, la red se mantiene en espera y el nivel del bus se encuentra en bajo. Antes de iniciar la transmisión de una trama de datos, los nodos observan el estado de la red. Si la red se encuentra libre, la transmisión de la trama de datos inicia inmediatamente, de otra forma, el nodo debe esperar hasta que la trama de datos en proceso de transmisión termine.

El estándar CANbus (Controller Area Network bus) es parte del mismo estándar Devicenet. Una trama de datos (Tabla IV.1) es similar a una cadena de byte, la trama inicia con un bit de inicio y este es seguido por el identificador, en el caso de Device Net este se conforma de un código para dirección de 5 bit (el cual puede identificar hasta 64 nodos. El comando "ready to receive it" deberá ser establecido por la máquina que recibe la trama. Si la máquina que recibe no define este bit la información remanente es abortada y el mensaje se envía más tarde.

Al estarse enviando los primeros bit, estos se rastrean o monitorean asegurándose sean escuchado de la misma manera. Si los bits no están en acuerdo entonces otro nodo en la red trata de escribir un mensaje al mismo tiempo provocando una colisión, los dos dispositivos entonces esperan un periodo de tiempo basado en su identificador y entonces empiezan a reenviar. El segundo nodo entonces detecta el mensaje y espera hasta que este termine. Los siguientes 6 bits indican el número de bytes que se envían, del 0 al 8, Esto es seguido por dos paquetes de bits detectores de errores CRC (Cyclic Redundance Check) el cual es verificador de sumas de bits (ver figura IV.3 y tabla IV.1).

El siguiente bit "denominado "ACK slot" se usa por el nodo que recibe para indicar que los datos fueron recibidos correctamente. Si hay error CRC este bit no se deberá usar y el mensaje se reenvía, los últimos bits (adn) fin a la transmisión, deberá haber un retardo de al menos 3 bit antes de que el siguiente mensaje inicie (Mecánica Virtual, 2008).

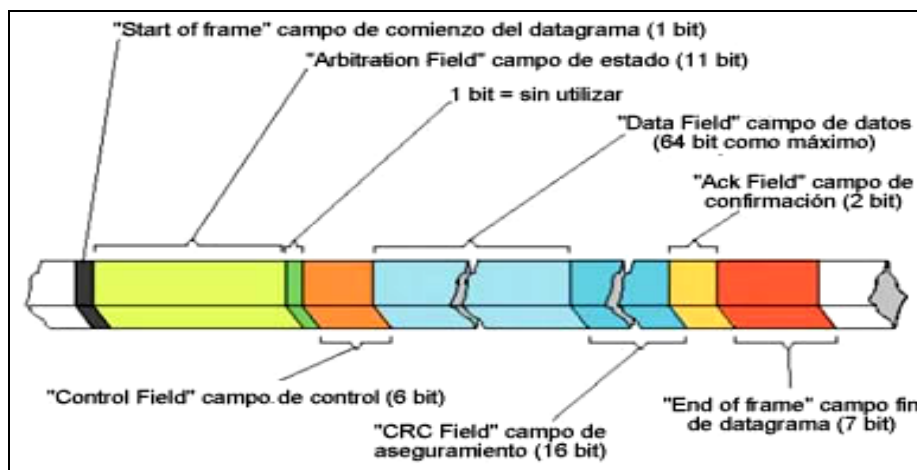


Figura IV.3: Datagrama o trama de datos del protocolo CAN-Bus

Tabla IV.1: Trama de un paquete de datos CAN Bus

Inicio de la trama		1 bit
identificador	arbitraje	11 bits
listo para recibir		1 bit
control – contiene el número de bytes de datos		6 bits
datos - información		0-8 bytes
secuencia CRC		15 bits
delimitador CRC		1 bit
ACK slot – escucha que prenda la recepción de la trama		1 bit
delimitador ACK		1 bit
fin de la trama adn		7 bits
retardo antes de la siguiente trama		≥ 3 bits

IV.4 TOPOLOGÍA Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEVICE NET

IV.4.1 TOPOLOGÍA EN BUS

La topología en bus de una red Device net, se identifican la línea troncal, sus derivaciones y los terminadores en los extremos del bus (figura IV.4).

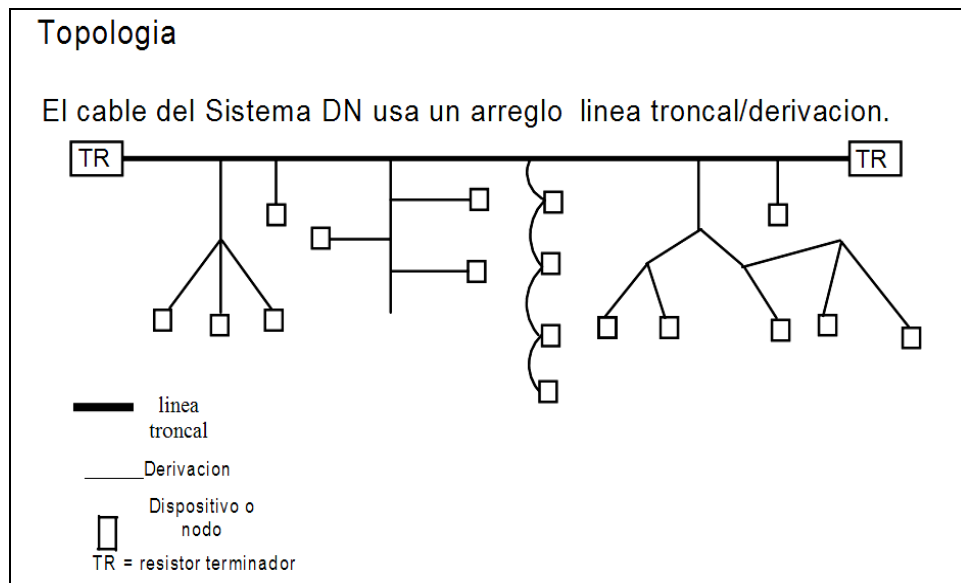


Figura IV.4: Topología de Bus Device Net

IV.4.2 DISPOSICIÓN DE COMPONENTES

La disposición de componentes (figura IV.5), de la fuente de energía, PLC (controladores lógicos programables) y sensores en el bus, el cual debe incluir 2 terminadores resistivos en sus extremos. (ODVA, 2007)

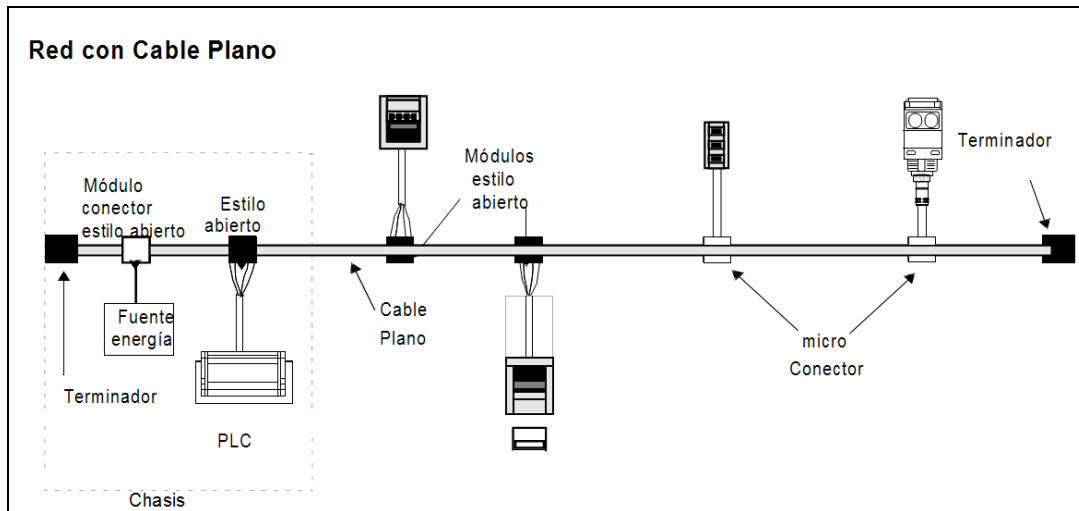


Figura IV.5: Bus con cable plano y arreglo típico de componentes

IV.4.3 CABLES

Configuración del cable plano utilizado principalmente como bus central (figura IV.6), este se integra por 4 cables con las siguientes características y dimensiones

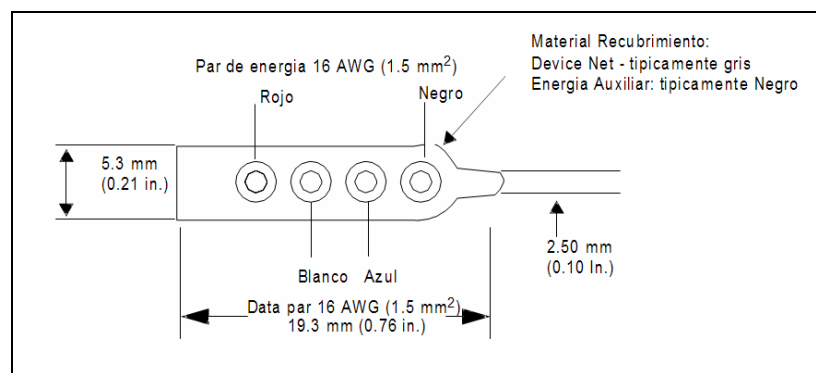


Figura IV.6: Características físicas del cable plano DN. (ODVA, 2007)

El amperaje máximo permitido de acuerdo al grosor y del tipo de cable para voltaje de 24 VDC (figura IV.7)

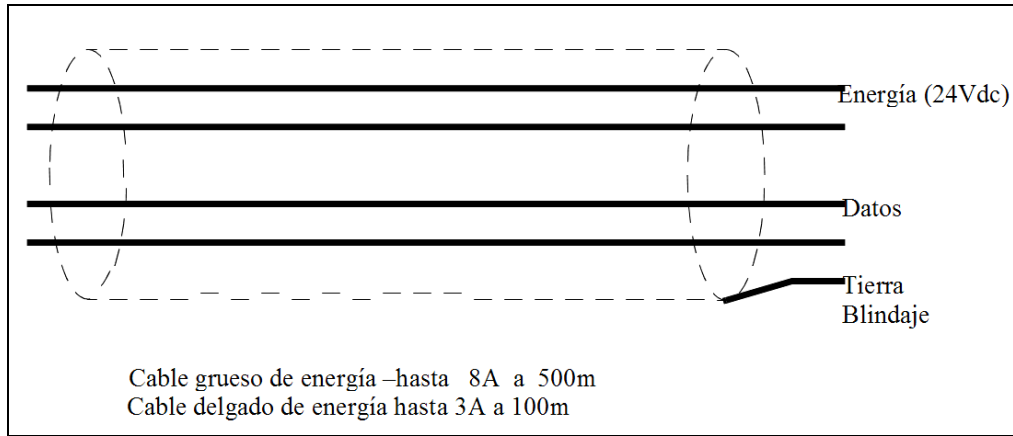


Figura IV.7: Amperajes y distancias máximos permitidos por tipo de cable

IV.4.3.1 DISTANCIAS DE CABLE

Las distancias máximas permitidas por tipo de cable (Tabla IV.2), se establecen para evitar tanto el ruido como la distorsión de la señal.

Tabla IV.2 Relación de distancias de cable y velocidad de transmisión

Data rate	Distancia Máxima	Distancia Máxima	Distancia Máxima	Distancia Máxima (cable delgado)
125 kbps	420m (1378 ft)	500m (1640 ft)	300m (984 ft)	100m (328 ft)
250 kbps	200m (656 ft)	250m (820 ft)	250m (820 ft)	100m (328 ft)
500 kbps	75m (246 ft)	100m (328 ft)	100m (328 ft)	100m (328 ft)

La especificación de distancia máxima se referencia a los dos nodos más distantes interconectados por el mismo bus incluyendo ramales o derivaciones (Figuras IV.8 y IV.9).

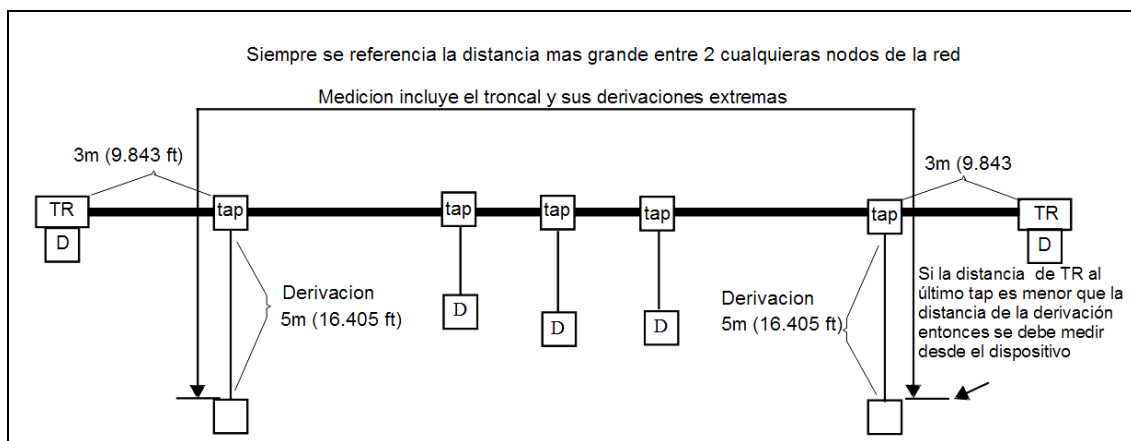


Figura IV.8: Distancias máximas permitidas entre nodos (ODVA, 2007)

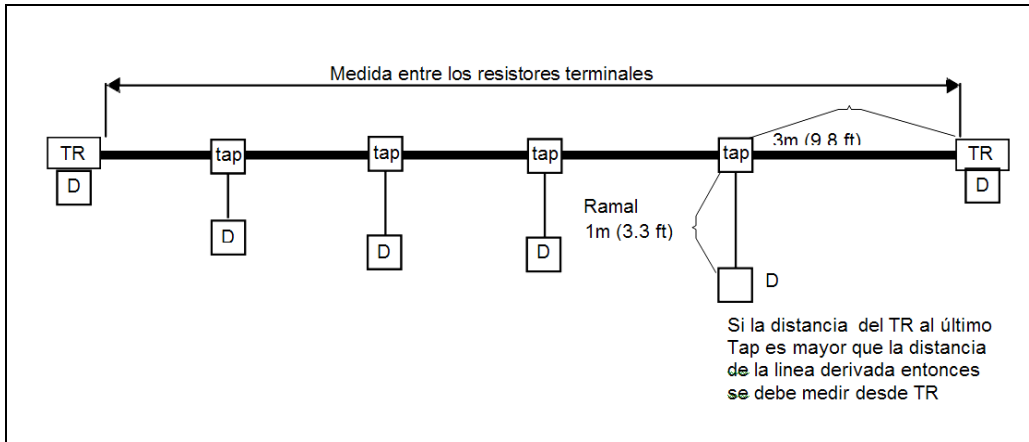


Figura IV.9: Distancias máximas entre terminadores resistivos (ODVA, 2007)

IV.4.4 CONECTORES TÍPICOS DE DEVICE NET

Los conectores tienen la función de unir a través de cables los dispositivos u otros componentes al bus de Device Net, las conexiones de campo instalables pueden ser selladas o abiertas según sea el caso de uso. (Ver Tablas IV.3 y IV.4)

Tabla IV.3: Descripción de tipo de conector

Conector	Descripción
Sellado	Mini-style: une a taps con los cables grueso, mediano y delgado Micro-style: une a cable delgado solamente tiene rango reducido de corriente
Abierto	Plug-in: los alambres del cable se conectan a un conector removible. Fijo: los alambres del Cable se conectan directamente a terminales atornilladas en el dispositivo.

Nomenclatura y codificación en los cables de energía y datos (Ver tabla IV.4)

Tabla IV.4: Identificación color de cable

Color Alambre	Identificación	Uso Redondo	Uso Plano
Blanco	CAN_H	señal	señal
Azul	CAN_L	señal	señal I
desnudo	drenado	chasis	n/a
Negro	V-	Energía	Energía
Rojo	V+	Energía	Energía

Existen conectores tipo Micro/Mini instalable en campo de conexión rápida a conectores

sellados (Cable redondo) con terminales atornilladas que conecta el cable al conector. (Ver Figura IV.10)

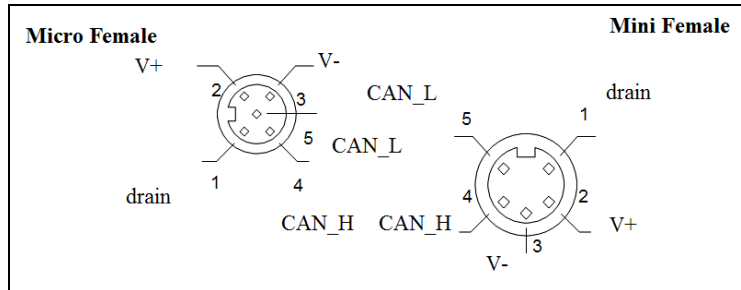


Figura IV.10: Conectores tipo Micro/Mini (ODVA, 2007)

En los conectores abiertos (Plug-in field-installable): La mayoría de los dispositivos contienen un conector estilo abierto. (ver Figura IV.11).

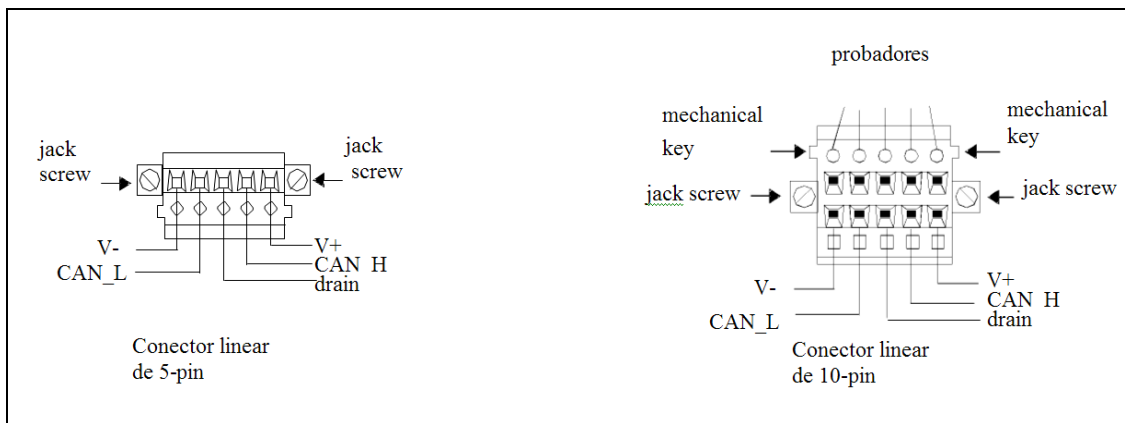


Figura IV.11: Conectores tipo abierto (ODVA, 2007)

Los terminadores resistivos de cable plano se integran en un módulo deslizable, la resistencia tiene un valor de 121 ohms, en lo terminadores se debe incluir una tapa terminal. (ver figura IV.12).

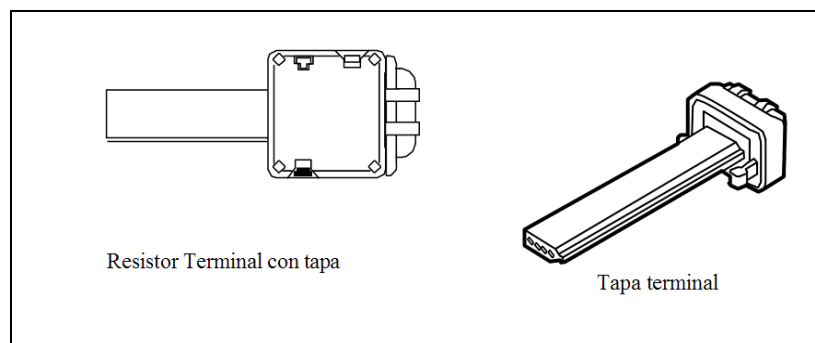


Figura IV.12: Terminadores (ODVA, 2007)

IV.5. RANGOS DE CORRIENTE ELÉCTRICA

Aunque el cable grueso redondo y el cable plano clase 1 están diseñados para conducir 8A, el sistema de cables puede soportar un total de más de 8A. Es el caso de una fuente de 16 A localizada en medio del sistema de cables el cual envía 8A a ambos lados. Se puede manejar cargas no mayores de 8 A por derivación.

Las líneas derivadas gruesas, medianas o delgadas están diseñadas para conducir 3A dependiendo de la longitud (ver tabla IV.5). La máxima corriente se decremento en función de la longitud del la línea derivada.

Tabla IV.5: Longitud de cable/ Corriente permitida

Longitud de línea derivada	Corriente permitida
1.5m (5 ft)	3A
2m (6.6 ft)	2A
3m (10 ft)	1.5A
4.5m (15 ft)	1A
6m (20 ft)	0.75A

La fuente de poder puede ser conectada tanto al cable plano como al redondo de acuerdo al siguiente esquema (ver Figura IV.13).

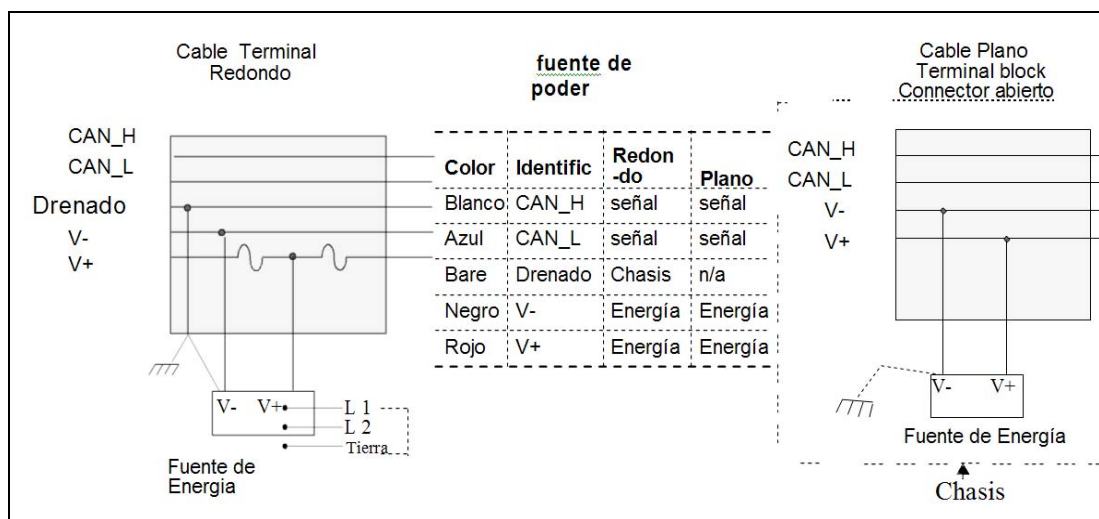


Figura IV.13: Conexión a fuente de energía por tipo de cable

IV.6 CONTROL Y TRAMISION DE DATOS

Devicenet cubre todas las 7 capas del Estándar OSI (figura IV.14), el protocolo tiene un número limitado de direcciones de red con tramas de datos pequeñas, lo cual ayuda a limitar el tráfico asegurando las respuestas.

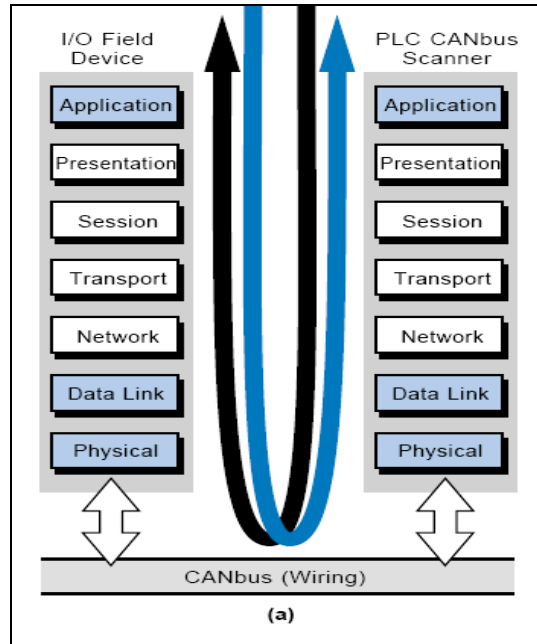


Figura IV.14: a) Transferencia de Información en una red tipo Device net
b) Escáner para monitorear el tráfico de red

En la figura IV.15 se observa una conexión clásica de una red tipo Device Net. Los cables en negro son las líneas de red, se necesitan dos terminadores al final de los extremos del cable para eliminar el ruido eléctrico. Se usa una PC para correr un software de base en PLC, también la computadora deberá tener una tarjeta que pueda comunicarse con los dispositivos

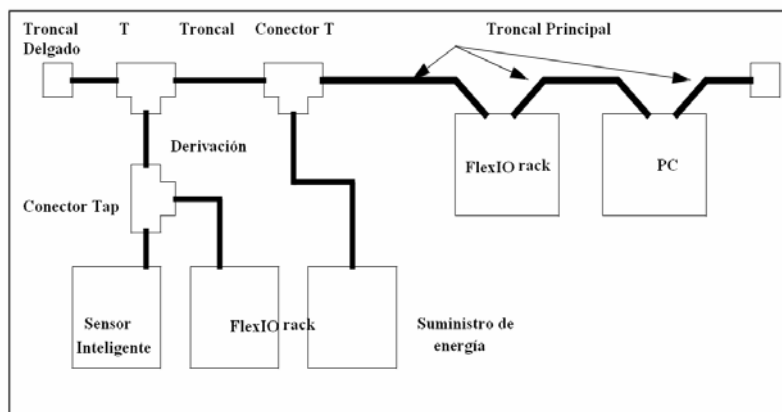


Figura IV.15: Red DN conectada al multiconector Flex I/O Rack

El multiconector “FlexIO rack” es un dispositivo que puede tener varios tipos de módulos I/O. Los conectores tipo “T” pueden derivar la señal a través de ramificaciones en este arreglo se observa que esta ramificación se conecta a la fuente de energía, la cual provee 24 VDC a la red. Otros dos conectores se integran a sensores inteligentes y otro módulo “FlexIO rack” (Ver figura IV.16) a forma de nodo en la red. La red usa un troncal grueso y un troncal delgado lo cual puede afectar su desempeño. (Hugh, 2001).

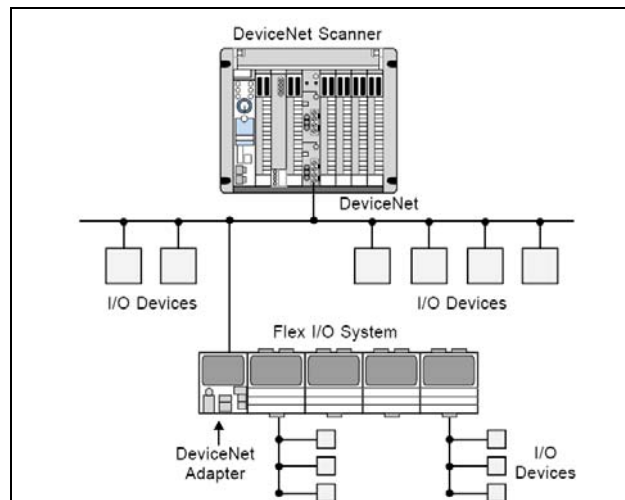


Figura IV.16: Sistema Flex I/O conectado a procesador de Device Net

En el diseño de la red se debe considerar:

- Una fuente de energía directamente conectada a las líneas correspondientes en el cable.
- Debe mantenerse la relación Velocidad/Longitud en 156m/78m/39m a 125kbps/250kbps/500kbps respectivamente.
- Las derivaciones no deben ser mayores a 6m.
- Cada nodo en la red deberá tener su propia dirección entre 0 y 63.

Si se conectó un sistema PLC-5, éste se conectó a un módulo escáner el cual deberá estar dentro del chasis. Para tener una imagen de cómo se comunicarían los sensores a el escáner colocado en ranura del PLC-5 se puede observar en el siguiente diagrama de escalera. La lectura y escritura del bloque deberán leer y escribir en los valores de entrada a Dvicenet al mapa de memoria de la línea 'N7:40' a la 'N7:59'. Las salidas deberán ser copiadas del mapa de memoria entre la línea 'N7:20' a 'N7:39'. El diagrama de escalera para transferir a las entradas y salidas necesariamente examinará y establecerán los bits en el mapa de memoria. (Ver Figura IV.17).

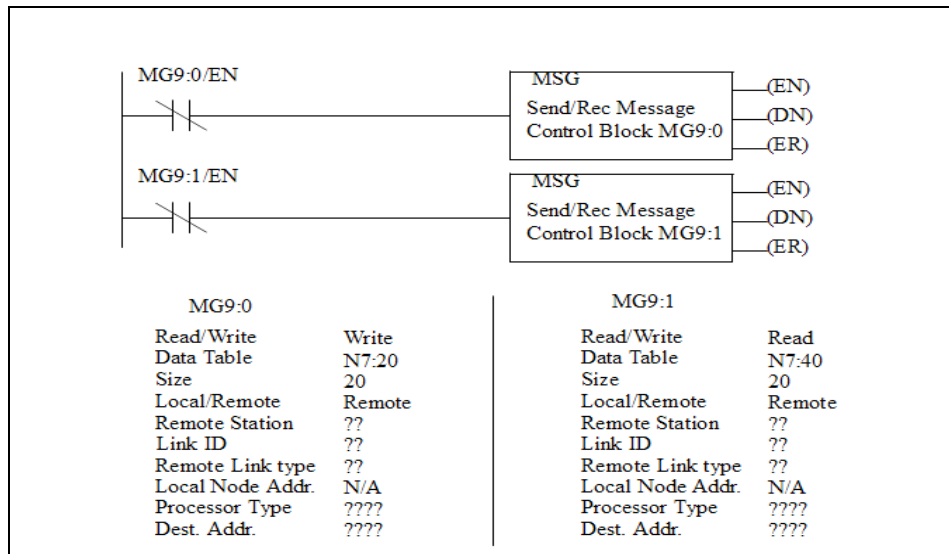


Figura IV.17: Comunicación con I/O de Devicenet (ODVA, 2007)

Con el Software de Allen Bradley Softlogix PLC las I/O deberán ser copiadas en bloques del mapa de memoria. Estos bloques son seleccionados por el usuario en la instalación del software. El diagrama de escalera debe entonces usar el mapa de memoria para las I/O como se ve en la figura IV.18. Aquí las entradas son copiadas a la línea N9 del mapa de memoria y la salida es copiada al bloque N10 en la sección de memoria de salida. (Hugh, 2001).

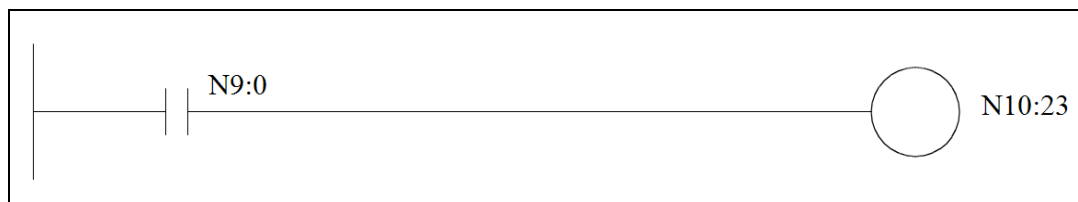


Figura IV.18: Entradas y salidas en DN copiada a N10

IV.6.1 OPERACION DEL ESCANER

En la operación de la red es fundamental, el escáner es el componente que administra y controla el tráfico de la información que se desarrolla en la red, el escáner puede estar integrado a un chasis que contiene una fuente, una memoria y un procesador, el escáner es (módulo 1747-SDN) (Ver figura IV.18) y actúa como una interfase entre los dispositivos DN y el procesador SLC 500, el escáner se comunica con los dispositivos integrados a la red de las formas siguientes:

1. Lee entradas de un dispositivo
2. Escribe salidas a un dispositivo
3. Descarga datos de configuración
4. Monitorea el estatus operacional de un dispositivo

El módulo de escáner se comunica con el procesador en forma de transferencia de archivos M1/M0 y/o I/O discretos. El intercambio de información incluye los siguientes parámetros: datos de dispositivos I/O e información de estatus datos de configuración

Para realizar la transferencia de archivo M1/M0 se realiza a través de un método que mueve una gran cantidad de datos entre el procesador SL500 y el escáner 1747-SDN la programación se realiza a través del software RSNetworkx para Device Net (ver figura IV.19) (Allen Bradley, 1996).

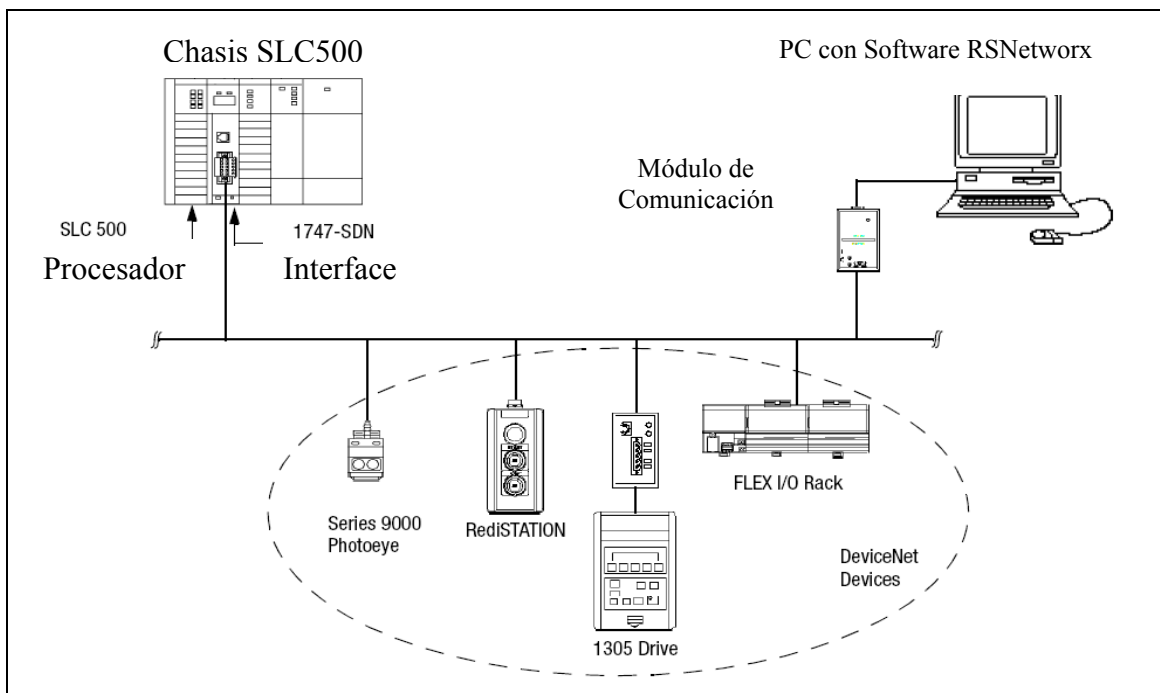


Figura IV.19: PC con software RSNetworkx escáner conectado al Chasis SLC500

IV.7 CARACTERÍSTICAS DE SENSORES INTELIGENTES UTILIZADOS EN LAS REDES DEVICE NET

Los sensores no operan por sí mismos. Generalmente pertenecen a un sistema que integra varios acondicionadores de señales y varios circuitos que procesan señales análogas o digitales. El sistema puede ser un sistema de medición, de adquisición de datos o de control de procesos (Wilson, 2005).

Los sensores pueden ser clasificados en diferentes formas, desde el acondicionamiento de señal como activos o pasivos. Un sensor activo requiere de una fuente de excitación tal como los termistores RTD's (Resistance Temperature Detectors), sensores basados en la resistencia eléctrica o las galgas extensiométricos pueden ser ejemplos de sensores activos.,

por que normalmente, una corriente eléctrica deberá pasar a través de ellos y el correspondiente voltaje medido, corresponderá al valor de la resistencia.

Por otro lado los sensores pasivos generan su propia señal eléctrica de salida sin requerir de una corriente o voltaje externo, ejemplos de sensores pasivos son los termopares y los fotodiodos, los cuales generan voltaje termoeléctrico y fotocorrientes respectivamente, y estos son independientes de circuitos externos, por otro lado la diferencia con los transductores, es que estos están diseñados para convertir un tipo energía a otra, y los sensores convierten una señal o estímulo (representada por una propiedad física) a una salida eléctrica (ver Tabla IV.6).

Tabla IV.6: Tipos de sensores y sus tipos de salidas

PROPIEDAD	SENSOR	ACTIVO/PASIVO	SALIDA
Temperatura	Termopar	Pasivo	Voltaje
	RTD	Activo	Resistencia
	Termistor	Activo	Resistencia
Fuerza/Presión	Galga extensiomét.	Activo	Resistencia
	Piezoeléctrico	Pasivo	Voltaje
Aceleración	Acelerómetro	Activo	Capacitancia
Posición	LVDT	Activo	AC Voltaje
Intensidad Luz	Fotodiodo	Pasivo	Corriente

Una forma lógica de clasificar los sensores es respecto a la propiedad física que se va a medir: fuerza, movimiento, sin embargo los que miden diferentes propiedades pueden tener la misma salida eléctrica.

Es el caso de RTD (Resistance Temperature Detector) es una resistencia variable, como el medidor de esfuerzos (Strain gage) ambos están constituidos en circuitos puente y su configuración es similar.

La mayoría de los sensores de escala completa (pasivos o activos) utilizan pequeños cambios en la corriente, voltaje o resistencia antes de que su procesamiento digital o análogo se realice.

La amplificación, el nivel de traducción, el aislamiento galvánico y la transformación de la impedancia, la linealización y el filtrado, son fundamentales en las funciones de acondicionamiento de las señales que pudieran ser requeridas o necesarias.

Los altos niveles de integración actualmente permiten a los circuitos integrados jugar un rol significativo en el acondicionamiento de señales tanto analógicas como digitales, los convertidores ADC (Convertidores Analógico a Digital) especialmente diseñados para

aplicaciones de medición contienen un chip programable y otros circuitos para minimizar las condiciones externas en el punto de edición (Noriega, 2007).

La señal de salida de la mayoría de los sensores no son lineales con respecto al estímulo y por lo tanto sus salidas deberán ser linealizadas para obtener la medida correcta. Actualmente los ADC's realizan la linearización más eficiente y exactamente por medio de software, eliminando la necesidad de la calibración manual.

La aplicación de sensores en un proceso se puede observar en la figura IV.20 para un control de temperatura, suponiendo que la propiedad física que se va a controlar es la temperatura, la salida en el sensor de temperatura es acondicionada y digitalizada por el ADC. El microcontrolador o en su caso la computadora determina si la temperatura se encuentra por arriba o debajo del valor deseado. La señal de salida DAC es acondicionada y activa el actuador en este caso un calentador, se puede observar que la interfase entre controlador y el proceso remoto es a través de un rizo estándar de 40-20 mA.

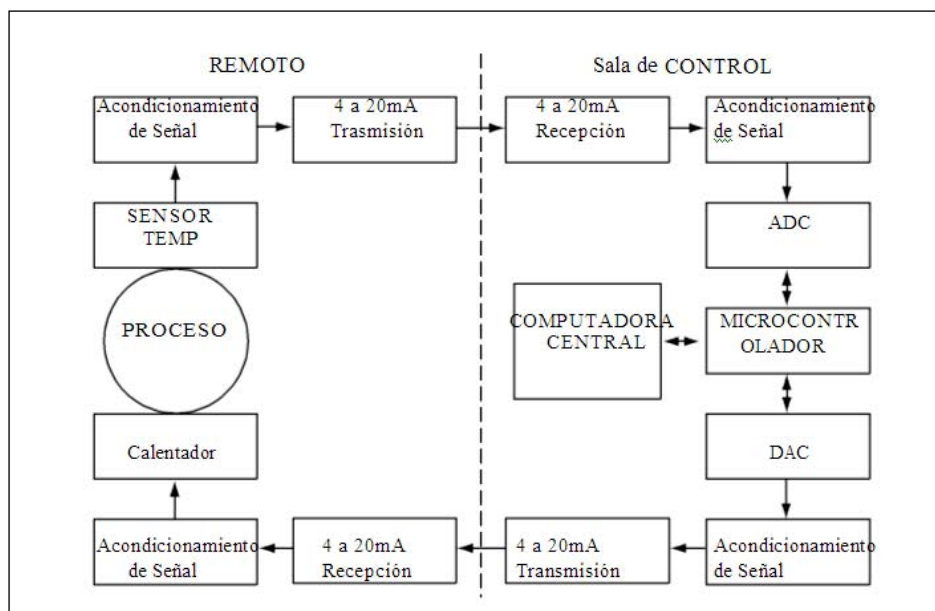


Figura IV.20: Rizo de Control típico de un proceso industrial

Las técnicas digitales han incrementado su aplicación en los sensores de adquisición de datos, control de procesos y mediciones. Generalmente los microcontroladores de 8 bit tienen suficiente velocidad y capacidad de procesamiento para la mayoría de las aplicaciones, al incluirseles la conversión análogo-digital y la programación por microcontrolador el sensor en si mismo se convierte en un sensor inteligente y puede contener su procesos de autocalibración y linealización. Un sensor inteligente puede comunicarse directamente con una red industrial como se observa en la figura IV.21.

La configuración básica en la construcción de un sensor inteligente se pueden observar en la figura IV.22 en la cual se observan varios circuitos integrados. Es el caso del dispositivo Micro/Convertidor/Análogo el cual contiene chips multiplexores de alto desempeño ADC y DAC acoplados a una memoria flash sobre el estándar de un microcontrolador 8052 y toda

la circuitería adecuada para las configuraciones de puerto serial. Es así que se puede aseverar que los sensores inteligentes en los sistemas de adquisición de datos contienen circuitos de alto desempeño, un microcontrolador y memoria flash en un sólo circuito integrado. (Ver figura IV.23).

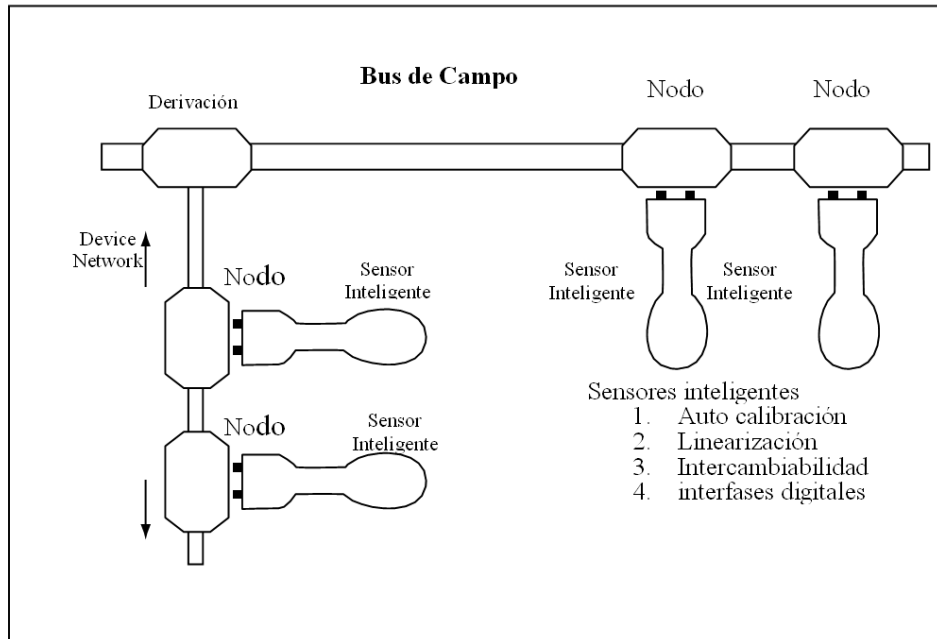


Figura IV.21: Estandarización de una interfase digital usando sensores inteligentes.

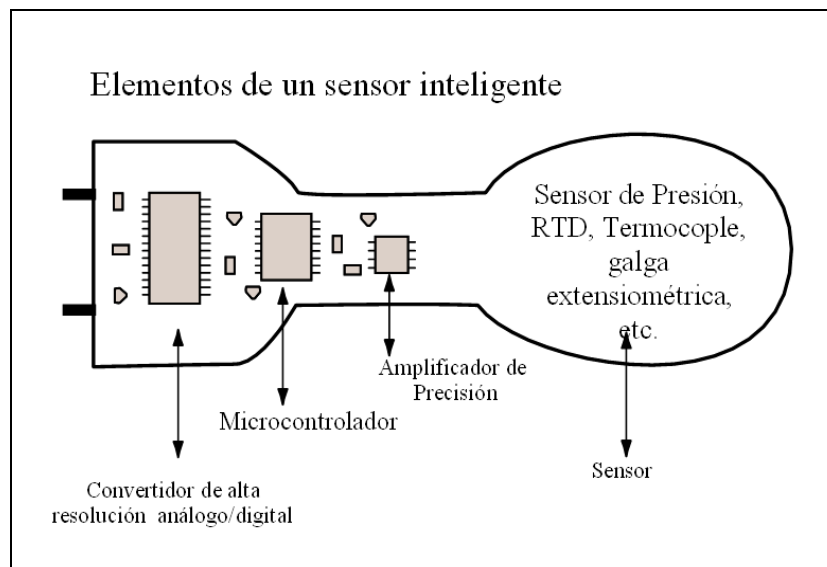


Figura IV.22: Integración de Microcontrolador Convertidor y amplificador

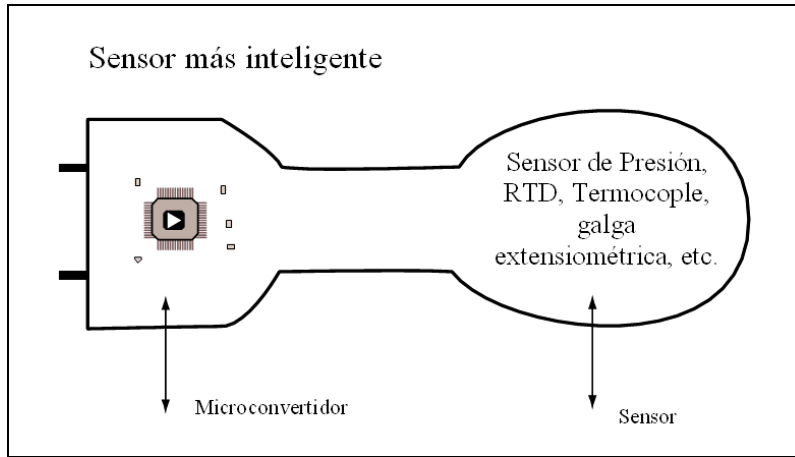


Figura IV.23: Integración en un chip de un micro convertidor

IV.8. CONECTIVIDAD E INTEGRACIÓN A RED DN DE UN ROBOT FANUC

IV.8.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El robot con el que se trabajará en el presente proyecto, es un FANUC LR Mate 200i el cual esta contituido por un brazo robot articulado, un controlador y la interfaz de comunicación con el controlador (Teach pendant). En la figura IV.24 se muestra un esquema general de conexión de los componentes del sistema.

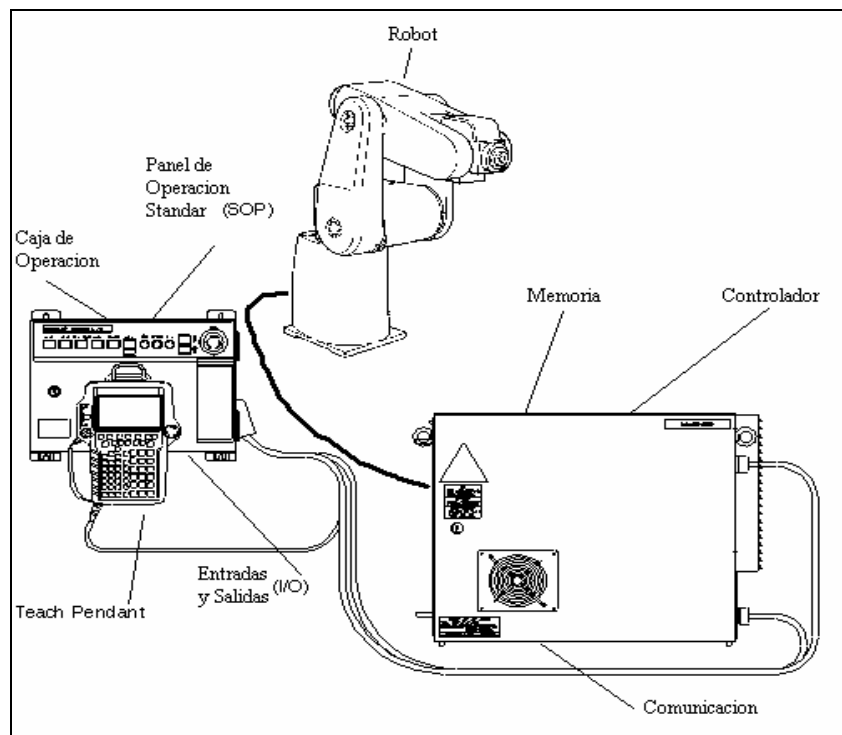


Figura IV. 24: Esquema general de los componentes del Robot

Este robot cuenta con 6 grados de libertad los cuales le permiten realizar tareas sencillas, como por ejemplo palatizado, carga y descarga de piezas, así como realizar tareas más complejas las cuales pueden ser labores de pintura, soldadura etc. La velocidad del robot es manejada en porcentaje a la velocidad máxima la cual es de 250 mm/seg. (El procedimiento de masterización del robot se puede ver en el anexo 3).

El controlador del sistema R-J3, está unido al robot y contiene la fuente de alimentación, circuito de control y memoria que dirigen la operación, el movimiento del robot y la comunicación con dispositivos externos. Se opera el robot usando un “teach pendant” o panel operador. El controlador puede comunicarse con diversos dispositivos. Su sistema de señales de entradas/salidas (I/O), provee una interface entre el software del sistema y dispositivos externos a través de dichas señales y puerto de comunicación serial. El controlador dirige los movimientos del robot para todos sus ejes, incluyendo cualquier eje auxilires adicionales (Fomix 2007, Álvarez 2008, Handling Tools Fanuc, 2002).

IV.8.2 SOFTWARE DE CONTROL PARA EL ROBOT FANUC (HANDLING TOOL)

El software utilizado por el sistema R-J3 se llama HandlingTool está diseñado para aplicaciones de manipulación de material, utiliza el teach pendant (Controlador manual) que provee los comandos y menús necesarios que permiten realizar diferentes tareas tales como programar y probar una aplicación, ejecutar la producción, desplegar y monitorear información del proceso.

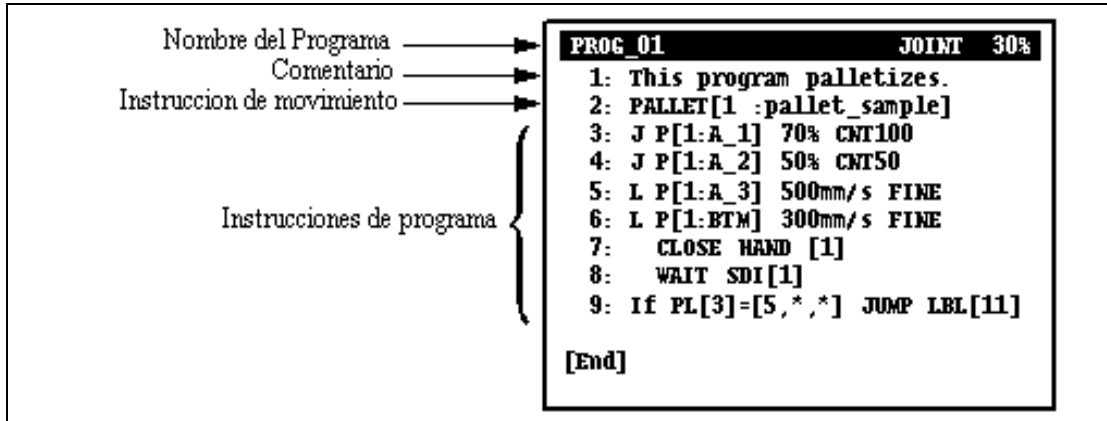
IV.8.2.1 PROGRAMACIÓN

Un programa de aplicación es una combinación de instrucciones que, cuando se ejecutan en secuencia, completarán una tarea (ver tabla IV.7).

El software HandlingTool permite crear y modificar un programa de aplicación, el cual tiene la siguiente estructura:

- a. Encabezado, que incluye el nombre del programa, comentarios, tipo de programa.
- b. Número de línea, asignado a cada instrucción del programa.
- c. Instrucciones de movimiento, que incluyen los comandos que le dicen al robot dónde y cómo moverse.
- e. Instrucciones de programa, para I/O, saltos, espera, funciones avanzadas y más.
- f. Marca de fin de programa, indica que ya no hay más instrucciones.

Tabla IV.7: Ejemplo de un programa



IV.8.3 CARACTERIZACION DE LA SEÑALIZACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DEVICE NET PARA LA INTEGRACION

En la red Device Net la transmisión de datos se realiza siguiendo los parámetros establecidos por el protocolo CAN. La transmisión de los datos se da utilizando dos cables los cuales forman el bus de comunicación. La determinación del estado en el que se encuentran los dispositivos es dada por la diferencia de voltaje entre los dos cables (CAN L, CAN H). El protocolo CAN define dos estados llamados dominante y recesivo. El estado recesivo ocurre cuando ninguno de los dispositivos se encuentra transmitiendo, el voltaje en cada una de las terminales del bus es de 2.5 V por lo tanto la diferencia es 0 V. Cuando ocurre un cambio de voltaje en la terminal CAN H de 2.5 V a 3.5 V y en la terminal Can L de 2.5 V a 1.5 V la diferencia entre ellos es de 2 V lo cual indica que se encuentra en el estado dominante como se muestra en la figura IV.25.

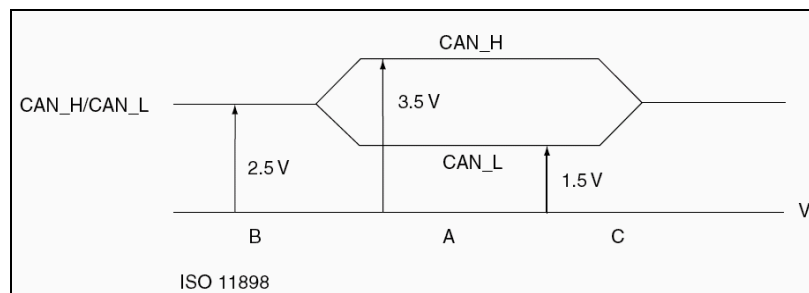


Figura IV.25: Estados del Bus de Comunicación.

Los datos en la red son transferidos en paquetes de información llamados trama de datos (Data Frames). El formato de los datos en el data frame es mostrado en la figura IV.26

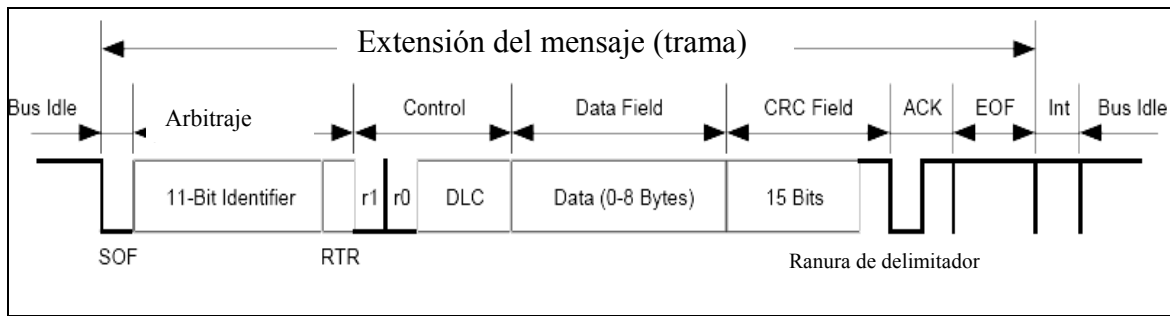


Figura IV.26. Trama utilizada por la Red Device Net. (Feng, 2001)

Con la instalación de la red Device Net se ofreció la posibilidad de realizar pruebas de conectividad y control a nivel de dispositivos físicos (Capa Física modelo OSI) con los controladores de los robots y de la máquina CNC, dado que DN conecta dispositivos de bajo nivel directamente a los controladores. En el modelo de control se trabajó en la creación de la programación básica en formato de diagrama de escalera, creando modelos de control a nivel de dispositivos para las primeras pruebas de control (Capa Física) (Tabla IV.8)

Tabla IV.8. Comparativo OSI-DeviceNet

	OSI	Device Net
Capa 7 Aplicación	Capa de Aplicación	Capa de aplicación Device Net
	Capa de Enlace de Datos	Protocolo CAN (Fundamento de Device Net)
Capa 1 Física	Señalización Física	
	Transceiver (Escáner)	
Capa 0	Medio de Transmisión	Capa de especificación

En la construcción del arreglo actual se instaló el sistema SLC5 que integra la fuente, el CPU-Memoria y el escáner para Device Net, y se usó el software RSlogix 500 y RSNetworkx, este arreglo es costoso y su instalación es más complicada. Para el desarrollo de la experimentación se adquirió tanto el sistema SLC5 con su CPU y el escáner para Device Net, como la tarjeta 17984 PCIDS, esta última a un costo mucho menor. En una segunda etapa se integrará a PC la tarjeta 1784 PCIDS la cual se inserta dentro de una PC con Ranura PCI, esta sustituye al sistema SLC5, con la variante de uso del software RSlogix 5000, el costo de este arreglo es de un 50% menor al SLC5, y ofrece la posibilidad de realizar el control y monitoreo directamente de la PC, simplifica el cableado y la presentación (ver figura IV.27).

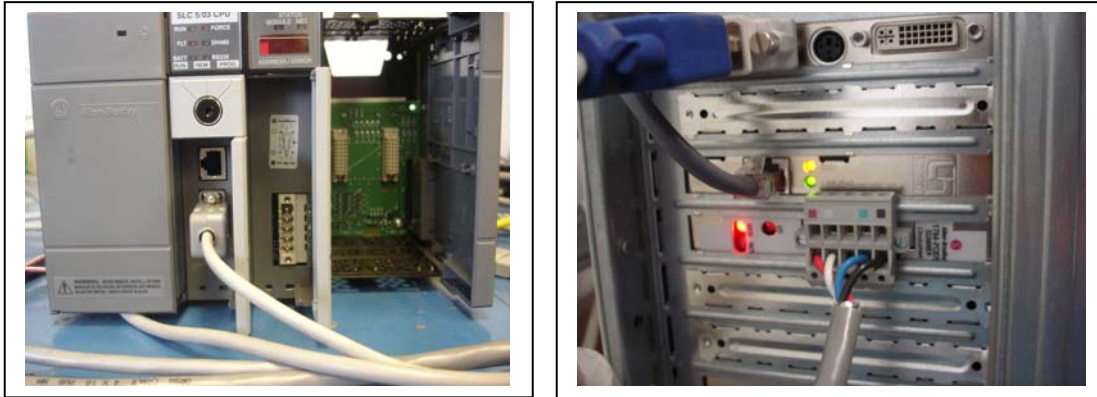


Figura IV.27: Sistema SLC5/3 y tarjeta PCIDS

IV.8.4. INTEGRACIÓN ROBOT FANUC 200i A DN

La red de comunicación posee un dispositivo I/O de entradas y salidas discretas llamado CompactBlock. Este dispositivo cuenta con ocho entradas y ocho salidas que se activa con 24 V como se muestra en la figura IV.28 (Fomix 2007, Álvarez 2008).

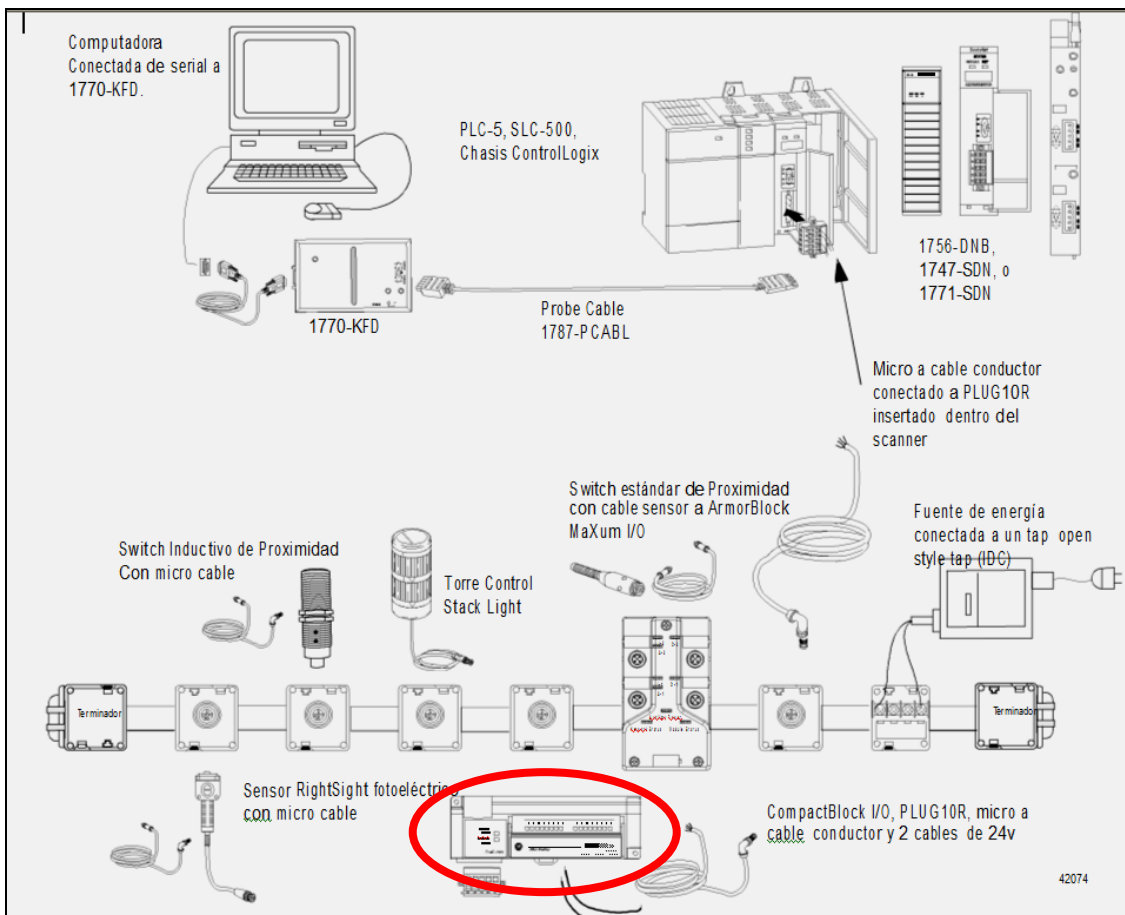


Figura IV.28 Ubicación del Compact Block

Las primeras pruebas de conectividad entre el robot y la red se realizaron utilizando el CompactBlock y el módulo de entradas y salidas del robot. El software de control que se utilizó para manejar el dispositivo es el RS Logix 500. El software utiliza la programación basada en diagramas de escalera para el manejo de las entradas y salidas.

En esta prueba inicial se utilizó un sensor fotoeléctrico (RightSight Photoelectric Sensor), un sensor inductivo (Standard Proximity Switch) y una torreta de luces (StackLight).

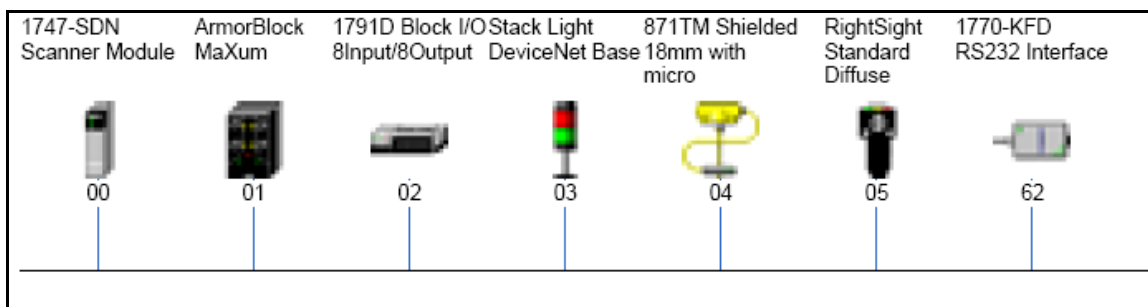


Figura IV.29: Esquema de conexión de los dispositivos

En la figura IV.29 se muestra la disposición de los sensores en la red de comunicación. Una vez conectados los dispositivos, se debe llevar a cabo su configuración en la red. Esto significa especificar cual es el nodo que ocupa cada uno de los dispositivos. La forma de especificar el número de nodo puede ser de dos formas:

1. La primera es especificar el número de nodo utilizando las perillas que se encuentran en algunos dispositivos.
2. La segunda se utiliza en el caso de que el dispositivo no cuente con las perillas, por lo cual la asignación del nodo se realiza por medio de software.

Para establecer la dirección del nodo se utiliza el software llamado RS Networks. Las direcciones deberán encontrarse dentro del rango de 00 y 69, en donde se establecieron las direcciones según la tabla IV.9

Tabla IV.9. Asignación de números de nodo.

Elemento	No. de Nodo
Escáner	00
ArmorBlock	01
CompactBlock	02
Stack Light	03
Sensor Inductivo	04
Sensor Fotoeléctrico	05
Interfase Serial	52

Ya establecidos los números de nodo, se asignan los lugares físicos en el mapa de memoria. El mapa de memoria, es el espacio que va a ocupar cada dispositivo y se encuentra alojado en el escáner de la red. El mapa de memoria sirve para ubicar la dirección en la cual podrá ser enviada o colectada la información de cada elemento integrado a la red. La disposición en el mapa de memoria del escáner se realizó como se ve en la tabla IV.10.

Tabla IV.10: Distribución de los elementos en el mapa de memoria.

Entradas																
Bits	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
I:1.0	Read-Only															
I:1.1	01 Armor Block 4 input															
I:1.2	03 Stack Light							02 Compact Block								
I:1.3	04 Sensor Inductivo															
I:1.4	05 Sensor Fotoeléctrico (Right Sight Diffuse)															
I:1.5																
Salidas																
Bits	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
O:1.0	Read-Only															
O:1.1										01 Armor Block 4 input						
O:1.2										02 Compact Block						
O:1.3										03 Stack Light						

Una vez establecidas las direcciones de los dispositivos se realizó una prueba de comunicación con el robot Fanuc RL Mate 200i. La prueba consiste en condicionar el inicio y seguimiento de una rutina del robot, esta consistió de dos movimientos del robot, el primero es lineal para mover el manipulador final hacia una posición horizontal, y el segundo consiste en regresarlo a la posición inicial (Ver figura IV.30).

Primero se condicionó el arranque de la rutina mediante la activación del sensor foto eléctrico. Una vez iniciada la rutina el robot envía una señal hacia la red con el fin de indicar que esta procesando, esa señal es utilizada para cambiar el estado de la torre indicadora de color verde a rojo, después el robot envía otra señal indicando que completo el primer movimiento lineal y se mantiene en espera.

Para continuar con el movimiento de regreso a la posición inicial se condicionó al estado del sensor inductivo. Ya que se activa el sensor inductivo el robot regresa a la posición inicial, y por último en la posición inicial el robot envía otra señal indicando que ha terminado la rutina, esta señal cambia el estado de la torre indicadora de color rojo a verde con lo cual se puede iniciar el ciclo nuevamente. Ver figura IV.31 para la programación en diagrama de escalera, de la señalización en red integrado a Fanuc (Fomix 2007, Álvarez 2008).



Figura IV.30 Posición Inicial y Posición Final de robot Fanuc en rutina de prueba

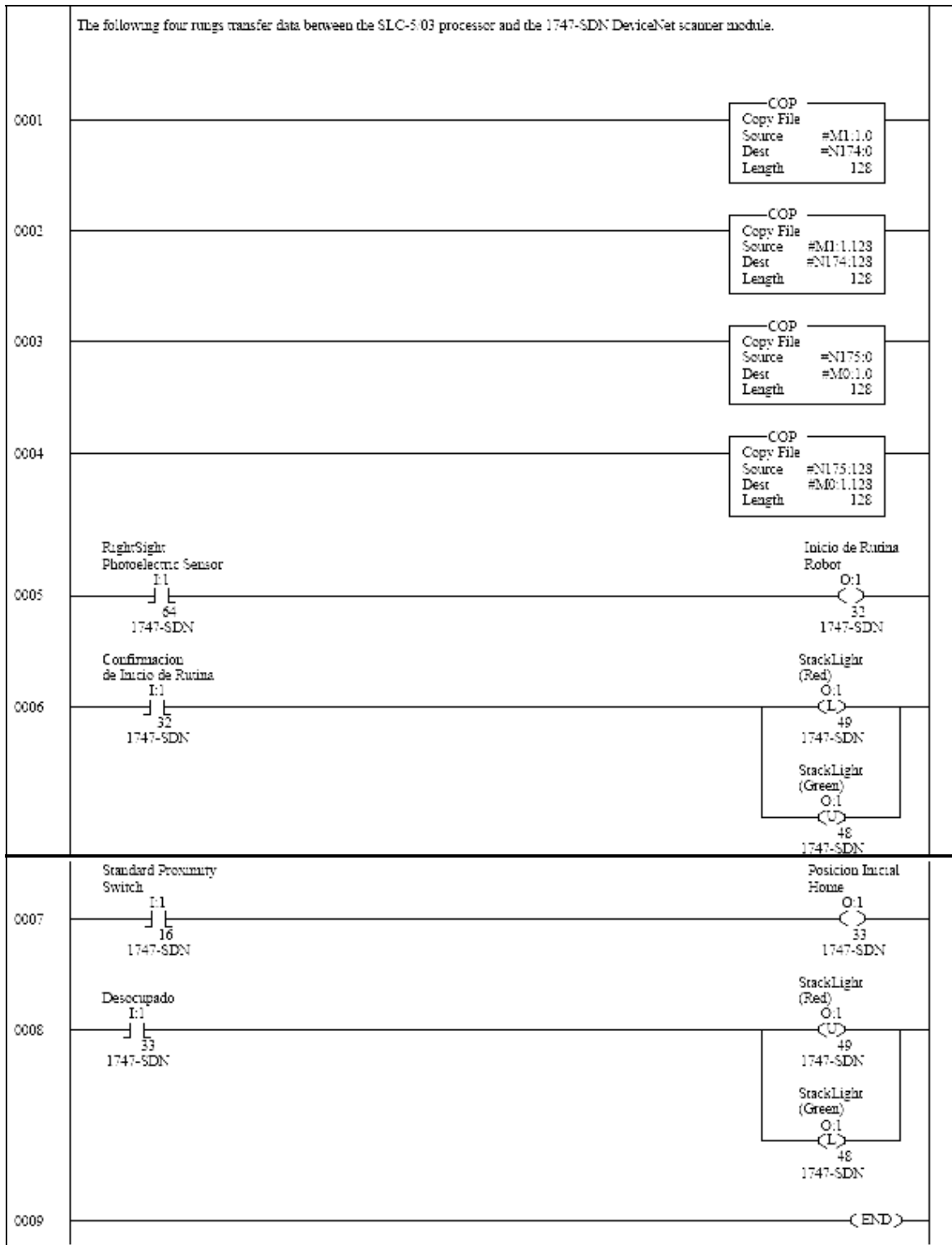


Figura IV.31: Programa de comunicación Robot- Red

IV.8.4.1. INCORPORACIÓN DE SENSORES EN EL AMBIENTE DE TRABAJO DEL ROBOT

Para esta prueba se utilizaron sensores ópticos difusos como el que se muestra en la figura IV.32 (Fomix, 2007, Álvarez 2008)

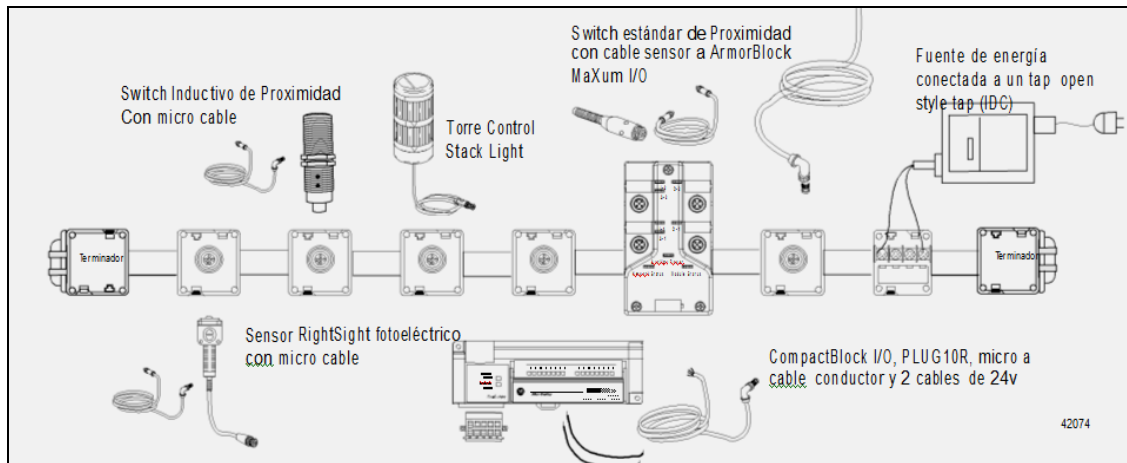


Figura IV.32 Sensores en red

Adicionalmente se utilizó una lámpara indicadora, el módulo de entradas y salidas discretas, el robot Fanuc, un Chasis SLC de Allen Bradley. Se colocaron los sensores frente al robot dentro de su espacio de trabajo representado en la figura IV.35. Este sitio representa la posición en la cual se surtirá una pieza. El otro sensor se colocó a la izquierda del robot para detectar cuando el robot deposite la pieza en la posición final.

La rutina consistió en mantener el robot en su posición de origen hasta que el sensor detecte que hay una pieza. El robot procederá a tomarla activando antes la lámpara para indicar que se encuentra activo el proceso. Una vez que el robot toma la pieza procederá a transportarla a su posición final en donde el sensor se activará al detectar el arribo de la pieza con lo que le indicará al robot que regrese a su posición inicial y se mandará la señal para indicar que se encuentra libre el proceso.

Para que se active la rutina la pieza deberá estar como mínimo cinco segundos en la posición inicial con el fin de confirmar su presencia. Además en caso de que la pieza se desprendiera en el recorrido hacia el punto final el robot se mantendría en esa posición indicando que el proceso no ha concluido. En la figura IV.31 se puede apreciar el diagrama de escalera utilizado para realizar esta rutina. (Fomix 2007, Álvarez 2008)

IV.8.4.2 RUTINA PARA ESTABLECER COMUNICACIÓN UTILIZANDO LA RED DEVICENET CON UN ROBOT FANUC LR MATE 200i

El monitoreo de la posición del robot se realiza mediante los sensores de la red con el fin de señalar el inicio y fin de la rutina del robot así como mostrar el estado del proceso.

La prueba de comunicación y control se realizó con los siguientes dispositivos mostrados en la figura IV.33 y con el diagrama de flujo mostrado en la figura IV.34.

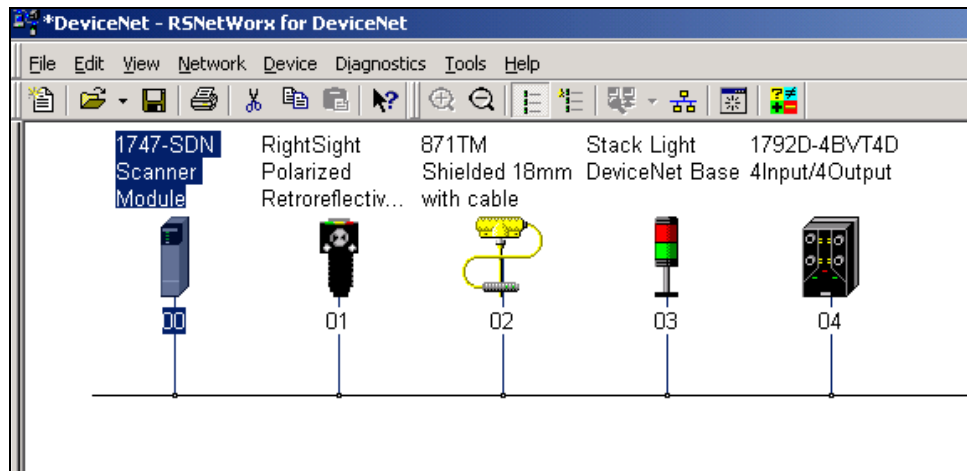


Figura IV.33 RSNetworx arreglo en Red

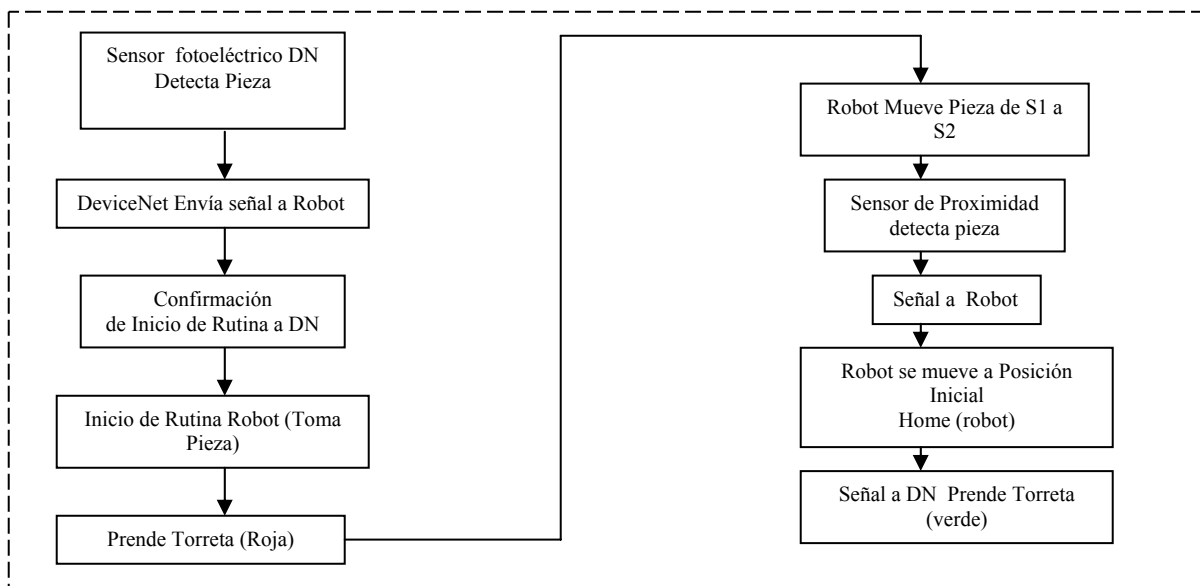


Figura IV.34 Diagrama de Flujo DeviceNet-Robot Fanuc. R Mate 200i

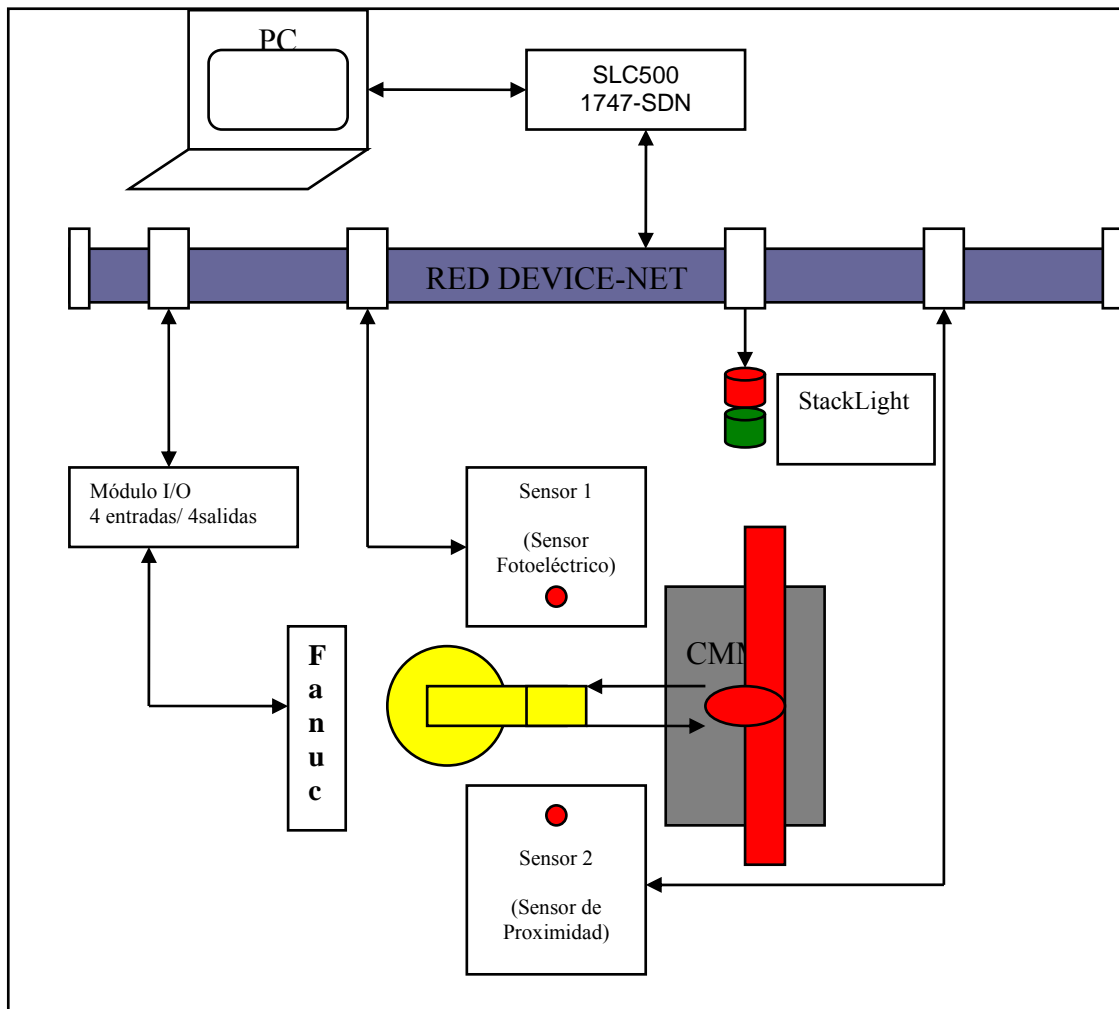


Figura IV.35: Diagrama esquemático de prueba DeviceNet

La prueba de comunicación se realizó con un movimiento de una pieza del punto Sensor 1 (S1), al punto de Sensor 2 (S2), manualmente se colocó una pieza en el punto S1, el sensor fotoeléctrico sensó la pieza y mando una señal a DeviceNet, en este punto se prende la luz roja de la torreta, de la red también sale una señal a su módulo I/O (del Robot Fanuc 200i) el cual no necesita un adaptador o circuito de ajuste de voltaje en la señal dado que el robot usa en sus panel I/O 24 VDC, así el robot inicia su rutina de movimiento para finalmente colocar la pieza en S2 en sensor de proximidad DeviceNet colocado en ese punto, este detecta la pieza y manda una señal a red, ahí DN se activa la luz verde de la torreta y envía otra señal a Fanuc para tomar posición de Inicio de rutina finalizando la secuencia (Ver figuras IV.35 y IV.36) (Fomix 2007 Álvarez 2008).

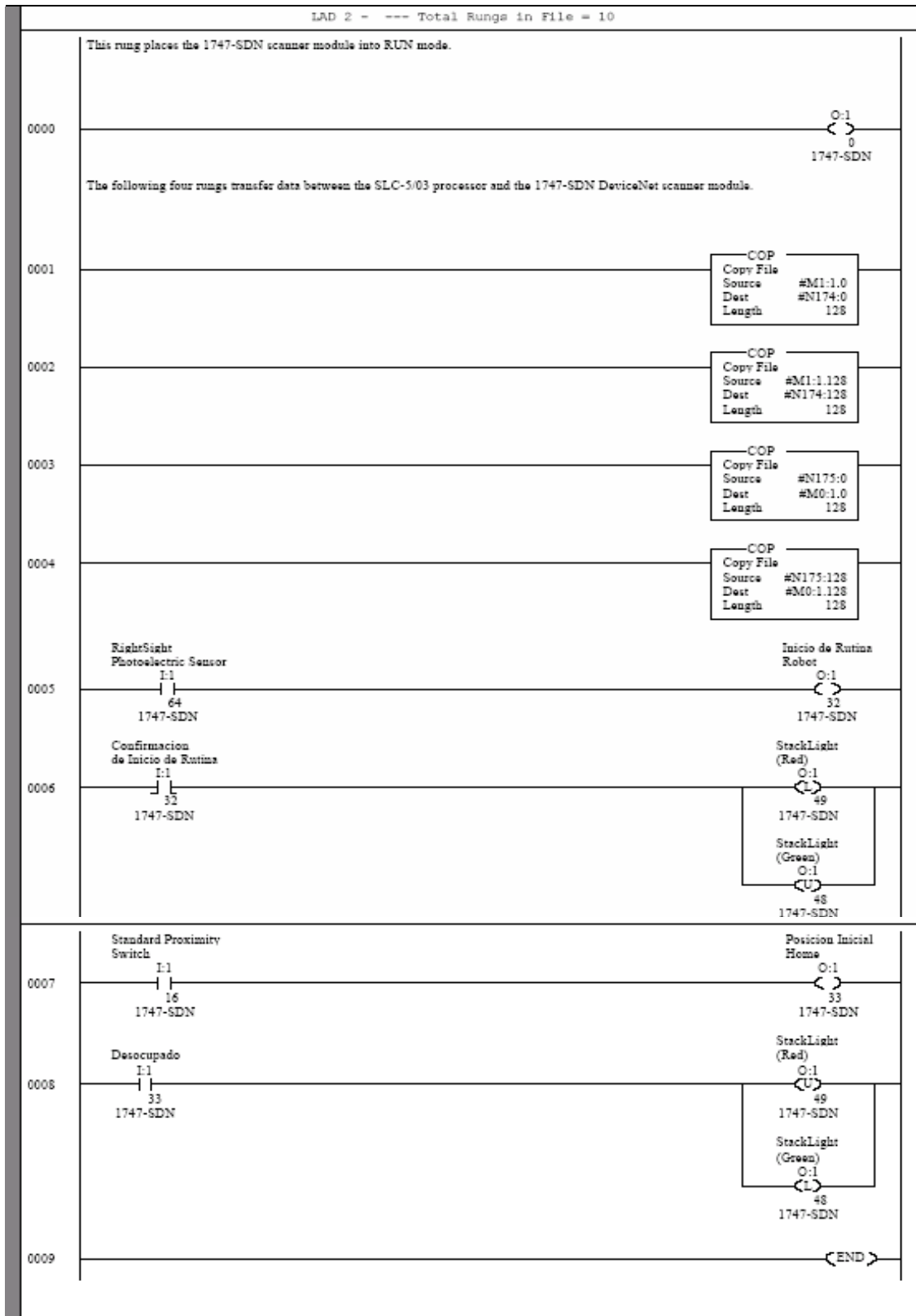


Figura IV.36. Diagrama de escalera del Proceso

CAPITULO V: MÓDULO DE MANUFACTURA PROPUESTO

V.1 DESARROLLO.

Para realizar la integración del módulo de manufactura fue necesario caracterizar cada una de las máquinas involucradas. Primero se caracterizó el sistema de comunicaciones del torno SL-20, a través de su modelo determinando las líneas de entrada y salida con las que cuenta, en una segunda etapa se analizó el sistema de comunicaciones del robot RV-N10. Así se determinaron las estructuras de los programas para cada máquina-herramienta, los tipos de señales a generar y el tipo de comunicación a utilizar.

V.1.2 CARACTERISTICAS DEL TORNO SL-20.

El torno HAAS SL-20, es un centro de maquinado CNC (Control Numérico Computarizado) el cual permite fabricar piezas a partir de barras cilíndricas de longitudes variables, dichas barras pueden ser de materiales diferentes como aluminio, acero, madera, etcétera, con altos niveles de fiabilidad, repetitividad, fácil manejo y alta productividad. El torno controla la herramienta mediante una computadora y es programada con un sistema de código máquina (códigos G y M, los códigos G son códigos genéricos mientras que los códigos M son códigos misceláneos) el cual permite que el torno sea operado con mínima supervisión y gran repetitividad.

El torno SL-20, cuenta con una puerta y mordaza automática. La mordaza tiene un volteo 261.6 mm; la longitud de la barra también puede tener una longitud máxima de 508.0 mm (Ver Figura V.1) (Haas Series SL, 1996).

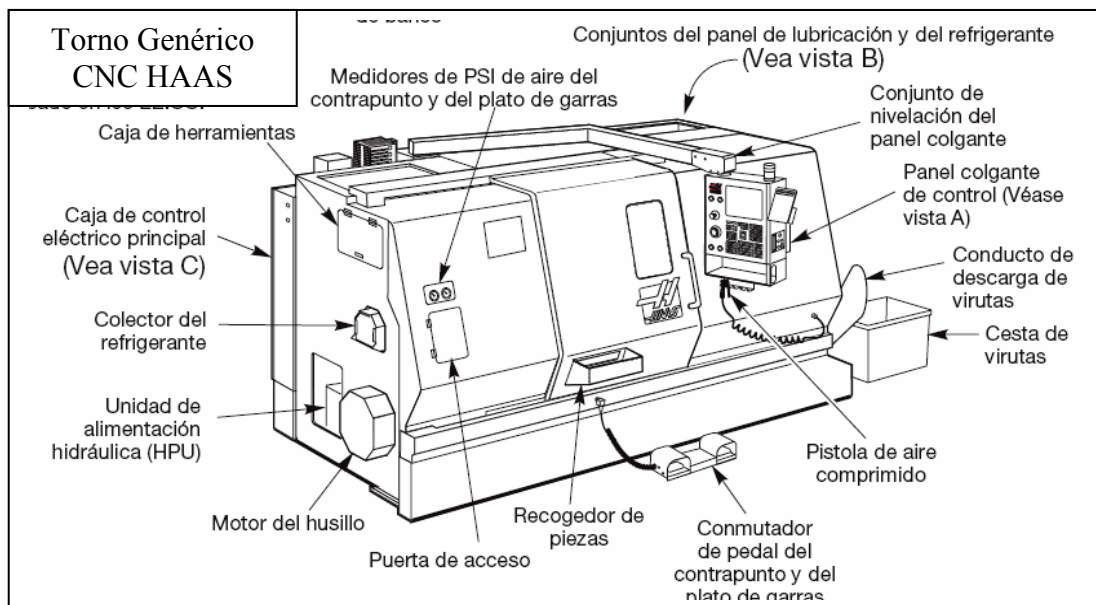


Figura V.1 Componentes del torno CNC HAAS SL20

V.1.3 COMUNICACION DEL TORNO SL-20.

El torno SL-20 cuenta con dos tipos de señales para la comunicación con otras máquinas. Tiene salidas y entradas que son tanto de forma analógica (continuas, niveles de voltaje) como de forma digital (discretas, codificadas).

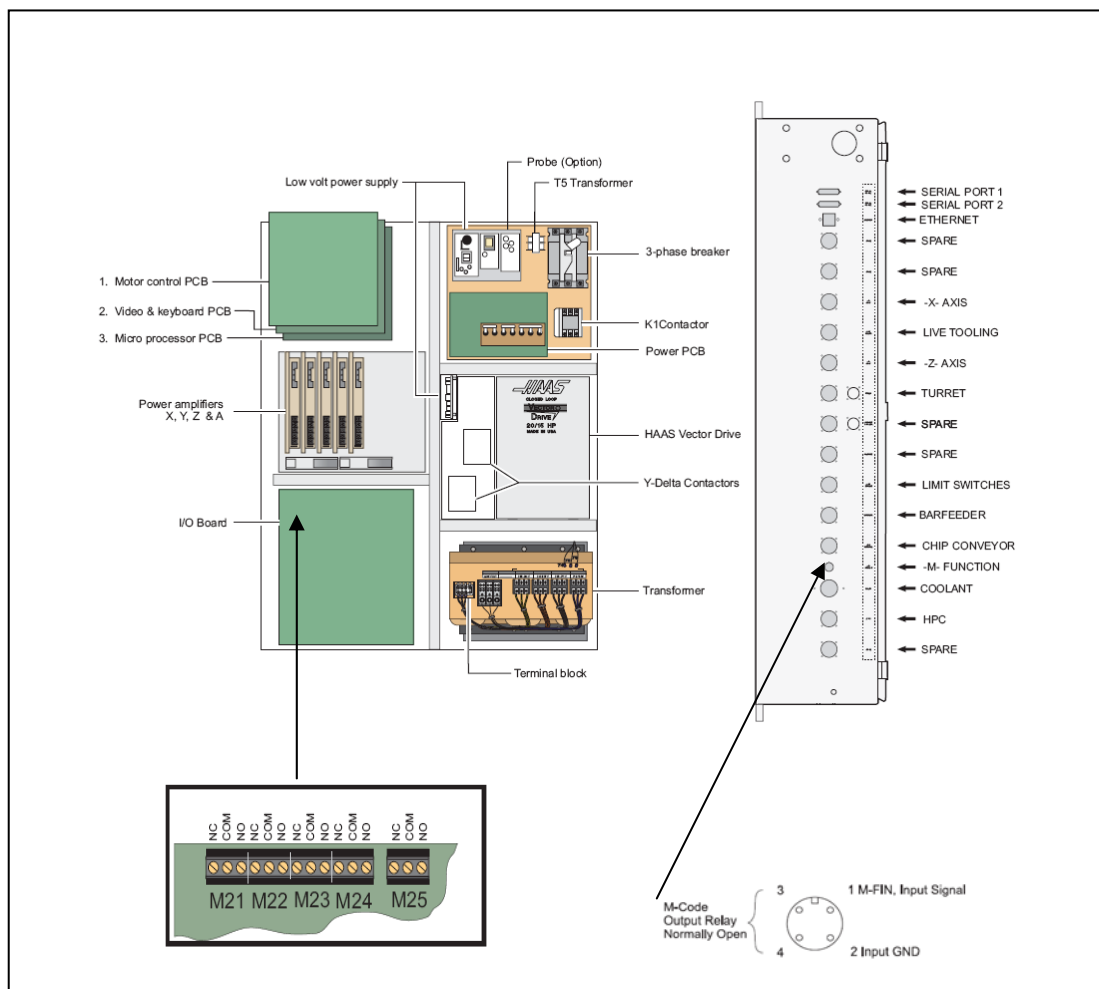


Figura V.2: configuración de las salidas de los relevadores M21 a M25 del torno SL-20.

V.1.4 ENTRADA ANALOGICA DE SL20

El torno SL-20 cuenta con una entrada de forma analógica, a esta entrada se le llama M-FIN, por medio de esta se puede establecer la comunicación del torno con otra máquina con la que puede estar sincronizada para realizar operaciones secuenciales. (ver figura V.2)

El código M121 es el que detecta la entrada, cuando se ejecuta este código el torno queda en espera se detecta la entrada del M-FIN, el torno continúa con la ejecución de sus procesos siguientes. Para realizar el cortocircuito que se realiza en las terminales del M-

FIN, es necesario aislar física y eléctricamente la señal de ambas máquinas-herramientas para evitar daños, debido al cortocircuito, en la circuitería de la máquina que envía la señal al torno.

En la Figura IV.3 se observa el diagrama de tiempos del pulso para detectar la señal del M-FIN, en la Figura IV.4 se muestra la configuración física para la conexión de la entrada del M-FIN, la terminal 1 proporciona 12 volts de corriente directa, la terminal 2 es la tierra con la cual se va hacer el corto circuito para la detección de la entrada, las terminales 3 y 4 no se usan (Haas SL 1996, Pelayo, 2007).

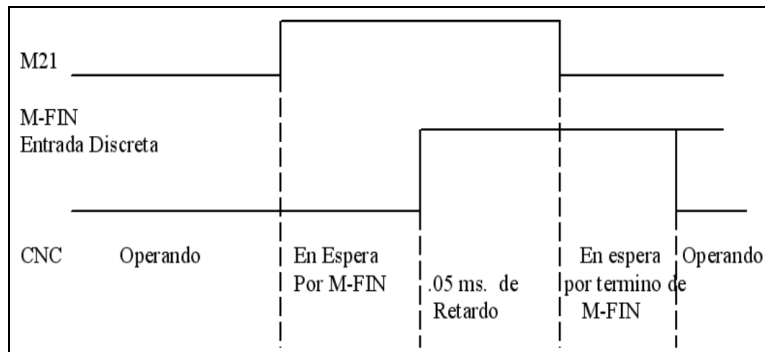


Figura V. 3: Diagrama del pulso para detectar la entrada por medio del M-FIN.

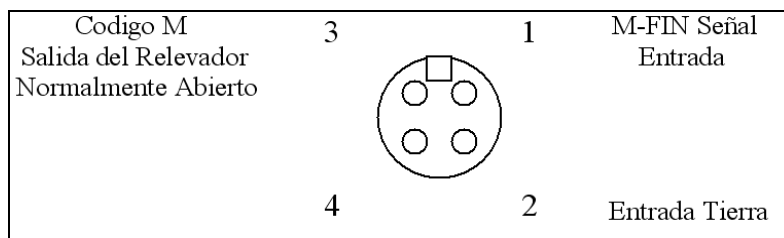


Figura V.4: configuración de la entrada del M-FIN

V.2 PROGRAMACION DEL TORNO SL-20

El controlador del torno SL-20 se puede programar a través de descarga directa de un programa en códigos GM por medio del puerto serial RS232, con cableado cruzado y los siguientes parámetros de comunicación: tasa de transferencia (baudrate) a 9600 bps, Paridad: Even, bit de datos: en 7 y bit de parada en: 1, este procedimiento de carga de programas se realiza para programas de tamaño medio no mayores de 250 kb, en caso de ser superiores a este valor se utiliza el sistema de control directo numérico (DNC) el cual realiza la descarga del programa de acuerdo a un protocolo de transmisión de líneas de programación sobre demanda de estas en función de un control de capacidad de memoria

del controlador , esto es: cuando disminuye el nivel de memoria del controlador el sistema DNC solitita a la PC que esta conectada se envíen más líneas de programación, deteniéndose la transmisión en el momento que se llena la memoria, el procesos continua hasta que consumen todas las líneas del programa.

Por el puerto RS-232 se puede conectar el controlador CN a otro computador. Esta función permite al programador cargar y descargar programas, ajustes y desplazamientos de herramientas desde una PC. Se requiere un cable para conectar el control CNC con el PC. Hay dos tipos de conexiones RS-232: el conector de 25 pin y el de 9 pin. (Ver figura V.5).

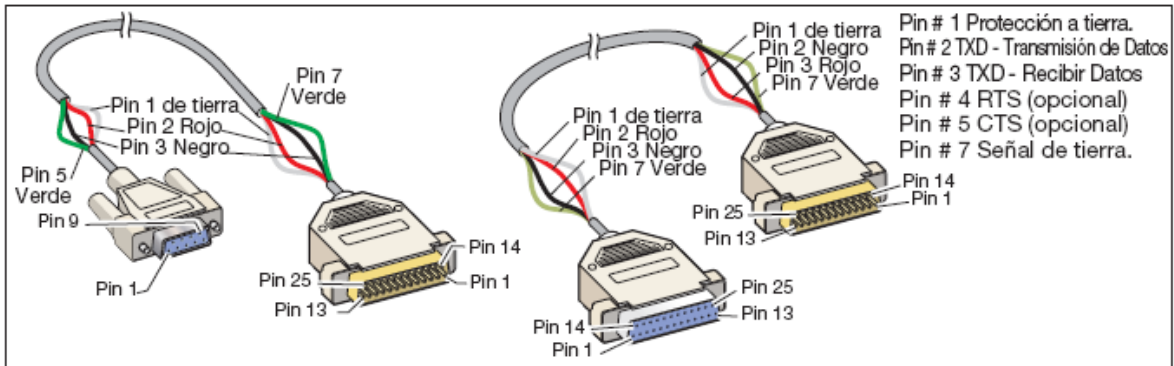


Figura V.5: Conector RS232 serial para PC

La esencia general del programa de control numérico NC es la de describir o indicar los movimientos que la máquina debe hacer para desarrollar un determinado movimiento o actividad. Esta descripción se hace mediante el uso de códigos que tienen asignada una función y que interpretará un controlador electrónico. Un código o comando está compuesto por un símbolo alfabético seguido de un valor numérico. Un bloque está compuesto de varios comandos, donde todos los comandos de un mismo bloque se ejecutaran en el mismo tiempo, sin importar el orden que tengan. Un programa de NC esta compuesto por un conjunto de bloques de comandos capaces de llevar a cabo una rutina completa.

La compilación convierte las coordenadas al lenguaje de la máquina CNC. Un programa típico se vería como el siguiente ejemplo con los códigos necesarios para que el controlador implemente el programa. (Ver la figura V.6)

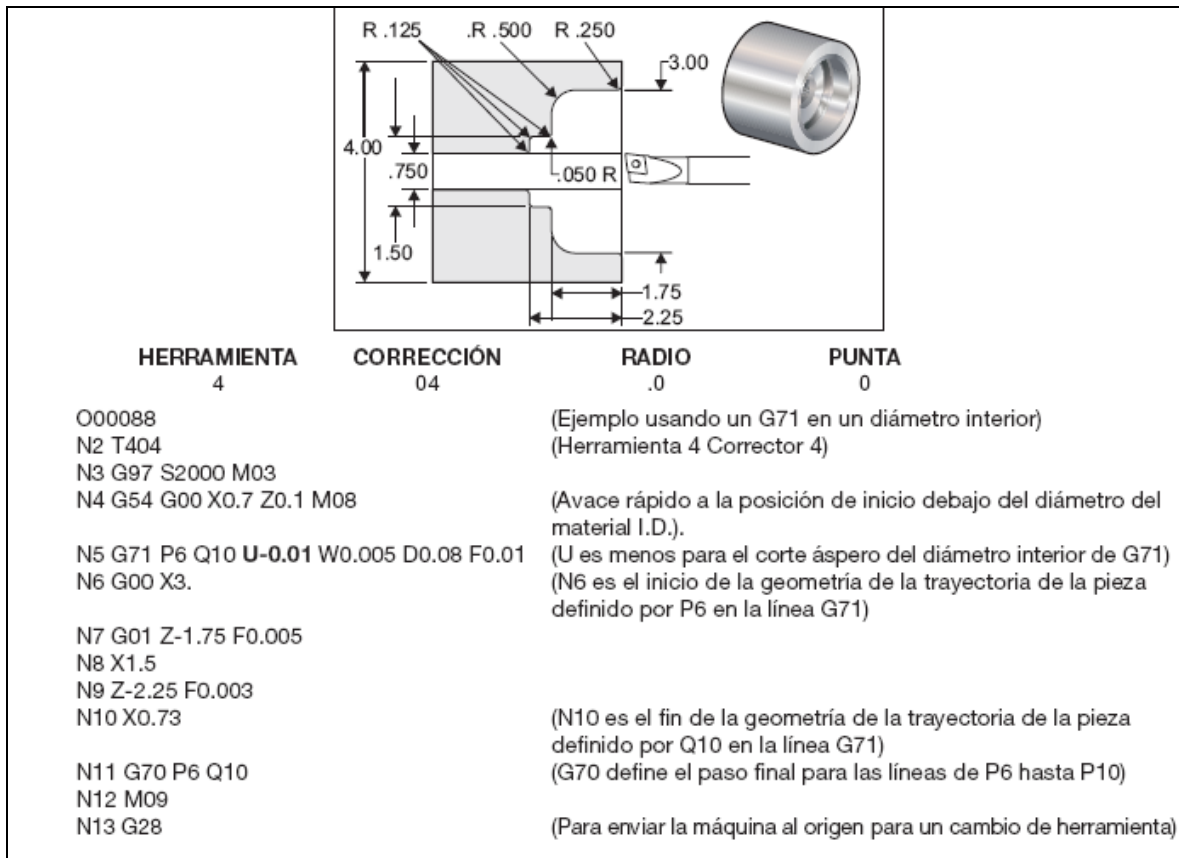


Figura V.6: Ejemplo de un programa compilado para realizar un maquinado en diámetro interior

V.2.1 CARACTERISTICAS DEL BRAZO ROBOTICO MELFA RV-N10

El robot que se integrará en el módulo de manufactura, es un robot Mitsubishi modelo Melfa RV-N10, el cual está provisto de 6 ejes de movimiento y una capacidad en carga, de 10 Kg., la serie N puede integrarse a una red nativa de Mitsubishi a través de los módulos I/O Net/Mini y mediante el uso del software Melsec, desde su origen en el año de 1999.

A partir del año 2004 la nueva plataforma de automatización iQ de Mitsubishi Electric se puede considerar como el primer sistema de controladores que integra todos los procesos de fabricación, incluida la robotización, en una sola plataforma de automatización interdisciplinaria.

El concepto de control integrado de la plataforma de automatización iQ se basa en una arquitectura de multiprocesador de altas prestaciones que incluye PLCs, controladores de movimientos, CNC y robots. En modo multiprocesador, las tareas de control y comunicación están compartidas entre la CPU de PLC y hasta otros tres módulos de CPU, pudiendo combinarse éstos de forma muy flexible. Al igual que los otros controladores, la CPU de robot se conecta como módulo inteligente al chasis de la plataforma de

automatización iQ como una CPU más. Los controladores se comunican entre ellos mediante el bus común del chasis posterior, el cual sincroniza el intercambio de datos y señales cada ciclo de procesamiento de las unidades CPU.

Esta plataforma de integración propietaria de Mitsubishi es adecuada para un proyecto de integración a través de múltiples elementos de control, como PLC e interfaces de comunicación, a pesar de ser una solución integral para la interacción, se puede indicar que es una plataforma limitada en cuanto a que no define la integración de forma distribuido y en protocolo abierto como lo es la red Device Net (Lintfort, 2007)

El robot RV-N10 es un brazo robótico que cuenta con 6 grados de libertad y diferentes tipos de movimientos, los cuales son: eje X, Y, Z, A, B y eje C. En la Figuras V.7 y V.8 se muestran los ejes del robot y se identifican las partes del cuerpo del robot. Este brazo robótico se clasifica como articulado (Mitsubishi NP30, 1998).



Figura: V.7: Foto en el sistema de transferencia Robot Mitsubishi Melfa RV-N10

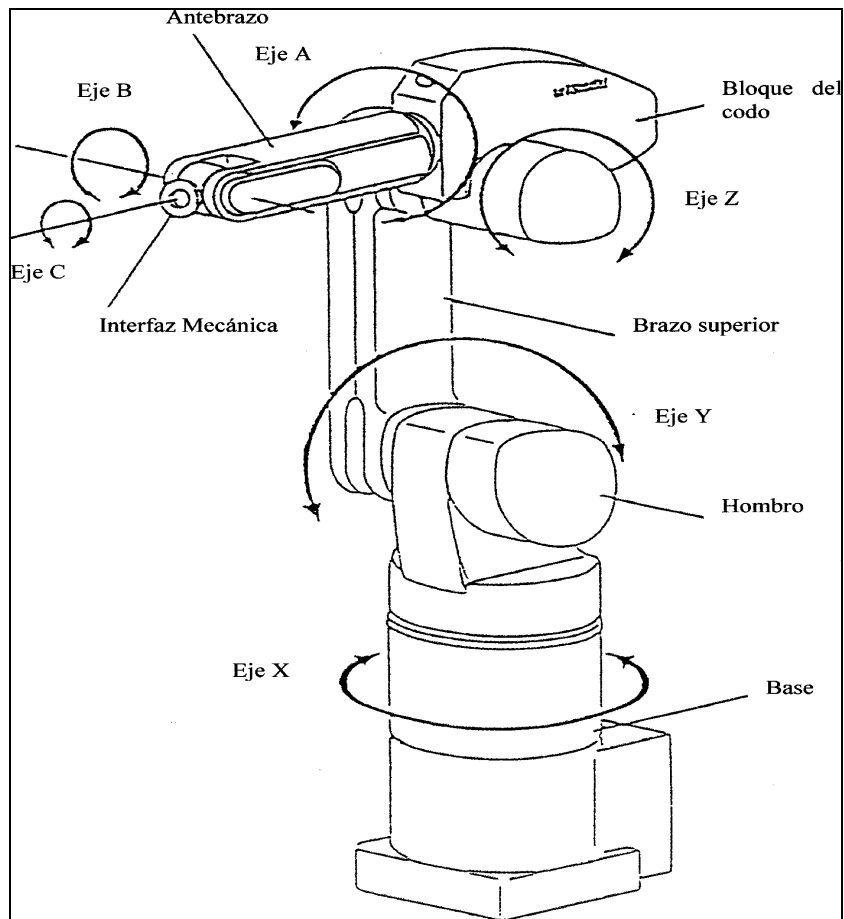


Figura V.8: Identificación de los ejes y de las partes del cuerpo del robot.

La longitud del hombro es de 200 mm, la del brazo es de 500 mm y la del antebrazo es de 630 mm. La máxima velocidad de desplazamiento durante la combinación del movimiento de todos los ejes es de 5.8 m/seg. La máxima carga que puede desplazar es de 10 kilogramos, tiene una precisión de repetitividad de posicionamiento de ± 0.1 mm. Los desplazamientos de cada eje son generados por servomotores de corriente alterna con freno en cada uno de los ejes (Mitsubishi NP30, 1998).

V.2.2 COMUNICACION DEL ROBOT RV-N10

El robot RV-N10 cuenta con dos tipos de señales para la comunicación con otras máquinas-herramientas. Tiene salidas y entradas las cuales son de forma analógica. El robot cuenta también con entradas y salidas de forma digital. (Mitsubishi AP 732, 1998).

V.2.2.1 FORMA ANALOGICA.

El robot RV-N 10 cuenta con cuatro salidas y ocho entradas de forma analógica con las cuales puede estar en comunicación con otras máquinas-herramientas, las salidas son

controladas por medio de software y son conmutadas por medio fototransistores, cuando las salidas son activadas proporcionan 24 volts de corriente directa entre sus terminales, esta señal de salida se puede utilizar para controlar las herramientas que tenga el robot en la interface mecánica o para comunicarse con otras máquinas-herramientas, las entradas son controladas por medio de software detectando niveles de voltaje entrantes con los cuales el robot determina si se tiene presente o no una señal en la entrada (Mitsubishi AP 732, 1998, Pelayo, 2006).

Las salidas están identificadas como HND 1, HND 2, HND 3 y HND 4, para activar una salida en específico se deberá poner la salida que se quiere activar, un signo de igual y un uno, esto es, si se quiere activar la salida número uno, se deberá escribir de la siguiente manera en el programa: HND 1=1, cuando se ejecute esta instrucción se tendrán los 24 volts, para desactivar la misma salida se deberá sustituir el uno por un cero, esto es: HND 1=0, cuando se ejecute esta instrucción no habrán los 24 volts, es el mismo procedimiento para activar o desactivar cualquier otra salida. Estas salidas son activadas y desactivadas de forma automática durante la ejecución del programa del robot. Con estas señales analógicas de salida, el robot puede indicar a otras máquinas herramientas que ya terminó un proceso y que ya pueden interactuar ambas máquinas.

Para detectar una entrada es necesario utilizar la siguiente instrucción: M HIN(#entrada), por ejemplo, si se quiere detectar la entrada 1, se especifica de la siguiente manera: M HIN(1), al momento de la ejecución de esta instrucción, el robot leerá la entrada número uno para hacer una detección de niveles de voltaje para determinar si hay o no hay una señal de entrada presente, si se quiere detectar otra entrada diferente únicamente se cambia el número que esta entre paréntesis indicando cual de las ocho entradas se quiere detectar. En base a que se detecte o no una entrada se tomará una decisión si se continua con la ejecución del programa o se queda en espera hasta que la señal que se esta leyendo se presente (Mitsubishi AP 732, 1998).

```
50 IF M HIN(3)=1 THEN 60 ELSE 50
60 MVS P4,50
```

En la línea 50, se lee la entrada 3, si se presenta la señal, continua con la ejecución de la línea 60, si no se presenta la señal, se brinca a la línea 50, esto es, se queda ciclado en la línea 50 hasta que la condición se cumpla, la condición puede ser con 1 o con 0 dependiendo con que valores se desee trabajar, esto es con voltaje o con tierra. Con estas entradas el robot puede saber que el torno ya terminó un proceso y que es tiempo de que entre en acción el robot, también se pueden poner sensores en el cuerpo del robot para detectar objetos y con esto tomar decisiones.

V.2.2.2 SEÑAL DIGITAL POR MEDIO DEL PUERTO RS-422.

Además de contar con entradas y salidas analógicas para la comunicación con otras máquinas, el robot RV-N10 cuenta con otro tipo de comunicación que es la comunicación en forma digital, este tipo de comunicación es para enlazarse con una computadora, la computadora le enviará información al robot y el robot a la computadora, esto es, la comunicación será bidireccional. Este tipo de comunicación se

realiza por medio de un puerto RS422 que tiene el robot. El puerto RS422 fue diseñado para mayores distancias y velocidades de transmisión en bytes más altas que el puerto RS232. La transferencia de datos puede ser de hasta 10 Mbps y distancias de hasta 1200 metros. El programa que se utiliza para la transferencia de archivos es el MELFA BASIC II, este programa se encarga de sincronizar los puertos de la computadora y del robot para poder establecer la comunicación y la transferencia de archivos (Mitsubishi NP30, 1998, Pelayo 2006).

V.2.3 PROGRAMACION DEL MELFA RV-N10

La programación del Robot Melfa RV-N10 se divide en 6 grandes secciones de instrucciones, a su vez cada una de ellas contiene códigos de intrusiones de movimiento, posicionamiento, control de velocidades, manipuladores y control de tráfico I/O con otros dispositivos externos, como sensores y máquinas con las cuales se puede interactuar

1) Instrucciones de control posición/ movimiento

Estos comandos le conciernen a las posiciones y movimientos del robot. Incluyen aquellos que definen, reemplazan, asignan y calculan los datos de posición así como los que efectúan las interpolaciones articulada y lineal y los movimientos de trayectoria continua. Están incluidos también los que fijan la velocidad, el origen, y los comandos paletizadores.

2) Instrucciones del control del programa

Incluyen aquellos concernientes a las subrutinas, rizos repetitivos, y saltos condicionados. Incluyen también las operaciones de conteo y las declaraciones de interrupción por medio de señales externas.

3) Instrucciones de control de la mano

Estos comandos controlan la mano. Hay disponibles comandos para la mano operada a motor (opcional) que fijan la fuerza de agarre y el tiempo abierto/ cerrado del agarre.

4) Instrucciones de control I/O

Estos comandos se relacionan con las entradas y salidas de datos a través del punto I/O de propósitos generales. Tanto para las entradas como para las salidas, los datos pueden ser intercambiados sincrónica o asincrónicamente y el procesamiento es posible en bits o en paralelo.

5) Instrucciones de lectura RS232C

Estos Comandos le permiten a la computadora personal leer datos de la memoria del robot. Los datos que pueden ser leídos incluyen los de posición, de programación, conteo, de entradas externas, de modo de error, y de posición presente.

6) Misceláneos

Agrupados en esta categoría están el comando de restablecido de error, comandos leer/ escribir datos del programa y de posición del usuario, y el comando que gobierna la escritura de comentarios u observaciones.

El comando DW (DIBUJA) pertenece a la sección de instrucciones de control posición/movimiento y realiza en su programación un recorrido de acuerdo a una posición inicial en plazo Z preestablecido, a forma de dibujar un trazo en éste, como lo podría ser un cuadrado, por medio de asignación de coordenadas de posición, no es necesario especificar controles de velocidades, esta se toma por de facto.

Ejemplo:

Mueve el extremo de la mano cubriendo los recorridos especificados en las direcciones de los ejes X, Y, y, Z.

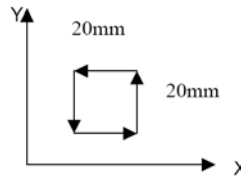
[Formato Entrada]

DW [<Distancia de viaje en x>], [<Distancia de viaje en Y>], [<Distancia de viaje en z>]

[Entrada Muestra]

Programa

```
10 PRINT "DW 20,0,0"  m3v. positivo en x
20 PRINT "DW 0,20,0"  m3v. positivo en y
30 PRINT "DW -20,0,0" m3v. negativo en x
40 PRINT "DW 0,-20,0". m3v. negativo en y
```



En el ejemplo de arriba, el extremo de la mano se mueve a través de las cuatro esquinas de un cuadrado para alcanzar finalmente el punto de partida.

V.3 INTEGRACION

Para desarrollar el proyecto de comunicación y sincronización del robot RV-N10 y el torno SL-20 primero se caracterizaron las señales de comunicación de cada máquina, después se crearon los programas para el robot RV-N10 y para el torno SL-20.

V.3.1 DESARROLLO

Para verificar el sistema de comunicaciones externas del torno, primero se caracterizó el sistema de comunicaciones del torno SL-20, determinando las líneas de entrada y salida con las que cuenta, definiendo su tipo: digitales o analógicas y determinando así sus parámetros de operación. Posteriormente se trabajó con el robot RVN10, caracterizando también su sistema de comunicaciones. En base a esto, se determinaron las estructuras de los programas para cada máquina y los tipos de señales a generar y el tipo de comunicación a utilizar.

V.3.1.1 SEÑALIZACIÓN DEL TORNO SL20

Después de la caracterización del torno SL-20, se utilizaron entradas y las salidas analógicas con la finalidad de establecer la comunicación y lograr la sincronización entre estas dos máquinas. Se realizó el programa que activa y desactiva la entrada y las salidas en el momento indicado para la comunicación y sincronización. También se diseñó y armó el circuito necesario para que el torno SL-20 pudiera detectar una señal externa proveniente de otra máquina como entrada.

Enseguida se presenta el programa para el torno SL-20 junto con una breve descripción sobre los comandos que se ejecutan en cada línea (ver tabla V.1), con el cual se comunica con el robot RV-N10, con la finalidad de estar en sincronización para lograr el proceso de carga, maquinado y descarga (Pelayo, 2006, FOMIX, 2007)

Tabla V.1 Programa CNC con espera de señal M-Fin

M11 ;	ABRIR MORDAZA
M85 ;	ABRIR PUERTA
M53 ;	ACTIVAR SEÑAL DE SALIDA DEL RELEVADOR M23
M121;	ESPERAR SEÑAL DE ENTRADA POR MEDIO DE M-FIN
M63 ;	DESACTIVAR SEÑAL DE SALIDA DEL RELEVADOR M23
M10 ;	CERRAR MORDAZA
G04 P5. ;	RETRASO DE TIEMPO DE 5 SEGUNDOS
M52;	ACTIVAR SEÑAL DE SALIDA DEL RELEVADOR M22
G04 P1.;	RETRASO DE TIEMPO DE UN SEGUNDO
M62;	DESACTIVAR SEÑAL DE SALIDA DEL RELEVADOR M22
M121;	ESPERAR SEÑAL DE ENTRADA POR MEDIO DE M-FIN
M86;	CERRAR PUERTA
S1000 M03 ;	ENCENDER TORNO A 1000 REVOLUCIONES
G04 P10. ;	RETRASO DE TIEMPO DE 10 SEGUNDOS
M05;	APAGAR GIRO DEL TORNO
M85 ;	ABRIR PUERTA
M52;	ACTIVAR SEÑAL DE SALIDA DEL RELEVADOR M22
G04 P1. ;	RETRASO DE TIEMPO DE 1 SEGUNDO
M62;	DESACTIVAR SEÑAL DE SALIDA DEL RELEVADOR M22
M121 ;	ESPERAR SEÑAL DE ENTRADA POR MEDIO DE M-FIN
M11 ;	ABRIR MORDAZA
G04 P5. ;	RETRASO DE TIEMPO DE 5 SEGUNDOS
M52;	ACTIVAR SEÑAL DE SALIDA DEL RELEVADOR M22
G04 P1.;	RETRASO DE TIEMPO DE UN SEGUNDO
M62;	DESACTIVAR SEÑAL DE SALIDA DEL RELEVADOR M22
M02;	FIN DE PROGRAMA

Cuando este programa se ejecuta el torno SL-20 mantiene comunicación entre la CNC y el Robot, logrando con esto la sincronización para el proceso de carga, maquinado y descarga de una pieza. Además de la programación, es necesario mantener comunicadas las dos máquinas (tal como se mencionó en las secciones anteriores), para lograr dicho enlace fue necesario diseñar y fabricar un circuito electrónico para la comunicación analógica.

En la figura V.9 se muestra el circuito electrónico que permite al torno SL-20 lograr detectar una señal externa como entrada, en este caso la señal proviene del robot RV-N 10 (Pelayo, 2006, Nuño, 2006, FOMIX, 2007)

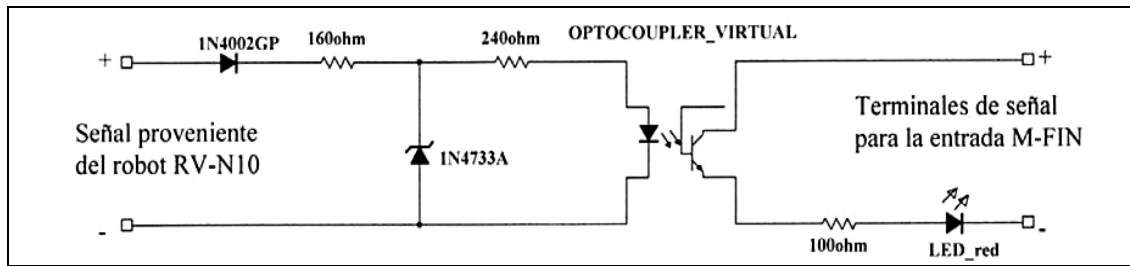


Figura V.9: Circuito para la detección de la señal de entrada para el torno SL-20 por medio del M-FIN.

Una vez que se conecta el circuito a las terminales de la señal de salida del robot RV-N10 (24V) y a las terminales de la señal de entrada (M-FIN) del torno SL-20 (12V), el circuito equivalente es como se muestra en la Figura V.10, suponiendo que las señales ya están activas y sustituyéndolas por fuentes de voltaje fijas (Fairchildsemi, 2007).

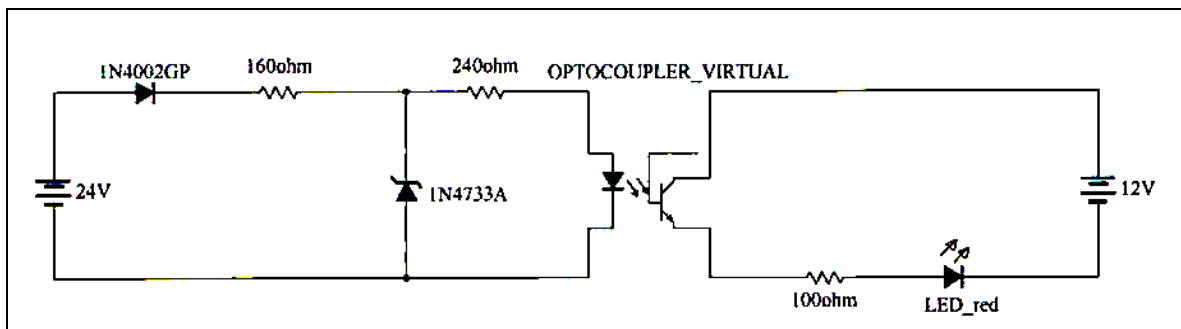


Figura V.10: Circuito para la detección de la señal de entrada para el torno SL-20

Por medio del MFIN, se simulan las conexiones al Robot RV-N 10 por una fuente de voltaje de 24 volts y del lado del torno SL-20 por una fuente de voltaje de 12 volts. Con este circuito se logra aislar tanto, física como eléctricamente, ambas señales, ya que del lado del torno se realiza un cortocircuito y de esta manera se asegura que dicho cortocircuito no afecta de manera alguna al lado del robot. El circuito y su conexión a la entrada de M-FIN se muestran en la Figura V.11.

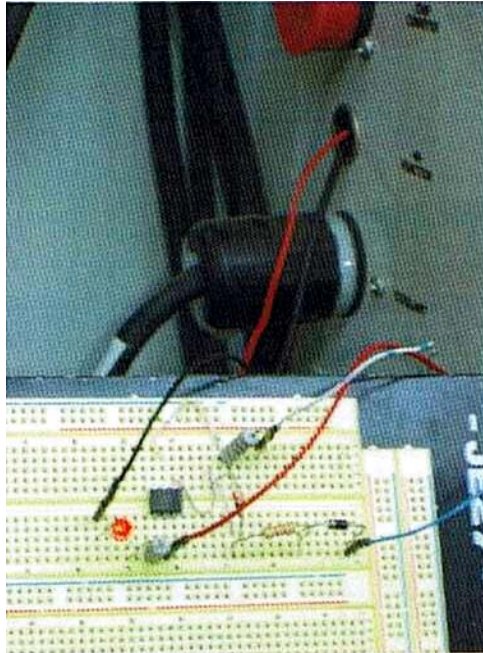


Figura V.11: Conexión del circuito de interfaz a la entrada M-FIN en el Torno

Este circuito funciona de la siguiente manera: el nivel de 24 volts que se recibe cuando se activa la señal proveniente del robot, es reducido a 5.1 volts con la ayuda de un diodo zener (1N4733A), con estos 5.1 volts se alimenta el diodo emisor de luz (LED) de un optoacoplador (H11A1), al emitir luz el LED va a polarizar la base del fototransistor interno del optoacoplador, el cual funciona como un interruptor, permitiendo así la unión de las terminales del M-FIN, de esta manera se produce el cortocircuito en las terminales del M-FIN y se considera como señal de entrada. Con este circuito se evita que al producir el cortocircuito necesario para detectar la entrada del M-FIN no haya alguna fuga de corriente eléctrica que pase a la máquina que está enviando alguna señal (Pelayo, 2006).

V.3.2 SEÑALIZACIÓN DEL ROBOT RV-N10

Una vez caracterizado el sistema de comunicaciones del robot RV-N10, se optó por utilizar las entradas y las salidas en forma analógica para establecer la comunicación. En el caso del robot RV-N10, no fue necesario diseñar ni armar algún circuito adicional para la comunicación con el torno SL-20, las entradas con las que cuenta el robot son adecuadas. Para mantener comunicado el robot con el torno sólo fue necesario conectar físicamente las entradas y salidas del robot.

En la programación del robot, se debió establecer las posiciones en las que el brazo va cargar la pieza, la carga en torno, la descarga en torno, la posición de espera y la descarga en punto final, ver figura V.12, se puede observar el diagrama de posiciones y el programa que ejecuta el robot RV-N10 en la tabla V.2.

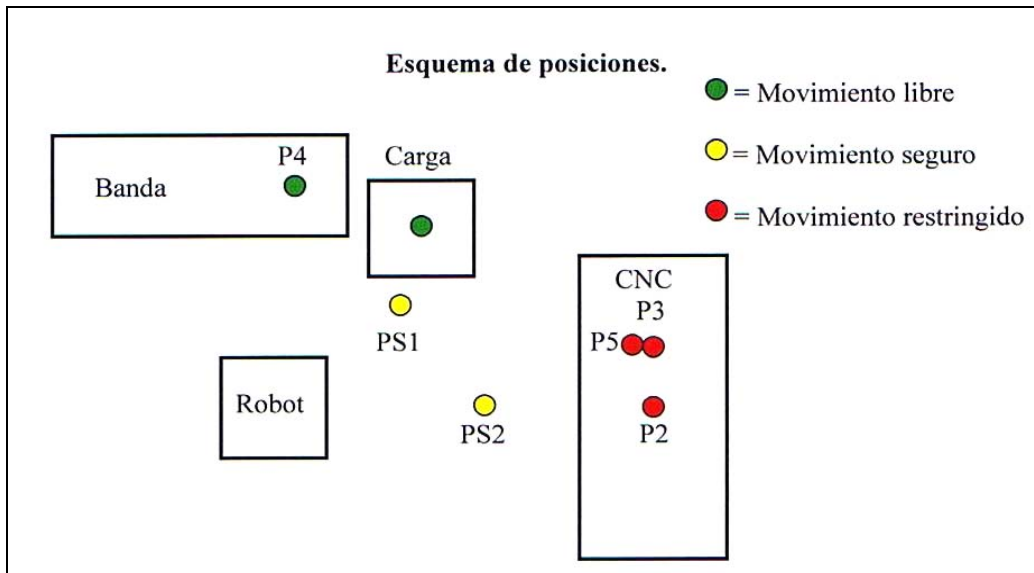


Figura V.12: Esquema de posiciones para el robot RV-N10 para el proceso de carga, maquinado y descarga de una pieza.

Tabla V.2 Programa para el robot RV-N10.

10 HND 4=1	Desactivar salida 4 hacia el torno.
20 MOV PS1 WTH HND 1=1	Moverse al punto PS1 con la mano abierta.
30 MOV P1, 100	Moverse a 100 mm sobre el punto P1.
40 OVRD 50	Reducir la velocidad de movimiento al 50%.
50 MOV P1	Moverse al punto P1.
60 HND 1=0	Cerrar la mano.
70 DLY 2	Retardo de tiempo de 2 segundos.
80 MVS, 100	Moverse 100 mm sobre el punto P1.
90 OVRD 100	Aumentar la velocidad de movimiento a 100%.
100 MOV PS1	Moverse al punto PS1.
110 MOV PS2	Moverse al punto PS2.
120 IF M_HIN(2)=1 THEN 130 ELSE 120	Si la entrada 2 = 1 brinca a la línea 130, sino brinca a la línea 120.
130 MOV P2	Moverse al punto P2.
140 OVRD 25	Reducir la velocidad de movimiento al 25%.
150 MOV P3	Moverse al punto P3.
160 HND 4=0	Activar salida 4 hacia el torno.
170 DLY 3	Retardo de tiempo de 3 segundos.
180 HND 4=1	Desactivar salida 4 hacia el torno.
190 IF M_HIN(2)=1 THEN 200 ELSE 190	Si la entrada 2 = 1 brinca a la línea 200, sino brinca a la línea 190.
200 HND 1=1	Abrir mano.
210 MOV P5	Moverse al punto P5.
220 OVRD 100	Aumentar la velocidad de movimiento al 100%.
230 MOV PS2	Moverse al punto PS2.
240 HND 4=0	Activar salida 4 hacia el torno.
250 DLY 3	Retardo de tiempo de 3 segundos.
260 HND 4=1	Desactivar la salida 4 hacia el torno.
270 IF M_HIN(2)=1 THEN 280 ELSE 270	Si la entrada 2 = 1 brinca a la línea 280, sino brinca a la línea 270.
280 MOV P6, 100	Moverse a 100mm sobre el punto P6.
290 OVRD 25	Reducir la velocidad de movimiento a 25%.
300 MOV P6	Moverse al punto P6.
310 DLY 1.5	Retardo de tiempo de 1.5 segundos.
320 HND 1=0	Cerrar mano.
330 OVRD 100	Aumentar la velocidad de movimiento al 100%.
340 HND 4=0	Activar salida 4 hacia el torno.
350 DLY 3	Retardo de tiempo de 3 segundos.
360 HND 4=1	Desactivar salida 4 hacia el torno.
370 IF M_HIN(2)=1 THEN 380 ELSE 370	Si la entrada 2 = 1 brinca a la línea 380, sino brinca a la línea 370.
380 MOV P2	Moverse al punto P2.

390 OVRD 100	Aumentar la velocidad de movimiento al 100%.
400 MOV PS2	Moverse al punto PS2.
410 MOV PS1	Moverse al punto PS1.
420 MOV P4, 75	Moverse a 75mm sobre el punto P4.
430 OVRD 25	Reducir la velocidad de movimiento a 25%.
440 MOV P4	Moverse al punto P4.
450 DLY 1	Retardo de tiempo de un segundo.
460 HND 1=1	Abrir mano.
470 DLY 1	Retardo de tiempo de un segundo.
480 MVS, 75	Moverse a 75mm sobre el punto P4.
490 OVRD 100	Aumentar la velocidad de movimiento al 100%.
500 MOV PS1	Moverse al punto PS1.
510 END	Fin del programa.

Con este programa ejecutándose en el robot RV-N10, y con el circuito de interface se logra mantener comunicadas las dos máquinas, estableciendo la sincronización para el proceso de carga, maquinado y descarga de una pieza. En la Figura V.13 se muestra el diagrama del circuito electrónico, conectado de la salida 4 del robot RV-N10 al circuito para la detección de entrada por el M-FIN del torno SL-20 (Fomix 2007, Pelayo 2006).

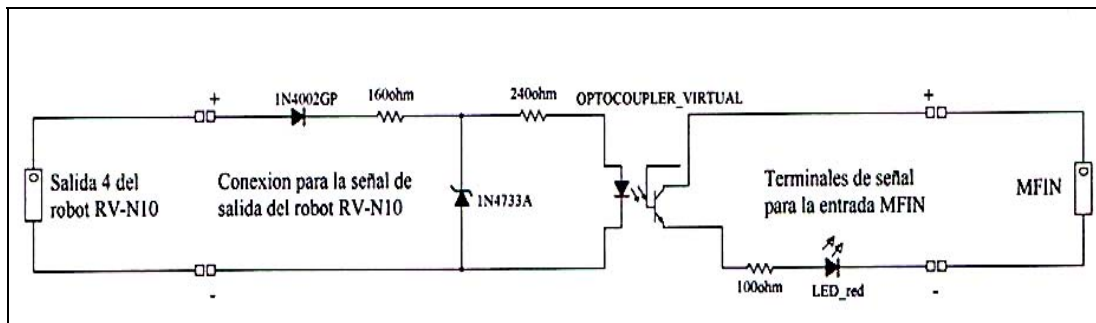


Figura. V.13: Conexión de la salida 4 del robot RV-N 10 al circuito para la detección de entrada por el M-FIN del torno SL-20.

En la Figura V.14 se muestra la conexión física de la salida 4 del robot para generar la señal de comunicación para el M-FIN del torno SL-20.

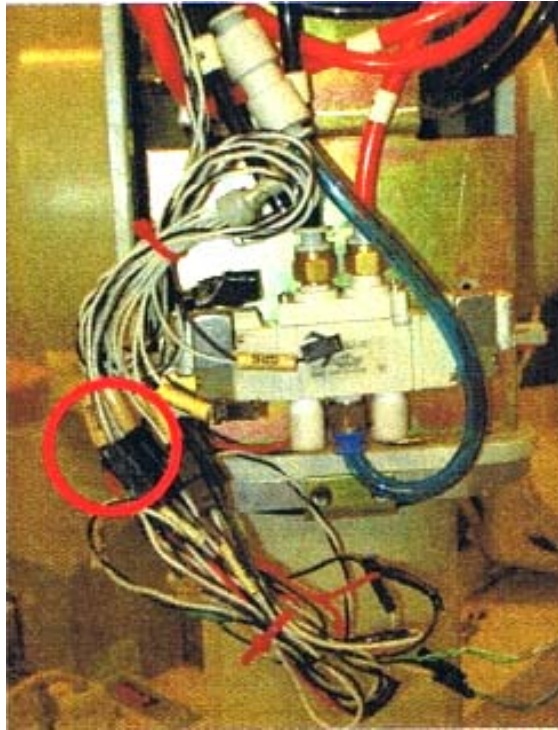


Figura. V.14: Conexión Física de la salida 4 del robot.

En la Figura V.15 se muestra la conexión de las entradas de las señales del torno SL-20 hacia el robot Melfa RV-N10.

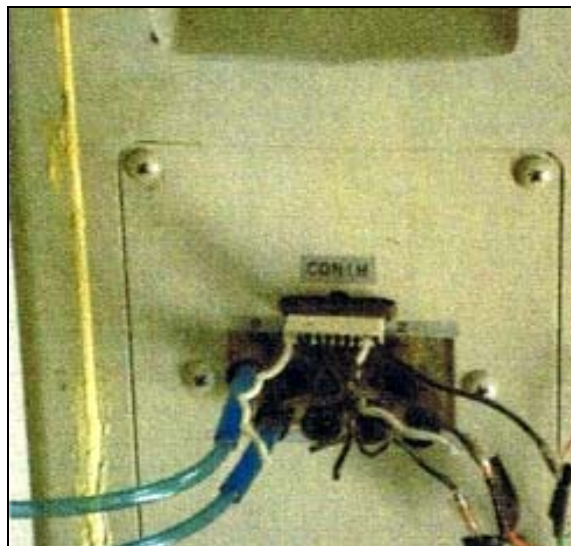


Figura V.15: Conexión de las entradas del robot.

V.3.3 COMUNICACIÓN Y SINCRONIZACIÓN

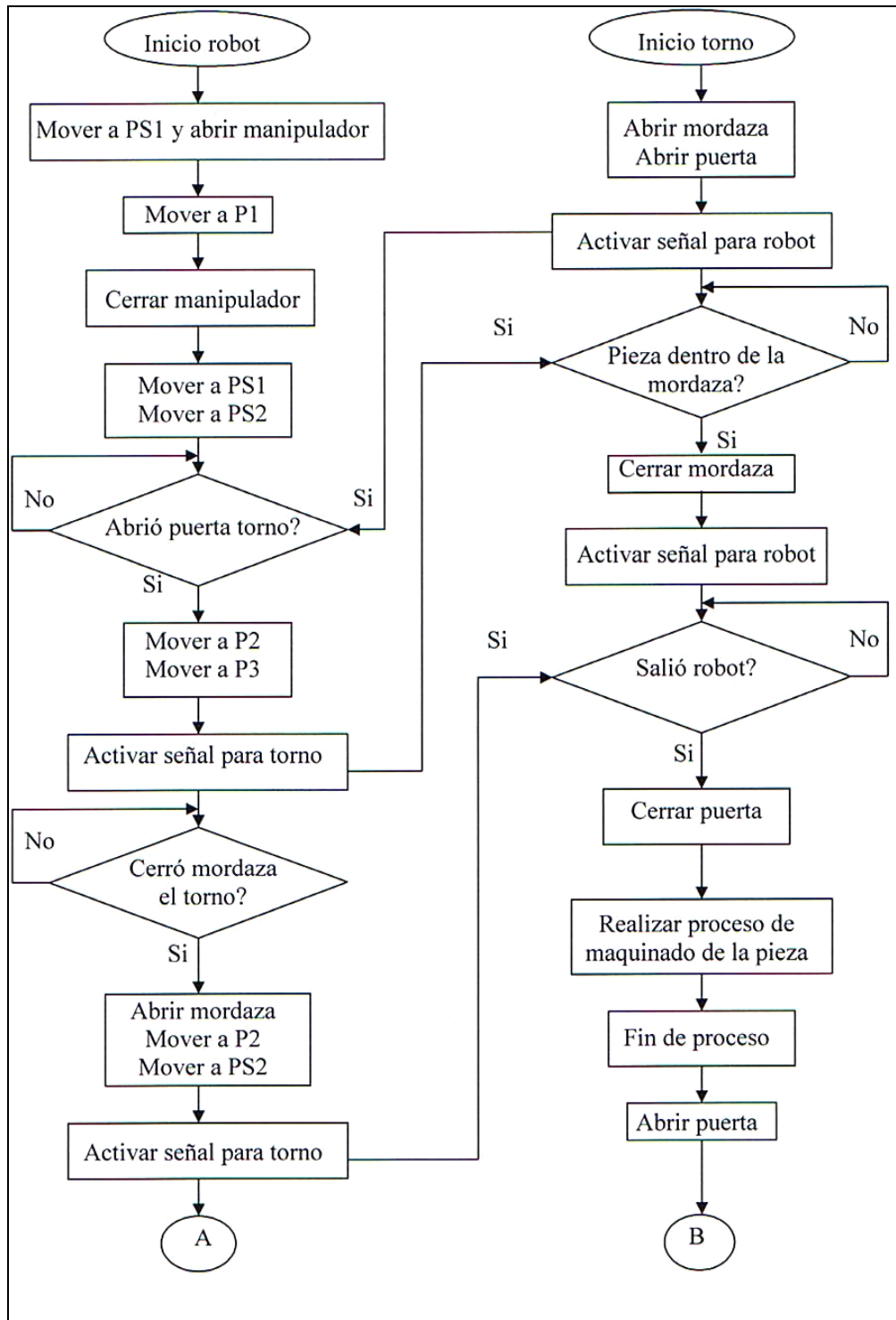
Con los programas que se describen en las secciones V.3.1 y V.3.2, y con el circuito que se diseñó especialmente para este propósito, se logró comunicar el torno SL-20 y el robot RV-N 10.

En la Figura V.17 se muestra un diagrama de flujo del proceso automático en el cual se indica la secuencia del proceso para ambas máquinas cuando están comunicadas y sincronizadas para lograr el proceso de carga, maquinado y descarga de una pieza.

Es importante mencionar en este punto que la integración de esta celda básica de manufactura (ver figura V.16) se logró a través de un modelo de comunicación y sincronización elemental, es decir, sin necesidad de agregar sensores adicionales a las máquinas-herramienta, sólo fue necesario encontrar los puntos de unión comunes a ambas y, a partir de ese punto, establecer el modelo adecuado para su correcta operación (Nuño, 2006, Pelayo 2006)



Figura V.16 Módulo de manufactura CNC-Robot



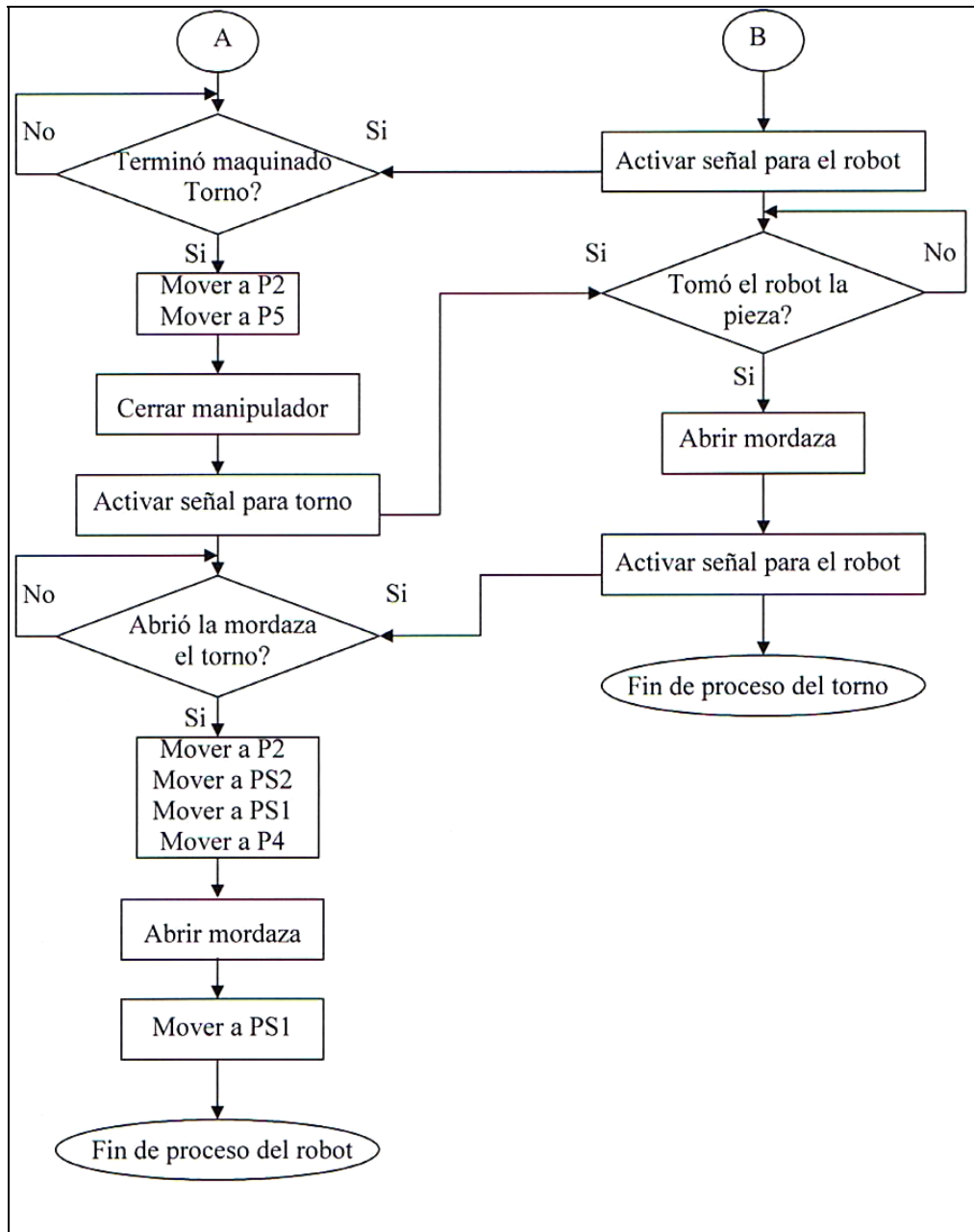


Figura V.17: Diagrama de flujo del proceso automático de carga, maquinado y descarga de una pieza (Pelayo, 2006)

Con el diagrama de flujo de la Figura V.17, se muestra la secuencia de control de las máquinas, indicando los puntos de comunicación en la rutina de carga, maquinado y descarga. (Ver Anexo 4, para procedimiento de operación automática integrada).

V.4 DISCUSION

En el caso de la integración de la máquina CNC con el robot se realizó un análisis de las posibles diferentes formas de conectividad para integración de equipos y máquinas externas. Después de una revisión de los manuales de programación y referencias técnicas se encontró que la máquina CNC Haas SL20 considera la integración de una tarjeta de comunicación Enet Card, se contacto con el proveedor y se nos informo que esta tarjeta sólo funciona con los modelos que usen monitor LCD, dado que en la misma tarjeta se encuentra instalada el circuito de video.

A raíz de esta notificación se buscaron otras opciones de conectividad, en la referencia técnica 96-0032 (Rev. jun.2004) se indica la existencia de 5 señales de salida (M21-25) y una señal de entrada cuyo nombre es "M-FIN", estas señales se activan a través de relevadores que pueden conmutar hasta 120 VAC y 3 amperes, en el caso del circuito de entrada M-FIN es un circuito normalmente abierto y para que la máquina pueda detectar esta entrada se debe generar un pulso de aproximadamente 5 segundos, estos es, estando en un estado bajo se debe generar una señal de 5 segundos en estado alto y finalmente regresar a estado bajo.

Ya encontrados estos puntos de conectividad indirecta, se fabricó un circuito para adecuar la señal de comunicación, por medio del arreglo con el dispositivo optóacoplador para evitar un sobrevoltaje en la entrada a M-FIN 12VDC del torno, lo cual se realizó con éxito, comprobándose que, a través de un análisis detallado de posibles alternativas para lograr conectividad, ésta se logró sin mayor problema.

V.4.1 RESULTADOS

1. La integración de un SAM implica analizar y definir el tipo de máquinas-herramientas a utilizar, los procesos que debían realizar cada una de ellas, así como su interacción con los demás módulos de la celda, para finalmente obtener un sistema integral.
2. La caracterización de los sistemas de comunicaciones del torno SL-20 y del robot Melfa RV-N10, determinaron el tipo de señales que los conforman, sus niveles de voltaje, tiempos de duración y formas de activación / desactivación, logrando así determinar los modelos iniciales de comunicación y sincronización entre ambas máquinas-herramientas. Además, se conocieron las posibilidades de expansión de sus sistemas de comunicaciones.
4. Se estudiaron y analizaron las diferentes formas de programación de cada una de las máquinas-herramientas, entendiéndolas y utilizándolas en las rutinas de maquinado con las que se trabajó en este desarrollo. Por otra parte, dicha programación fue fundamental cuando se trabajaron los esquemas de comunicación y sincronización propuestos.
5. Se realizaron diversas pruebas con cada uno de los modelos de comunicación y sincronización propuestos (modelo de señalización directa y modelo basado en tiempos), en el caso del modelo basado en la señalización directa, se notó una clara reducción en el tiempo de ciclo en comparación con el modelo basado en tiempos.

6. El modelo basado en la señalización directa mostró ser la mejor alternativa para lograr una correcta comunicación y sincronización entre ambas máquinas-herramientas. Se diseñó y armó el circuito de interfaz capaz de enlazarlas, de tal manera que le permita al torno detectar una señal externa, esto combinado con la programación genera; un modelo de comunicación y sincronización válido, robusto, eficiente y flexible.

CAPITULO VI: MÓDULO DE CALIDAD

El módulo de calidad se ubica en la etapa final del proceso de manufactura a el le corresponde tomar la decisión de si el producto manufacturado cumple o no con las especificaciones de calidad, es este caso con las dimensionales, el módulo se integrará por un Robot Fanuc LR Mate 200i articulado de 6 ejes (ver anexo 3 y capítulo IV) con capacidad de integración a red Devicenet y una Máquina de Mediciones por Coordenadas (CMM por sus siglas en inglés) con capacidad de medición a nivel de .00001 pulgadas y con un volumen de 24" x 24" x 20", cuenta con un software de medición computarizado QC 5000, y no tiene opción de conectividad para integración a red. El software esta diseñado para controlar en forma directa a través de una computadora (ver figura VI.1)

El software de control del CMM es fundamental tanto en el proceso de medición que es la función principal de la máquina, como con el control interno de inicialización y reestablecimiento de ceros de trabajo. El sistema tiene una interfase gráfica diseñada para simplificar tareas de medición complejas. El software maneja todas las fórmulas para tolerancias geométricas y puede automatizar tareas repetitivas por medio de programación. (QC-5000 User's Guide, 2002). Las principales funciones del sistema son:

- Operaciones de medición de partes
- Recolección y procesamiento de datos de medición
- Control automático del proceso de inspección
- Creación de reportes
- Exportación de datos a otras aplicaciones

VI.1 CARACTERIZACION DE LA MAQUINA CMM

En una primera etapa se analizó la máquina CMM, tanto en lo relativo a la operación y la programación así como lo relativo a su conectividad con sistemas de transferencia y comunicación de datos, se realizó una inspección física de las tarjetas de control en la pc, principalmente buscando opciones de I/O, por alguno de los puertos de comunicación dedicados, en la arquitectura convencional de una PC, adicionalmente se revisaron las tarjetas de adquisición de datos del sistema de posicionamiento entre otras tareas.



Figura. VI.1. CMM y medición de pieza manufacturada

La máquina de medición de coordenadas tiene muchos usos, en lo que respecta a análisis dimensional, es capaz de realizar mediciones de piezas y llevar a cabo pruebas con varios límites de tolerancias. Pero sus capacidades de comunicación son muy limitadas. La CMM sólo puede comunicarse a través del puerto serial RS-232. Es decir este sistema no cuenta con entradas y salidas digitales directas.

VI.2 INTEGRACION A RED

En la búsqueda de opciones para integrar las máquinas a la red, y realizar control en la operación de carga/descarga/disposición de piezas, y siguiendo la filosofía de la integración, teniendo o no conectividad, y bajo el precepto de que Devicenet es un protocolo abierto con capacidad para el diseño de interfases de comunicación que puedan adecuar la señales I/O al bus de datos, es así que se plantearon varias alternativas de comunicación.

VI.2.1 INTEGRACION POR SENSORES EXTERNOS

En una primera propuesta se fundamentó en la creación de un programa que por medio de una subrutina condicionada al valor de la variable de medición, se generara una señal a red DN por medio de sensores, colocados en la misma máquina CMM. Como se indica enseguida:

En la secuencia de carga/medición y disposición se programó un movimiento de posición en 2 puntos de control con el palpador, para indicar si la pieza es buena o mala en su especificaciones, al finalizar una rutina de medición y con un control IF el sensor de medición se moverá hacia puntos preestablecidos (ver figura VI.2), fuera de la zona de medición, en zona segura, ahí se instalaron 2 sensores de proximidad uno al lado derecho y otro al izquierdo, al detectar el brazo palpador, por proximidad, se genera una señal, de acuerdo al valor de la medición, esta es recibida por DN o Robot, el cual activa una subrutina de disposición (carga/deposición) para colocarla en posición de pieza buena o pieza mala.(ver programa CMM en tabla VI.1 y programa Fanuc en tabla VI.2).



Figura VI.2 Sensores externos para determinar si es pieza buena o mala

Tabla VI.1 Programa para medir una pieza con subrutina de control para la variable de medición resultante.

```

Program Properties...
+ Initial settings...
/ Programa de Inspeccion...
Set full cnc mode...
Go to position (215.4821,109.1547,-325.5009)
- ● P ⊕ Measure "Small Circle"
    Wait for point(s) at (257.4900,91.3872
    Go to position (257.2339,85.0126,-357.
    Wait for point(s) at (274.7144,102.810
    Go to position (287.5436,106.3172,-357
    Wait for point(s) at (257.3840,128.729
    Go to position (252.2009,140.4431,-357
    Wait for point(s) at (238.9478,114.118
    Finish measurement
    If [Small Circle].Overallpass==1 Goto sigue TRUE (1.0000)
    Goto label "mala"...
: Label "siguiente"...
    Go to position (209.8978,112.7037,-354.0735)
- ● P ⊕ Measure "Big Circle"
    Wait for point(s) at (257.2294,83.8997
    Go to position (254.0742,69.9468,-363.
    Wait for point(s) at (285.2576,107.980
    Go to position (287.9081,115.9435,-356
    Save part
    Wait for point(s) at (256.9505,137.328
    Go to position (247.4045,146.9855,-367

    Wait for point(s) at (231.9014,114.634
    Finish measurement
    Go to position (209.4490,114.5335,-327.7042)
    If [Big Circle].Overallpass==1 Goto buena... TRUE (1.0000)
    Save part
: Label "mala"...
    Go to position (567.1962,477.3706,-21.7565) .
    Show the message "Pieza Mala"
    Goto label "fin"...
: Label "buena"...
    Go to position (22.9897,477.3343,-21.7604)..
    Show the message "Pieza Buena"
: Label "fin"...
    Save part
    
```

Tabla VI.2 Programa del Robot Fanuc con subrutina de disposición

1. LBL[1]
2. IF DI[3]=ON, JMP LBL[2]
3. JMP LBL[1]
4. LBL[2]
5. J P[1] 100 % FINE
6. J P[2] 25 % FINE
7. RO[1]=ON
8. WAIT 3.00(sec)
9. J P[3] 20 % FINE
10. RO[1]=OFF
11. WAIT 3.00(sec)
12. J P[4] 100 % FINE
13. J P[5] 100 % FINE
14. J P[6] 100 % FINE
15. J P[7] 30 % FINE
16. RO[1]=ON
17. WAIT 3.00(sec)
18. J P[9] 100 % FINE
19. LBL[4]
20. IF DI[1]=ON, JMP LBL[6]
21. IF DI[1]=ON, JMP LBL[6]
22. JMP LBL[4]
23. LBL[6]
24. J P[8] 100 % FINE
25. RO[1]=ON
26. WAIT 3.00(sec)
27. J P[10] 100 % FINE
28. RO[1]=OFF
29. LBL[7]
30. IF DI[1]=ON, JMP LBL[8]
31. IF DI[1]=ON, JMP LBL[9]
32. JMP LBL[7]
33. LBL[8]
34. J P[11] 100 % FINE
35. J P[12] 100 % FINE
36. RO[1]=ON
37. WAIT 3.00(sec)
38. J P[13] 100 % FINE
39. JMP LBL[10]
40. LBL[9]
41. J P[14] 100 % FINE
42. J P[15] 100 % FINE
43. RO[1]=ON
44. WAIT 3.00(sec)
45. J P[16] 100 % FINE

- 46. LBL[10]
- 47. END

La combinación de estas 2 rutinas vía programación tanto del robot Fanuc como de la máquina CMM, hacen que a través de sensores externos se reciba señal en la red para que esta envíe un comando de activación al robot y este tome la última pieza medida para colocarla en el pallet de piezas buenas o en su caso en el de piezas malas, éstas últimas no cumplieron con especificaciones: dimensión de diámetros externos.

VI.3 INTEGRACIÓN POR MEDIOS DIGITALES

Otra forma de realizar la integración y básicamente la comunicación de la máquina CMM con la red DN y con el Robot Fanuc fue el resultado de un análisis de los formatos de salidas I/O existentes en la máquina CMM, se observan que se cuenta con un puerto serial esta situación dio la oportunidad de tomar este puerto como un punto de conectividad, realizando adecuación de señal para su enlace a la red DN. En la construcción del módulo de calidad (ver figura VI.3) se considera la integración para la realización del proceso de control de calidad de forma automatizada y en condiciones de disposición de producto final.

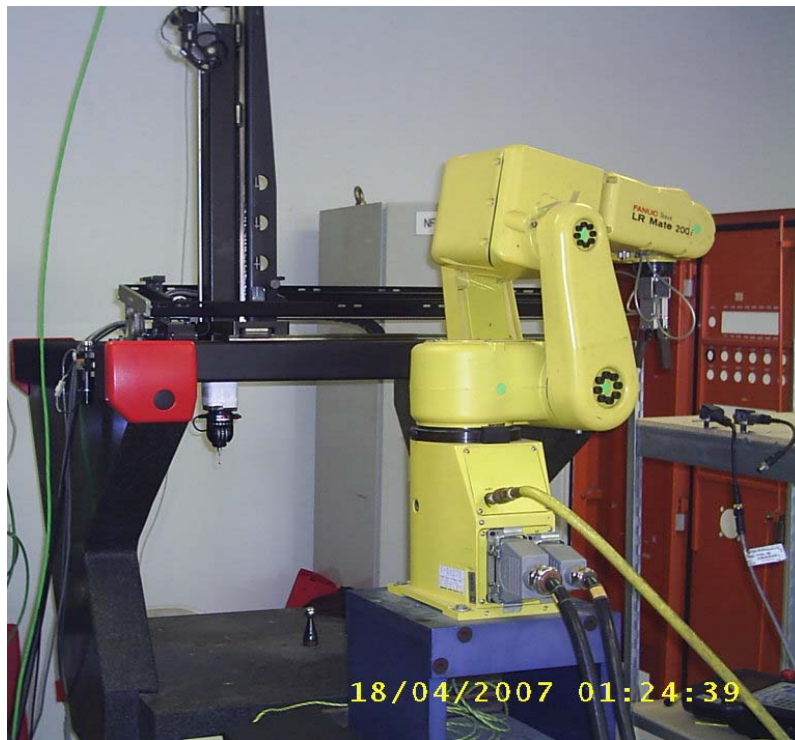


Figura VI.3: Módulo de Calidad CMM-Robot

VI.3.1 INTEGRACION POR PUERTO RS 232

Para lograr la integración del robot con la máquina CMM, se debe diseñar un procedimiento de comunicación a través de experimentación en el manejo de datos entre los siguientes protocolos: (red de Comunicación) Device Net, FANUC (programación que considere I/O) y QC-5000 (máquina CMM) (Metronics, 2002), desarrollando un sistema de control automatizado a través de la adecuación de los lenguajes y protocolos para que puedan interactuar en la red industrial tipo CAN-BUS (Rockwell, 1999).

El robot deberá tener la capacidad de reconocer piezas que se encuentran paletizadas y ponerlas una por una en la CMM, todo supervisado y controlado por la red Device Net.

El robot tiene muchas aplicaciones, así como grandes posibilidades de comunicación. Este cuenta con interfaces que son capaces de conectarlo directamente a red Ethernet, Device Net, entre otras, también el robot tiene entradas y salidas digitales que hace posible su comunicación por medio de PLCs, adicionalmente cuenta con capacidad de interconectarse en forma directa a sensores, y la realización de rutinas automatizadas (Nuño, 2007).

V.3.1.1 ANTECEDENTES EN EL DISEÑO DE INTERFASES PARA RS232

El diseño de hardware dedicado, es una de las características permitidas en este protocolo; en nuestro caso para realizar adecuaciones de integración de diferentes componentes y partes a la red DN. En una revisión de proyectos de investigación en esta área de estudio se identifico el caso reportado por Fang en 2004; en donde integró un controlador y un microprocesador con un transceiver y un fotoacoplador para realizar adecuación de señal de forma aislada (eléctricamente), adicionalmente se diseñó un software para recepción, transmisión y control de inicialización de transferencia de datos (ver figura VI.4).

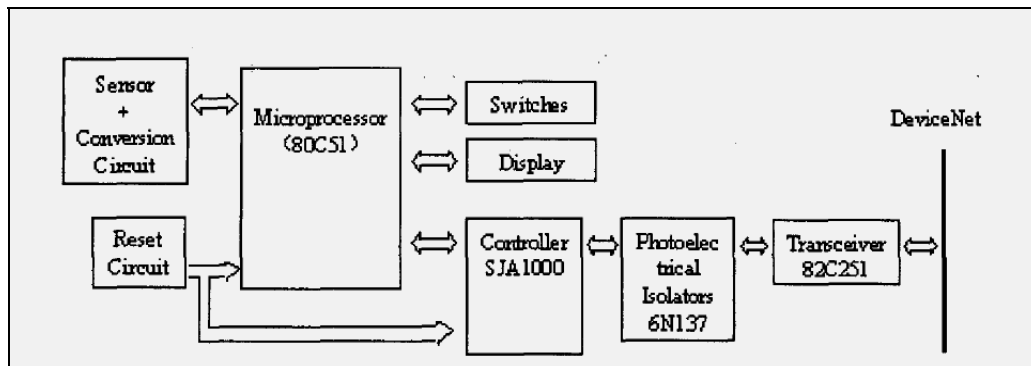


Figura VI.4: Arreglo incluye un microcontrolador para adecuar y controlar una señal de un dispositivo o sensor

Se han desarrollado nodos con capacidad de comunicación para aplicaciones de uso general, es el caso reportado por Mariaio en año 2003 en donde uso un microcontrolador 8751 de la familia Intel MC-51, y para administrar el nodo, utilizó un controlador Philips SJA1000 y un transceiver UC335OIV, para aislar los voltajes del bus y el controlador. También desarrollo un software que da salida a interfases para usuario, en donde se puede establecer conexión directa con el microcontrolador y enviar mensajes a la red.

Antony, en 2000, desarrolló un dispositivo para comunicar un microcontrolador MC68HC705X32 con un bus CAN, éste tiene una interfase con un puerto para el tráfico de datos bidireccionales, integra un EPROM, EEPROM, y una memoria RAM.

La EEPROM es utilizada para el registro de parámetros de la red CAN. El circuito de interfase permite a varios módulos de registro de temperatura tener una interfase común entre el microcontrolador y la red, también el circuito usa un optoacoplador para aislar el bus de la red del módulo previniendo redundancias que puedan interferir con el monitoreo y el control. (Ver Figura VI.5).

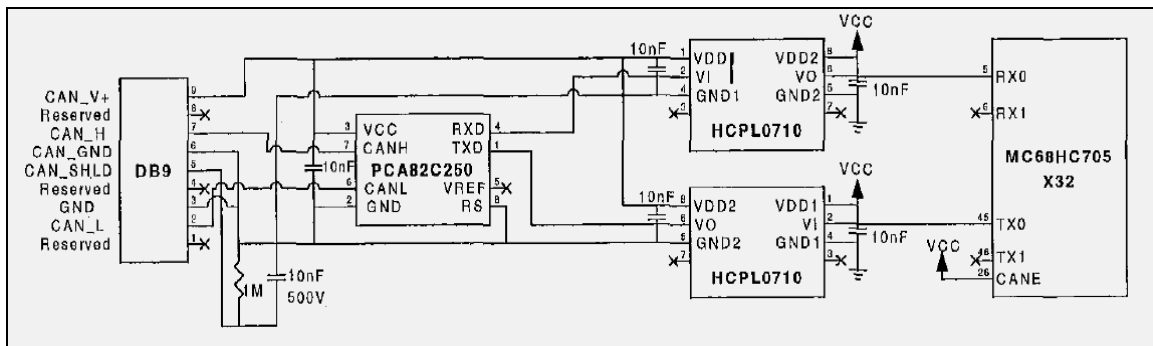


Figura VI.5: Interfase Microcontrolador/Can Bus

VI.4 INTEGRACION DIGITAL FANUC-CMM

La Máquina de Medición de Coordenadas (CMM) tiene muchos usos, en lo que respecta a análisis dimensional, es capaz de realizar mediciones de piezas y llevar a cabo pruebas con varios límites de tolerancias. Pero sus capacidades de comunicación son muy limitadas. La CMM sólo puede comunicarse a través del puerto serial RS-232. Es decir este sistema no cuenta con entradas y salidas digitales.

Con lo antes descrito, fue como se planteó la principal problemática de la integración del módulo de calidad. Para llevar a cabo la integración se analizaron por separado los protocolos de operación del robot Fanuc, de la CMM y de la red Device Net. Lo que dio como resultado la generación un programa de medición de la CMM, una rutina de movimiento en el robot Fanuc y un diagrama de escalera que realiza las funciones de control de la red.

Para realizar la comunicación de la CMM con el robot Fanuc, fue necesario crear una interfase con un microcontrolador MC68HC11A1FN de Motorola (ver figura VI.6), dando como resultado la generación de un código capaz de manipular datos del RS-232, con entradas y salidas digitales. La CMM consta de un software dedicado llamado QC-5000 que requiere de programación para llevar a cabo una secuencia de medición activada por comunicación con dispositivos externos través del puerto RS-232.

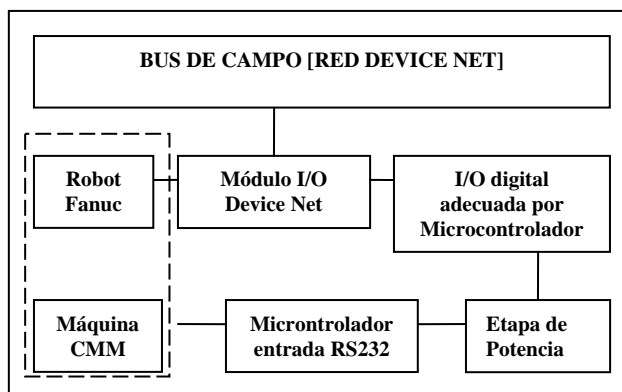


Figura VI.6: Diagrama de comunicación del módulo de calidad con adecuación de señal para puerto serial 232

Después de realizar varios arreglos con el microcontrolador para adecuación de señal RS232 se construyó un dispositivo de conectividad hecho a la medida con el cual se pudo lograr un método de comunicación combinando los tres 3 protocolos existentes QC 5000, Fanuc y Device Net (Limón, 2007) logrando las operaciones automáticas de carga/descarga-medición-carga/disposición de producto controladas a través de red industrial Device Net (Ver Anexo 5) como se puede observar en el diagrama general de flujo de la figura VI.8

VI.5 CONCLUSION

El concepto de integración en arquitectura abierta a red Devicenet (Fang, 2004) es muy amplio en las posibilidades de integración de ahí que los módulos I/O de DeviceNet puedan establecer comunicación fácilmente con dispositivos de comunicación a través de un microcontrolador. La fabricación de estas interfases no tuvieron un costo mayor a los 80 dólares, también se pudo observar que su integración a la red fue muy sencilla a través de los módulos de entradas y salidas de uso general.

Cabe mencionar que esta opción es la única forma en que se pueden dar una entrada y una salida a una rutina de medición del QC-5000. Con lo anterior se puede lograr que en una rutina de medición el programa espere hasta que se haya recibido una cadena de caracteres por medio del RS-232 y mandar otra cadena de caracteres cuando dicha rutina haya terminado.

La interfase en base al microcontrolador Motorola 68HC11, (ver figura VI.6) que permite mandar una cadena de caracteres a través del puerto RS-232 cuando cierta entrada digital se haya activado, y en su contraparte leer una cadena de caracteres y activar una salida digital. Al realizar esto es posible ahora crear entradas y salidas de digitales que se comuniquen de manera directa con el Robot Fanuc (ver figura VI.7).

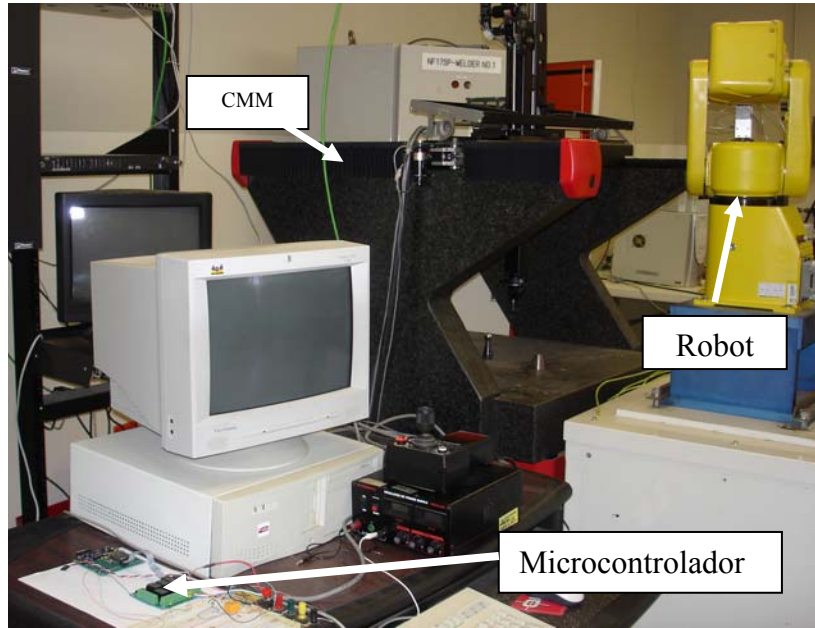


Figura VI.7: Arreglo de interfase por microcontrolador

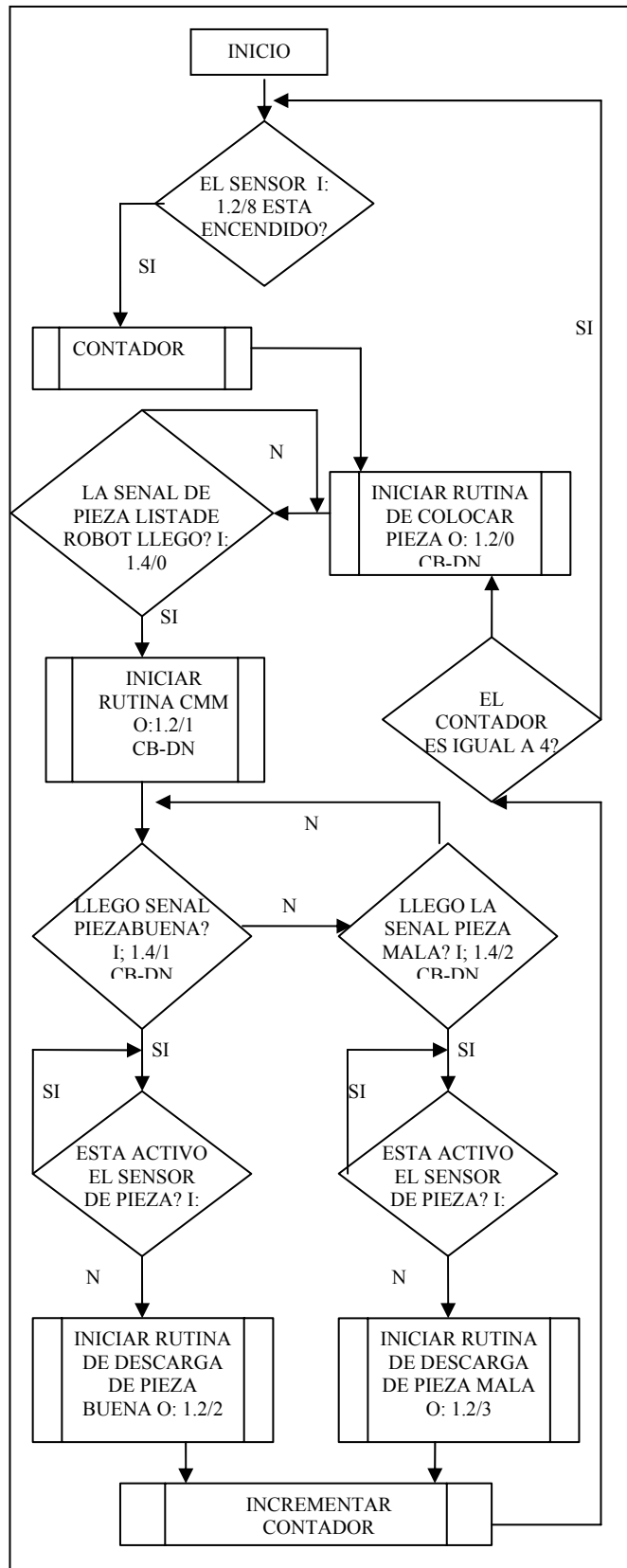


Figura VI.8: Diagrama de flujo de control para rutina de carga/medición/disposición

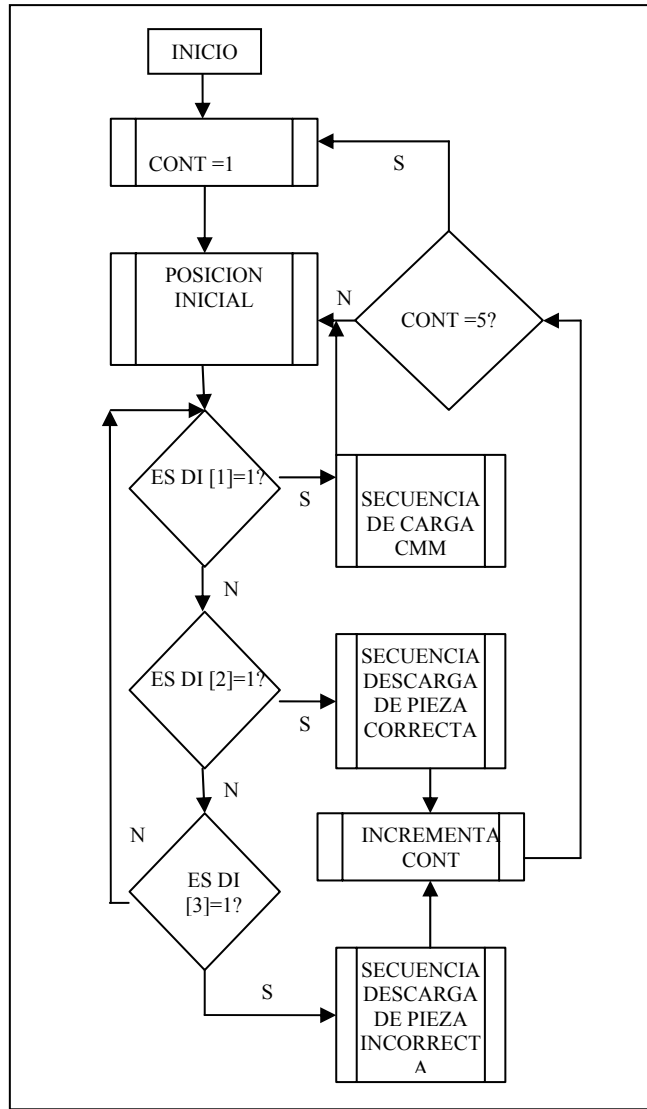


Figura VI.8 continuación

En la propuesta se puede observar que los equipos que tienen interfases de conectividad, la integración a la red se puede realizar de forma muy sencilla, como lo fue el caso del robot FANUC 200i, por otro lado si no hay dispositivos de conectividad directa, esta se puede realizar a través del diseño de dispositivos de adecuación de señal como lo realizado en la presente propuesta.

CONCLUSIONES GENERALES

1. DISCUSION

La industria regional se ha venido transformando, de ser una industria dedicada al ensamble, actividad característica de la industria maquiladora tradicional, necesitada de reducción de costos como factor fundamental en su supervivencia y permanencia en los mercados globales, (esta situación fue impuesta y prevalece muy arraigada hasta nuestros días) a una industria que actualmente no sólo los costos definen su competitividad, si no que la complejidad tanto de los diseños como de los procesos de manufactura y de la misma administración de la producción moderna, requieren del uso intensivo del conocimiento.

Entonces si el desarrollo industrial se ha planeado para incrementar la atracción de industria intensiva en el uso del conocimiento, y si para su permanencia y se han definido también estrategias de desarrollo tecnológico por nuestros gobiernos como un factor detonante para la consolidación de una industria moderna competitiva y sustentable, es necesario, el aprendizaje, la asimilación y la transferencia de tecnología tanto de diseño, como de procesos a nuestra industria nacional, con lo cual se logre crear cadenas de proveeduría que integren componentes, partes, subensambles y procesos o sistemas en los productos finales de la industria transnacional localizada en nuestra región.

Un factor fundamental para los procesos de producción es la capacidad de producir de forma flexible ante los requerimientos para las posibles opciones de diseño de un producto que tenga similitud de procesos y geometrías, este tipo de producción se soporta en la tecnología de grupos es decir en las llamadas “celdas flexibles de manufactura”, y la automatización, estas consideraciones fueron establecidas en la hipótesis de esta tesis:

“Actualmente los requerimientos de la manufactura moderna se fundamentan en 3 factores: flexibilidad, tanto de procesos como de productos, altas velocidades o razones de producción y tolerancias muy cerradas sobre especificaciones, la propuesta de un modelo de manufactura automatizada sobre requerimientos de automatización para la industria metalmecánica regional, se logrará con máquinas y equipos de manufactura, de transferencia y de medición. La interacción de estos debe ser coordinada, de tal forma que se genere un flujo de producto ágil y eficaz, integrándose a una red de comunicación que controle los procesos y la transferencia de los productos, considerando conectividad directa e indirecta de sensores, máquinas y equipos”

La construcción de estos modelos de producción celular, tendientes a la conformación de los llamados Sistemas Flexibles de Manufactura (SFM), es un requerimiento inmediato, para lograr la inserción de nuestra industria metalmecánica, en estos mercados globales, esto sólo se puede lograr transfiriendo, adaptando y mejorando la tecnología existente, para verdaderamente lograr lo planteado en nuestra hipótesis: lograr altas velocidades de producción con tolerancias muy cerradas sobre especificaciones, como lo esta demandando la actual industria aeroespacial y la automotriz localizada en nuestro estado.

En el diseño de un sistema de manufactura flexible para la industria metalmecánica, el factor automatización es quizá el más importante, para el logro de altas velocidades de producción y maquinados de precisión, y esta debe incluir desde la transferencia del producto, su manufactura hasta su verificación dimensional. Este requisito se confirmó en los resultados del estudio de requerimientos, a través de aplicación de encuestas en las empresas de este sector en la región. (ver capítulo II, y anexos I y II).

2. REDES INDUSTRIALES PARA AUTOMATIZAR

En nuestra propuesta se propuso la automatización mediante la aplicación de la tecnología de redes industriales de comunicación como elemento de integración para lograr el control de todo el proceso de producción, esta tecnología se puede considerar actualmente como un requerimiento natural cuando se habla de automatizar procesos de manufactura, por la necesaria consideración de establecer control sobre todos los equipos, maquinaria y sensores involucrados.

La automatización hasta hoy se ha soportado mayormente en la tecnología de los controladores lógicos programables (PLC por su siglas en Inglés) surgida en los años 60's (Unicom, 2008), la tecnología es limitada tanto en capacidad como en alcance, para los actuales requerimientos modernos de producción.

La tecnología de las redes de comunicación industriales cumple, ampliamente con estos requerimientos de la industria manufacturera y de procesos (ver capítulo IV). La propuesta de nuestro proyecto se enfocó a proponer un modelo de manufactura automatizado integrado en una red de comunicación industrial tipo CAN-BUS, esta selección se soportó en una situación real, que se observa en la industria, la manufactura de componentes o productos requiere de maquinaria de procesos, de transferencia, de medición etc., y generalmente, estos equipos tienen sus propios protocolos de programación y control, para realizar automatización, en algunos casos existe la posibilidad de realizar comunicación con otros sistemas.

La red CAN-BUS proporciona flexibilidad y conexión sencilla, ofreciendo entre sus beneficios más inmediatos, un control descentralizado y permite la conexión de dispositivos de diferentes marcas gracias a la interoperatividad y su carácter abierto y estandarizado, con su instalación se obtiene una reducción significativa del cableado

CAN-BUS fue la mejor opción para este modelo de integración dado su concepto de protocolo abierto, esto es; sin importar el formato o protocolo de comunicación y programación que tenga una máquina se puede realizar integración directa, haciendo adecuaciones de señalización para conectarse al troncal de red (Bus). La tecnología Device Net desarrollada por la ODVA (Open DeviceNet Vendors Association) y transferida a los fabricantes como Allen Bradley, ofreció la posibilidad de llevarla al mercado industrial, prácticamente desde mediados de los años 90. Actualmente es de fácil adquisición, se puede observar que tan sólo en nuestra región se cuenta con dos proveedores de este tipo de redes, uno localizado en El Centro Ca. EUA y otro en Tijuana BC.

La propuesta plantea la posibilidad de realizar automatización de un sistema de manufactura para un proceso de fabricación de piezas maquinadas, los elementos considerados fueron: la manufactura y la medición, dividiendo el proceso en dos secciones: el módulo de manufactura y el módulo de calidad, ambos considerarían su propio control de transferencia.

Dada la heterogeneidad de la maquinaria involucrada, DeviceNet nos ofreció la mejor opción para la integración, para ello en una primera etapa de caracterización se adquirió una red de inicio (started kit), con la cual se realizaron las primeras pruebas de integración. Es importante indicar que la integración se logró de forma sencilla y sin un nivel de complejidad muy elevado, la hipótesis planteó la integración directa, lo cual sucedió, a través de adecuaciones, para realizar comunicación del dispositivo o máquina a la red, estos arreglos todos se hicieron con componentes electrónicos accesibles comercialmente y a costos mínimos.

DeviceNet es un estándar de red abierta. Sus especificaciones y protocolos son completamente abiertos. Esta situación ofrece la posibilidad de desarrollar productos DeviceNet (Fang, en 2004).

Es importante lo dicho por Fang en el contexto de que al ser un estándar de red abierta, la posibilidad de integrar elementos y dispositivos de fabricación doméstica específica es toda una ventaja, En este sentido, en el presente proyecto se corroboró tal afirmación, como lo fue el caso: del arranque del robot Melfa I a partir de una señal de Device Net, directamente al circuito del tablero de control del robot para iniciar el ciclo del módulo de manufactura CNC-Robot (Ver figura 1 y capítulo IV).

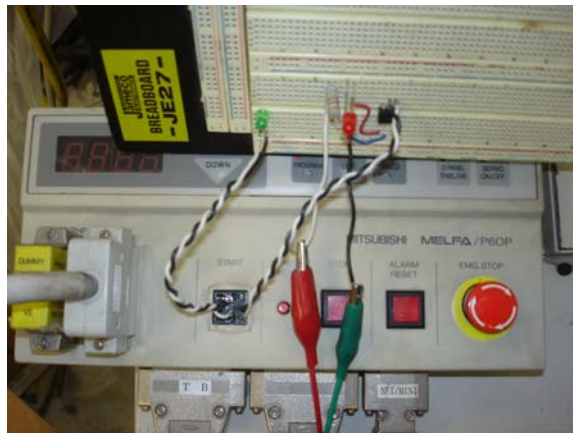


Figura 1: Inicio por DN a través de circuito optoacoplador

Un requisito de la industria actual es de hecho, la capacidad de integrar en sus proyectos de automatización, equipos, sensores, dispositivos actuadores etc. de diferentes fabricantes, esta situación no debe ser un obstáculo en el intercambio de comunicación e integración, esto es la interoperabilidad; que es el proceso por medio del cual los dispositivos de

diferentes fabricantes con diferentes protocolos intercambian información sin el uso de convertidores de protocolos.

Para alcanzar la interoperabilidad se requiere de estandarización que logre establecer la comunicación entre diferentes dispositivos a través de un protocolo de comunicación común para las herramientas de conectividad, la programación, y control de errores (ver figura 2).

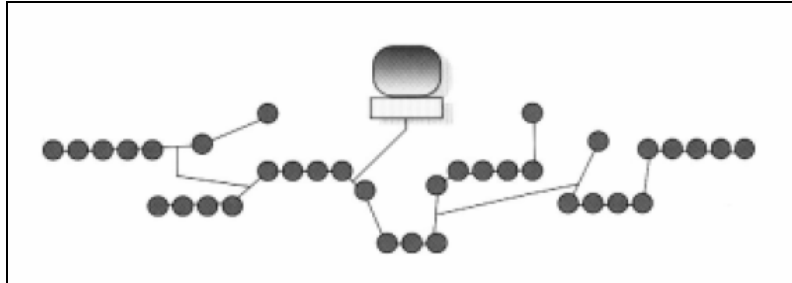


Figura 2: Control de red interoperable con cableado mínimo

La existencia de la interoperabilidad es un elemento común en la tecnología DN , Los sensores, dispositivos de control comparten una gran cantidad de diferentes sistemas por consiguiente se requiere de pocos sensores y dispositivos de control, es así que la información generada en los procesos puede ser compartida con múltiples subsistemas en toda la planta industrial, para esta la interoperabilidad de los componentes y partes da la oportunidad de seleccionar de una gran cantidad de fabricantes, logrando ahorros significativos al no estar sujetos a un sólo proveedor.(Tennefoss, 1999).

La industria manufacturera debe ser flexible, distribuida, integrada e interoperable, y construida sobre una plataforma modular, sólo así logrará ser competitivo en el actual mercado global (Hadellisa, 2002).

Un concepto que agrega una característica de integración fundamental en el sector industrial es la necesidad de reconfigurar las líneas de producción en función del diseño del producto, su flexibilidad de acuerdo a variaciones del proceso y maquinaria, tamaño del lote y rediseño, es así que la posibilidad de crear módulos que se integran y puedan en un momento trabajar de forma independiente es una realidad con DN, Granzer en 2006; desarrolló y estableció varios requerimientos para dispositivos usados en la construcción de una plataforma de automatización con diferentes propósitos sobre una arquitectura modular. En la presente propuesta se consideró tanto el modelo modular, como la integración a través de dispositivos de conexión sobre puntos predefinidos de conectividad directa o indirecta.

Una ventaja es en lo referente a los paros de producción, la red tiene un control supervisorio que recolecta información de diagnóstico, realizando acciones preventivas, para agilizar las tareas de mantenimiento y reparación. Además, en caso de avería de algún

módulo esclavo, es posible sustituirlo en "caliente" sin necesidad de quitar la alimentación y en consecuencia sin tener que detener las comunicaciones de la red.

3. MODELO DE AUTOMATIZACION

El modelo de automatización que se propone en esta tesis para un esquema genérico de manufacturas metalmecánicas se fundamenta en un concepto ampliamente analizado y discutido en el presente estudio y es sobre la integración de equipos, sistemas, sensores y actuadores etc. en una red de comunicación y control industrial, las ventajas son evidentes y más aun cuando se considera el uso de redes tipo CAN-bus basadas en dispositivos y no en procesos.

El sólo hecho de poder conectar máquinas de uso industrial como lo serian tornos, fresadoras prensas, máquinas de soldar etc., así como sistemas de transporte o transferencia, bandas transportadoras incluso robots de 3 hasta 6 ejes ofrece esta ventaja inmediata.

En todos los caso anteriores las máquinas tienen la posibilidad de integrarse a la red de comunicación y control, no se necesita de interfases de conectividad, si la tuvieran mucho mejor, la integración a la red se puede realizar de forma muy sencilla, desde que se conceptualizó este tipo de redes se estableció que debería ser su arquitectura abierta, esto lo comprobamos y observamos en el módulo de manufactura al diseñar 2 dispositivos de comunicación a través de puntos de control específicos.

La fabricación de estas interfases no tuvieron un costo mayor a los 15 dólares, también se pudo observar que su integración a la red fue muy sencilla a través de módulos de entradas y salidas de uso general. Se repitió el caso, en el módulo de calidad con el diseño de un circuito que integró un microcontrolador para adecuar la señal.

4. CONCLUSION

Podemos concluir que el modelo de automatización a través de la integración de módulos o máquinas o dispositivos a una red industrial es una opción real para automatizar líneas de producción que utilicen maquinaria y equipo de manufactura, transferencia y medición aún si tener posibilidad de conectividad directa a través de salidas digitales o analógicas, dado que las redes DN ofrecen la capacidad de de admitir protocolos abiertos.

BIBLIOGRAFÍA

Nombre	Referencia
Allen Bradley	Allen Bradley User Manual DeviceNet Starter Kit (Cat. No. 1787-STARTKIT1) Publication DN-6.9.1 – Junio 1996
Álvarez	Tesis de Maestría “Implementación de una red tipo CAN-Bus para la Integración de Máquinas de Manufactura” David Rogelio Álvarez Reyes UABC, Facultad de Ingeniería Mexicali BC 2008
Anthony	CANbus and Microcontroller Use in the BaBar Detector at SLAC' P. L. Anthony, H. B. Crawley', P.-A. Fischel, R. L. McKay', and W. T. Meyer' 'Stanford Linear Accelerator Center, Stanford, California 94309 'Department of Physics and Astronomy, Iowa State University, Ames, Iowa 5001 1 IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, VOL. 47, NO. 2, APRIL 2000
Bali	“Model of a universal manufacturing interface in CIM for small- and medium-sized companies” Joe Bali, Zoran Zivec, Franci Oug Journal of Materials Processing Technology 52 (1995) 102 114 Elsevier
Biegacki	The application of DeviceNet in process control, Steve Biegacki and Dave VanGompel Rockwell Automation/ Allen-Bradley Drive, Mayfield Heights, OH 44124, USA Available online 16 February 1999. Isa Transactios Volume 35, Issue 2, 1996, Pages 169-176
Buhler	Remote fieldbus system management with Java and XML, Buhler, D. Kuchlin, W. Wilhelm-Schickard-Inst. fur Inf., Tubingen Univ. ;Industrial Electronics, 2000. ISIE 2000. Proceedings of the 2000 IEEE International Volume: 1, Cholula, Puebla, Mexico ISBN: 0-7803-6606-9)
Castillón	Castillón Barraza Acela: Tesis de Maestría “Determinación de los Requerimientos de automatización para la industria metal mecánica en Baja California” UABC/FI Mxl./MYDCI Febrero 2008
Cerro	Comunicaciones Industriales, Sección III Editorial CEYSA ,Madrid Esp. Edición 2004 Cerro Aguilar ,Enrique ISBN 84-86108-49-7
Cisco	Cisco Systems Global Networks 2002 Conference & 8th Annual General Meeting
Cueej	Hrko CuEej, DuSan Gleich, Mihael Kaiser, Peter PlaninSiE, University of Maribor, FER1 “INDUSTRIAL NETWORKS” 46th International Symposium Electronics in Marine, ELMAR-2004. 16-18 Junio 2004, Zadar, Croatia

- DMI http://dmi.uib.es/~burguera/download/fms_raul.ppt#21, 2005
- Dutrenit Desafios y oportunidades de las PyMEs para su integración a la red de proveedores: el caso de la maquila automotriz en CD. Juárez Gabriela Dutrenit, Alexandre O. Vera-Cruz, Mtro. José Luís Gil Setembro, 2002 Coord. de Proyecto: Helena M. M. Lastres, José Eduardo Cassiolato, Apoio Financiero, Rede de Sistemas Produtivos e Inovativos Locais
- Enguita <http://isa.uniovi.es/~sirgo/doctorado/introduccion.pdf> , 2008
- Fang Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation, June 15-19, 2004, Hangzhou, P.R. China “Development of DeviceNet Fieldbus Intelligent Node” Xiaoke Fang, Min Huang, Jianhui Wang and Shusheng Gu, Institute of Information Science and Engineering Northeastern University Shenyang, Liaoning Province, China
- Fang An approach for interoperation between heterogeneous fieldbus systems, Fang Yanjun Xu Jun Dept. of Autom., Wuhan Univ., China; Emerging Technologies and Factory Automation, 2005. Volume: 2, Pág.: 5 pp.- ISBN: 0-7803-9401-1 ETFA 2005. 10th IEEE Conference Sept. 2005)
- Felser Standardization of industrial Ethernet - the next battlefield?, Felser, M. Sauter, T. Sch. of Eng. & Inf. Technol., Berne Univ. of Appl. Sci., Burgdorf, Switzerland; Factory Communication Systems, 2004. Proceedings. 2004 IEEE International Workshop on Publication Date: 22-24 Sept. 2004 On page(s): 413- 420 ISBN: 0-7803-8734-1
- Fomix Reporte Final Proyecto Fomix/CONACYT: BC-2004-C01-01: Estudio sobre requerimientos de Automatización para mejorar la Producción en la Industria Metal-Mecánica en los sectores Automotriz y Aeroespacial Marzo de 2007
- Granzer Granzer, W.; Kastner, W.; Neugschwandtner, G.; Praus, F. “A modular architecture for building automation systems” Factory Communication Systems, IEEE International Workshop (2006)
- Hadellisa An integrated approach for an interoperable industrial networking architecture consisting of heterogeneous fieldbuses Computers in Industry 49 (2002) 283–298, Elsevier L. Hadellisa, S. Koubiasa, Vassilios Makiosb
- Hugh Integration and Automation of Manufacturing Systems by: Hugh Jack © Copyright 1993-2001, CRC Press

- Industrial Text Industrial Text and Video Company I/O Bus Networks Including Device Net Industrial Text & Video Company www.industrialtext.com 1999
- Interbus-Wikipedia <http://en.wikipedia.org/wiki/INTERBUS>
- ISA <http://isa.uniovi.es/~sirgo/doctorado/tema3.pdf> , 2007
- Kao Robot-based computer-integrated manufacturing as applied in manufacturing automation
Imin Kao, Chunhe Gong
Robotics & Computer.Integrated Manufacturing, Vol. 13, No. 2, pp. 15~167, 1997, Elsevier
- Kaschel ANALISIS DEL ESTADO DEL ARTE DE LOS BUSES DE CAMPO APLICADOS AL CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES
Dr.-Ing. Héctor Kaschel C.Ing. Ernesto Pinto L. Fac. de Ingeniería, Depto. de Ingeniería Eléctrica Universidad de Santiago de Chile Avda Ecuador 3519, Estación Central. Santiago, CHILE, Junio 2002
- Kolla Fieldbus networks for control system implementations
Kolla, S.; Border, D.; Mayer, E.
Electrical Insulation Conference and Electrical Manufacturing & Coil Winding Technology Conference, 2003. Proceedings
Volume , Issue , 23-25 Sept. 2003 Page(s): 493 – 498
- Koshal Dal Koshal “Manufacturing Engineer’s Reference” Book Edited by with specialist contributors ISBN 0 7506 1154 5 1993
- LeBlanc LeBlanc,Chris, National Instruments “The Future of Industrial Networking and Connectivity” Today's Market Industrial Ethernet Book Issue 2:15 2008
- Lian Performance evaluation of control networks: Ethernet, ControlNet and DeviceNet, Feng-Li Lian Moyne, J.R. Tilbury, D.M. Dept. of Mech. Eng., Michigan Univ., Ann Arbor, MI ; Control Systems Magazine, IEEE, 2001 Volume: 21, Issue: 1, pag: 66-83 ISSN: 0272-1708
- Lintfort Soluciones de Automatización Catalogo 47475 Mitsubishi Electric Kamp Lintfort, 2007
- Liptak Engineers' Handbook 4th edition:Process Control and Optimization HandBook, Bela G. Liptak Editor ISA The instrumentation Systems and Automation Society Instrument, CRC Press, 2005 ISBN 0849310814, 9780849310812

- Liu The idea application of autonomous decentralized system in DeviceNet system Zhigang Liu; Yongdong Tan; Qingquan Qian, Autonomous Decentralized Systems, 2000. Proceedings. 2000 International Workshop on Volume , Issue , 2000 Page(s):56 - 59 Digital Object Identifier 10.1109/IWADS.2000.880885
- Loy Open Control Networks: LonWorks/EIA 709 Technology , Dietmar Loy, Dietmar Dietrich, Hans-Joerg Schweinzer, Dietmar Loy, Dietmar Dietrich, Hans-Joerg Schweinzer, Springer, 2001 ISBN 0792374061, 9780792374060
- Mackay FOUNDATION FIELDBUS HIGH SPEED ETHERNET (HSE) AND TCP/IP Steve Mackay IDC Technologies Perth, Australia Memorias congreso JUMP Aboard 2001 Field Foundation AUSTRALIA ABN 236 60 120 370
- Mario Design of Communications Equipment for Factory LANs Perfecto Mario, Francisco Poza, Juan B.Nogueira IEEE Catalog Number; YTIH8280 - 23 - ISIE'1997 – Guimar Portugal
- Mario DEVELOPMENT TOOLS FOR INDUSTRIAL NETWORKS DESIGN P. Mario, H. Hernández, M.A. Domínguez, E Poza, E Machado, E Vázquez, DTE, Universidad de Vigo, Galicia, Spain. 2003
- Mecánica Virtual <http://mecanicavirtual.iespana.es/canbus.htm>
- Metronics Quadra-Chek 5000 User's Guide, Metronics, Bedford New Hampshire USA, July 2002, part Number 11A10524
- Minsoo End-to-end design of distributed real-time systems, Ryu Minsoo and Hong Seongsoo, a School of Electrical Eng. and ERC-ACI, Seoul National University Seoul, 151-742 Korea Control Engineering Practice Volumen 6, Issue 1, Enero1998, Pag. 93-102
- Mungaray "Especialización industrial en BC. en el sector Metalmecánico" Mungaray, Alejandro REGIÓN Y SOCIEDAD / VOL. XV / NO. 27.2003 El Colegio de Sonora, ISSN 0188-7408
- Noriega www.ing.unlp.edu.ar/islyd/Conversores%20ADC%20y%20DAC%202007.ppt, 2007
- Nuño "Integración de un módulo de manufactura CNC-Robot a una red industrial a través de un dispositivo Device Net en arquitectura abierta" Nuño Víctor, Jacobo Yamil, Álvarez David, Pelayo Manuel, V. Okhuysen. Memorias XXI. Congreso de la sociedad mexicana de

instrumentación. México 2006.

- Nuño Integración de un modulo de calidad a través de adecuación de señal por puerto RS232 entre un robot FANUC 200i y una maquina de medición por Coordenadas Starret Rapid Check
10º CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA Y DE SISTEMAS Noviembre 26-30, 2007;
México, D.F.
- ODVA ODVA The device net Specification CIP Networks library, Arbor Michigan 2007
- ODVA <http://www.odva.org>, 2008
- Okabe Issues of Control Networks when Introducing IP, Nobuo Okabe, Yokogawa Electric Corporation 2005 Symposium on Applications and the Internet Workshops (SAINT 2005 Workshops) pp. 80-83
<http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/SAINTW.2005.75>
- Pelayo Tesis de Licenciatura “Sistema de Comunicación y Sincronización entre un robot Melfa RV/N10 y un torno Haas SL20”
Manuel Pelayo Solís UABC, Facultad de Ingeniería Mexicali BC México 2006
- Pérez http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/ftp/material_asignaturas/Laboratorio%20de%20Comunicaciones%20Industriales/Documentaci%F3n/Introducci%F3n%20a%20las%20Comunicaciones%20Industriales.pdf
2007
- Profibus Web Page http://www.profibus.com/pb/technology/description/#index_5
- QC-5000 QC-5000 User’s Guide
Metrology Software for DCC CMMs Metronics, Inc. Bedford, New Hampshire, USA 2002
- Rockwell DeviceNet Starter Kit, Rockwell Automation Allen-Bradley (Planning and Installation Manual, Allen Bradley) cat 1787-GEN2KIT1-7 Nov. 1999
- Schickhuber Distribute fieldbus and control network systems, Schickhuber, G. McCarthy, O. PEI Technol., Limerick Univ.; Computing & Control Engineering Journal, 1997 Volumen: 8, Issue: 1, pag: 21-32
ISSN: 0956-3385
- SEDECO BC <http://www.investinbaja.gob.mx/industrias/automotriz.htm>, 2008

- Automotriz
- SEDECO BC Aeroespacial <http://www.investinbaja.gob.mx/industrias/aeroespacial.htm>, 2008
- Sveda Actuator-sensor-interface interconnectivity, Miroslav Sveda, and Radimír Vrba Technical University of Brno, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, BoZ etechova 2, 612 66 Brno, Czech Republic Control Engineering Practice Volumen 7, Issue 1, Enero 1999, Pag. 95-100 ISSN: 0967-0661 PERGAMON
- Tennefoss Technology comparison LonWorks Systems versus DeviceNet a contrast in Key Features Michael R. Tennefoss Echelon Corporation Palo Alto Ca, USA ISSN 005-0136-01A 1999
- Thomesse Control of industrial system A review of the fieldbuses, Jean Pierre Thomesse, 1 Annual Reviews in Control Volume 22, 1998ISSN: 1367-5788 PERGAMON
- Tovara Cycle time properties of the PROFIBUS timed-token protocol E. Tovara, F. Vasques. Computer Communications 22 (1999) 1206–1216 Elsevier
- Unicrom http://www.unicrom.com/art_historia_PLC.asp, 2008
- Vera-cruz “Creación de Redes como un Mecanismo para el Desarrollo de Capacidades de los Proveedores Mexicanos de la Maquila: el caso de la Industria del maquinado” Alexandre O. Vera-Cruz, Gabriela Dutrénit Mtro. José Luís Gil, Setembro, 2002, Rede de Sistemas Produtivos e Inovativos Locais
- Vincent ISA EXPRO/2000, SJ Vincent, NEW Orleans, LA USA, 2000 - fieldbusinc.com Copyright 2001 Fieldbus Inc. Fieldbus High Speed Ethernet Control System Sean J. Vincent Fieldbus Inc. Austin, TX, USA
- Wilson Sensor Technology Handbook Chapter 1 pp 29-31 Editor Jon S. Wilson Newnes /Elsevier 2005 ISBN: 0-7506-7729-5

GLOSARIO

Palabra abreviación	Significado
Actuador	Elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado.
Analógica (señal)	Señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo
ANSI	American National Standards Institute
ASCII	American Standard Code for Information Interchange (Código Estadounidense Estándar para el Intercambio de Información),
ASI	Actuator Sensor Interface
bit	Binary digit (dígito binario). usa sólo dos dígitos 0 y 1
bps	Bit por segundo
Bus	Red, o troncal principal de red
byte	8 bit
CAN	Control Area Network
CIM	Computer Integrated Manufacturing (Manufactura Integrada por Computadora)
CMM	Coodinate Measure Machine (Maquina de medición por Coordenadas
CNC	Control Numérico Computarizado
Conmutación	Cambio de estado (Prendido/ Apagado) o de voltaje
CSMA	Carrier Sense Multiple Access; Acceso Múltiple por Detección de Portadora
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access /Collision Detection (detección de colisión)
Digital (señal)	Señal digital es un tipo de señal generada por algún tipo de

	fenómeno electromagnético a través del procesamiento de niveles discretos de voltaje
DIN	Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización)
DN	Device Net
DNC	Direct Numeric Control (Control Numérico Directo)
EEPROM	Electrically-erasable programmable read-only memory (ROM programable y borrrable eléctricamente)
EN	EN, normas que definen los estándares europeos
EPROM	Erasable Programmable Read-Only Memory (ROM borrrable programable)
Ethernet	Estándar de redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CD
FMS	Flexible Manufacturing System
Fototransistores	Transistor sensible a la luz, normalmente a los infrarrojos
I/O	Input/Output (Entrada/Salida para señal digital)
IEC	International Electrotechnical Comisión
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISA	Industry Standard Architecture
ISO	International Organization for Standardization
kbps	Kilobits por segundo, 1000 bps
LCD	Light Crystal Display
LVDT	Linear Variable Differential Transformer
mA	Miliamperes
Microcontrolador	Circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S

MMS	(Manufacturing Message Specification)
ODVA	Open DeviceNet Vendors Association
Optoacoplador	Optoaislador o aislador acoplado ópticamente, es un dispositivo de emisión y recepción de luz que funciona como un interruptor excitado mediante la luz.
OSI	OSI la organización dedicada a promoción del software de código fuente abierto (Open Source Initiative)
PLC	Programmable logic controller o Controlador lógico programable
Protocolo	Conjunto de estándares que controlan la secuencia de mensajes que ocurren durante una comunicación entre entidades que forman una red.
PYMES	Pequeñas y Medianas Empresas
RAM (Memoria)	Random Access Memory Module
SAM	Sistema Automatizado de Manufactura
SDS	Smart Distributed System
Sensor	Dispositivo capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas.
SFM	Sistema Flexible de Manufactura.
TCP/IP	Transmisión Control Protocol/ Internet Protocol.
Termistor	Semiconductor que varía el valor de su resistencia eléctrica en función de la temperatura.
Termopar	Dispositivo formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje (efecto Seebeck), que es función de la diferencia de temperatura.
Topología	Se define como la cadena de comunicación que los nodos que conforman una red usan para comunicarse.
Transductor	Dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra diferente de salida.

ANEXO 1

FORMATOS DE ENCUESTAS

Distribución de aplicaciones de Robots en su planta

- | | | | |
|------------------------------|-----|--------------------------------------|-----|
| Operaciones de Proceso | | Educación | () |
| Soldadura de punto | () | Ensamble | () |
| Soldadura de arco | () | Manejo de materiales, Carga/Descarga | () |
| Recubrimiento por esperado | () | Inspección y/o Prueba | () |
| Corte de Material | () | Otras operaciones de Manufactura | |
| Pintura | () | ¿Cuál? _____ | |
| Otras operaciones de proceso | | Fuera del área de Manufactura | |
| ¿Cuál? _____ | | ¿Cuál? _____ | |

¿Qué marca y modelo es su Robot ? _____

Grados de Libertad 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () Articulado () SCARA () Cilíndrico () Cartesiano ()

Utiliza Sistemas de Visión en su Robot? LabView () Cognex () DVT ()

Fuentes de energía **Eléctrico** () **Neumático** () **Hidráulico**() **Motor Combustión** ()

Nivel de Inteligencia

- () Dispositivos de manejo manual, controlados por una persona.
- () Robots de secuencia fija
- () Robots de secuencia variable, operador modifica la secuencia con anterioridad
- () Robot de repetición
- () Robots Controlados numéricamente, operador proporciona programa de movimientos.
- () Robots inteligentes, entiende e interactúa con cambios en el medio ambiente.

Clasificación por Nivel de Control

- () Nivel de inteligencia artificial, donde el programa acepta una orden y la desglosa en una secuencia de ordenes de bajo nivel basadas en un modelo estratégico de una tarea.
- () Nivel de modo de control, donde los movimientos del sistema son modelados, incluyendo las interacciones dinámicas entre los diferentes mecanismos, trayectorias planeadas y puntos seleccionados.
- () Nivel de Servo control, donde los actuadores controlan los parámetros del mecanismo usando retroalimentación de sensores internos.

Qué tipo de Actuador Final emplea: Neumáticos () Hidráulicos () Eléctricos ()

Qué tipo de Controladores emplea para su robot

¿Qué marcas de Control lógico programable (PLC) emplea? _____

¿Qué Lenguaje de programación? _____

De qué manera se comunica para interactuar con el Robot :

Red Internet () Cable serial () Computadora () CPU de Robot ()

Emplea algún Software de simulación para interactuar y programar el Robot :

Cosimir () otro: _____

Por qué emplea un robot para realizar la tarea encomendada

- () Aumentar utilidades () Efectuar tareas imposibles para un humano
- () Aumentar/mejorar calidad() Realizar tareas que son muy peligrosas
- () Es costeable y ahorra a la compañía

Cuántos productos diferentes maneja el robot _____

Cuál es el volumen de producción diaria:

- menos de 100 () más de 100 menos de 1000 ()
- más de 1000 menos de 10 000 () más de 10000 ()

Qué áreas de oportunidad ha tenido que enfrentar por el trabajo robotizado

El recurso humano _____

Entrenamiento _____

Actualización y/o obsolescencia de equipo _____

ANEXO 2

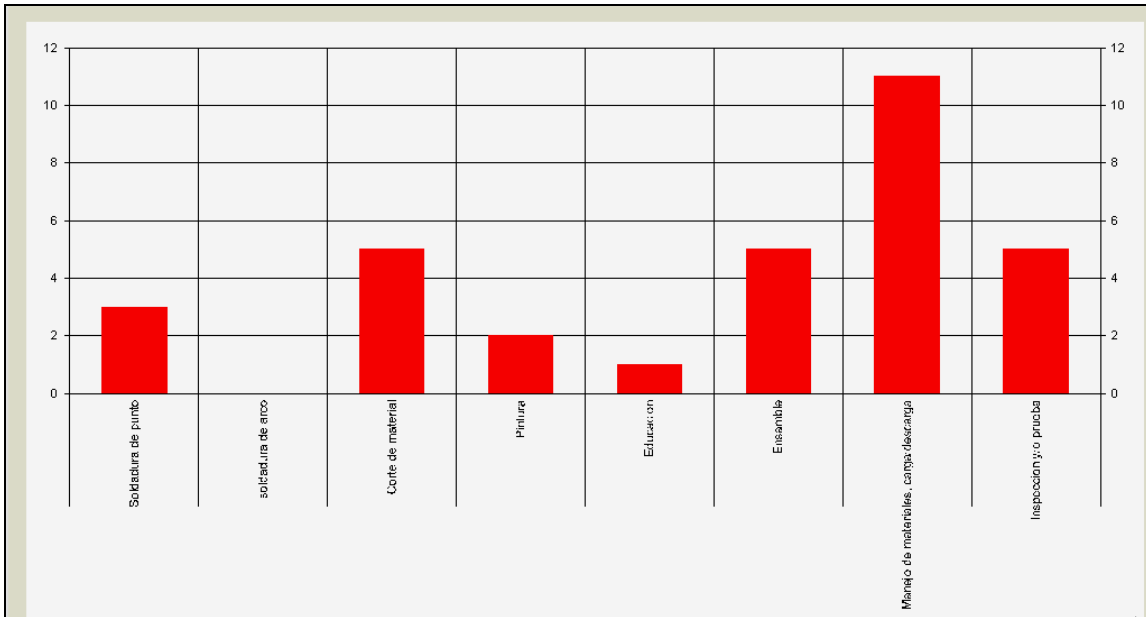
GRAFICAS DE ENCUESTAS

Resultados de encuestas a Ingenieros y Técnicos

(Fomix 2007, Castellón 2008)

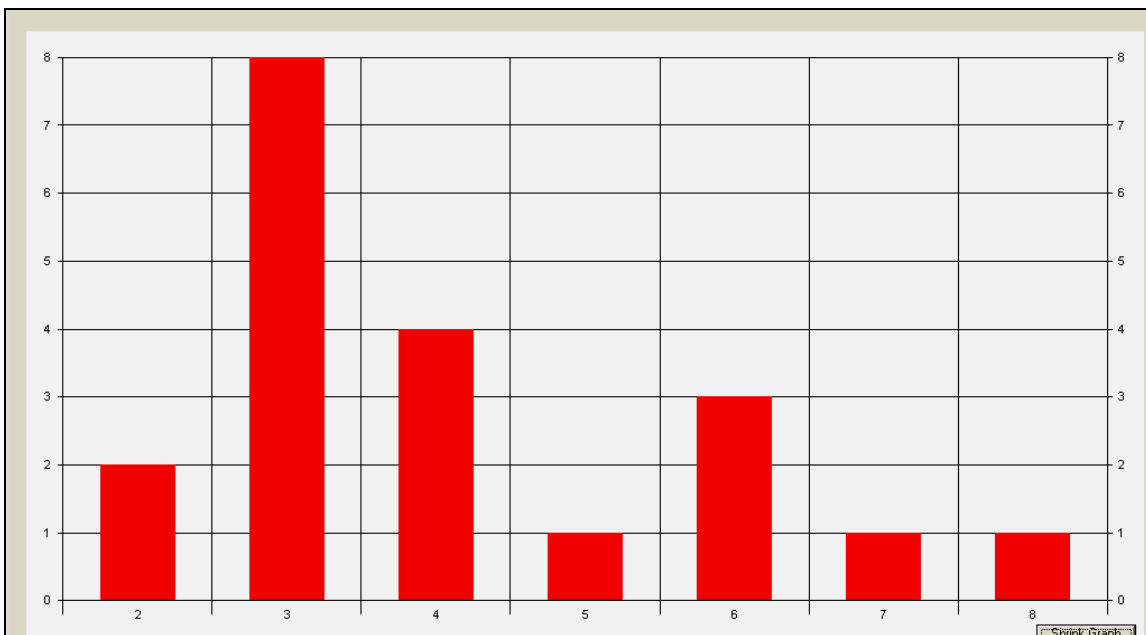
1. Distribución de aplicaciones de robots en su planta

- | | | | |
|--------------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Soldadura de punto | <input type="checkbox"/> | Ensamble | <input type="checkbox"/> |
| soldadura de arco | <input type="checkbox"/> | Educación | <input type="checkbox"/> |
| Corte de material | <input type="checkbox"/> | Manejo de materiales, carga/descarga | <input type="checkbox"/> |
| Pintura | <input type="checkbox"/> | Inspección y/o prueba | <input type="checkbox"/> |



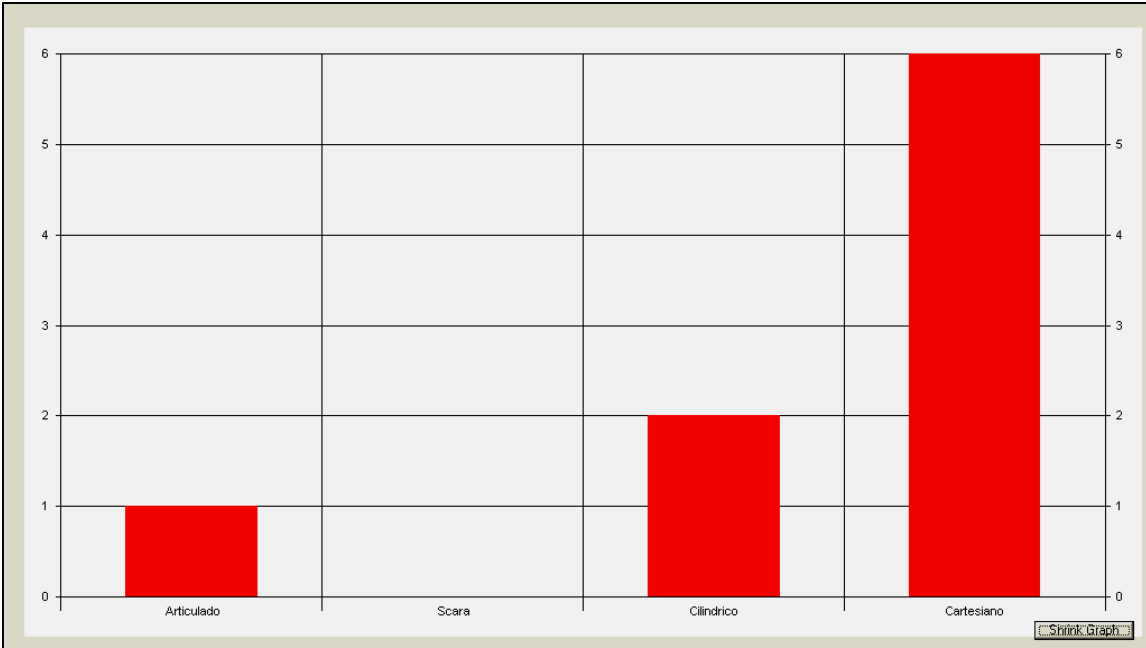
2. Qué marca y modelo es su robot?

3. Grados de libertad del robot? 2 3 4 5 6 7 8



4. Grados de libertad (tipo)

Articulado Scara Cilíndrico
 Cartesiano

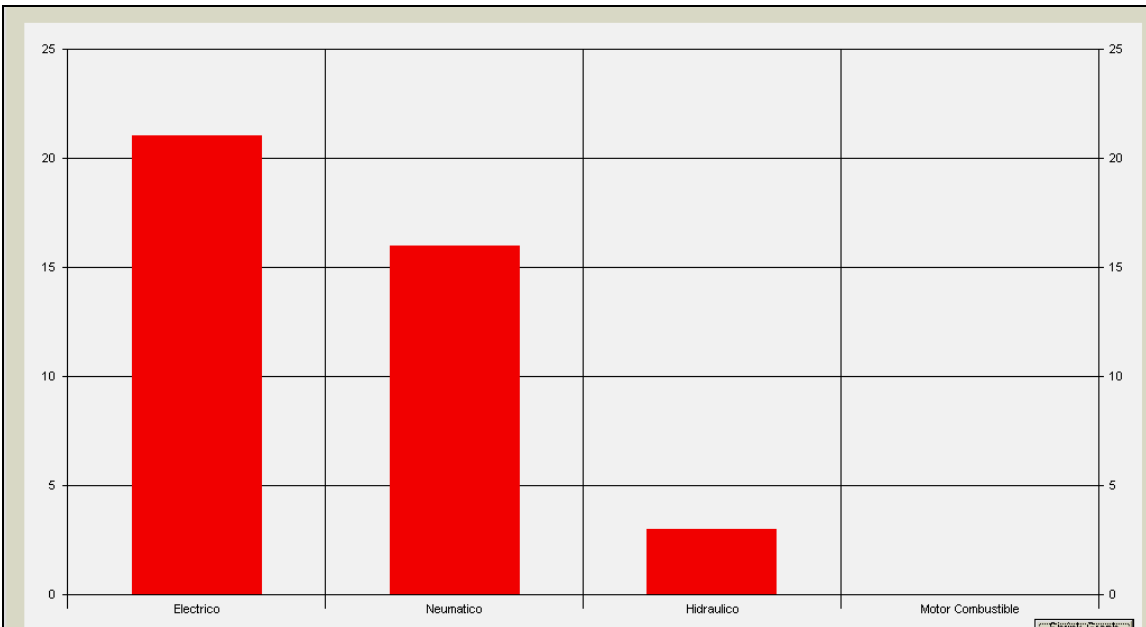


5. Utiliza sistemas de visión en su robot?

Labview Cognex DVT

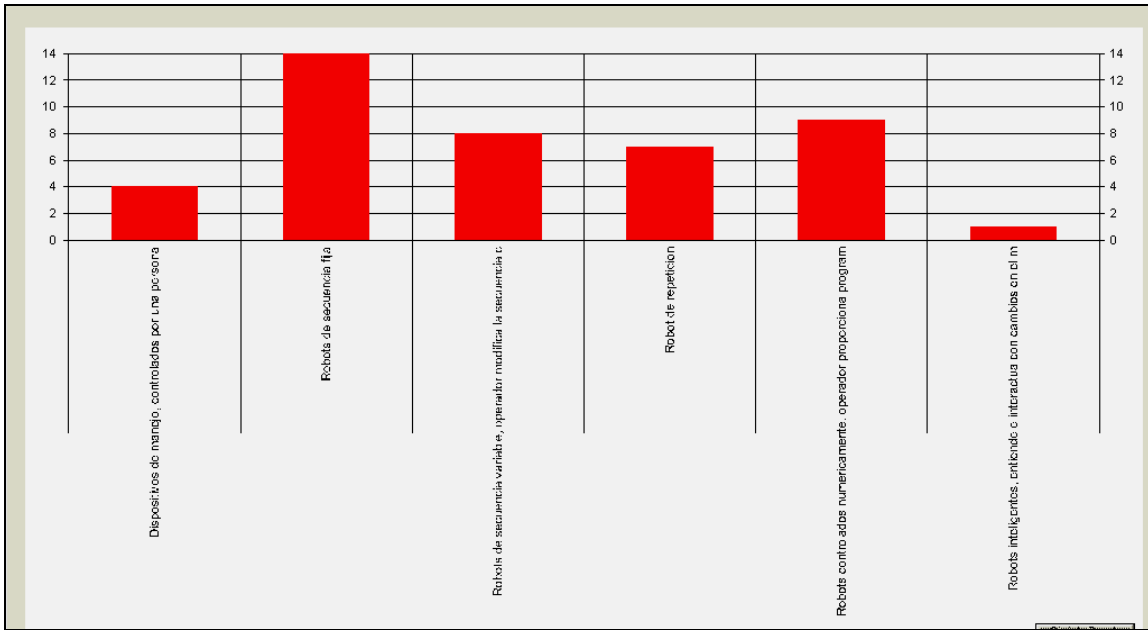
6. Fuentes de energía del robot

Eléctrico Neumático Hidráulico Motor Combustible



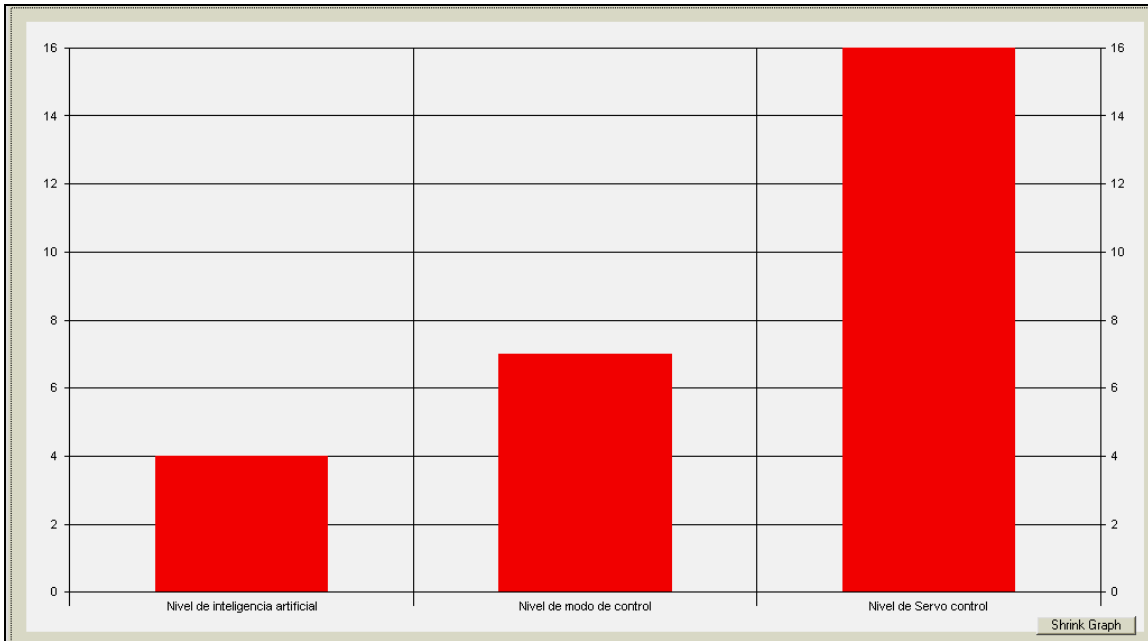
7. Nivel de inteligencia del robot

- Dispositivos de manejo, controlados por una persona
- Robots de secuencia fija
- Robots de secuencia variable, operador modifica la secuencia con anterioridad
- Robot de repetición
- Robots controlados numéricamente, operador proporciona programas de movimientos
- Robots inteligentes, entiende e interactúa con cambios en el medio ambiente

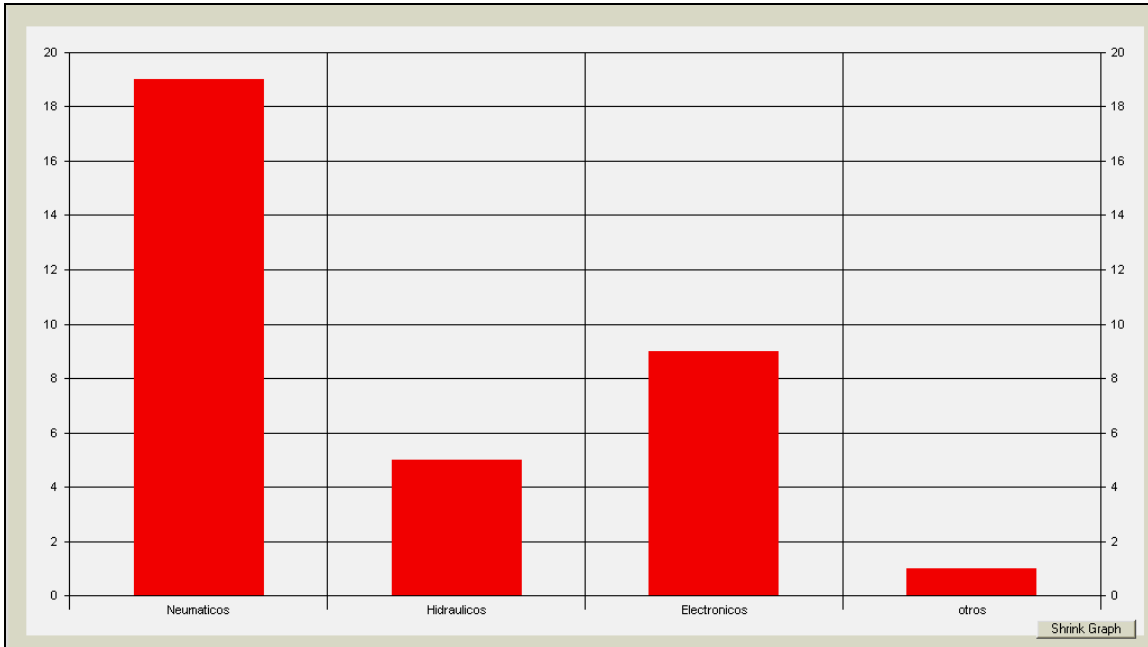


8. Clasificación por nivel de control

- Nivel de inteligencia artificial
- Nivel de modo de control
- Nivel de Servo control

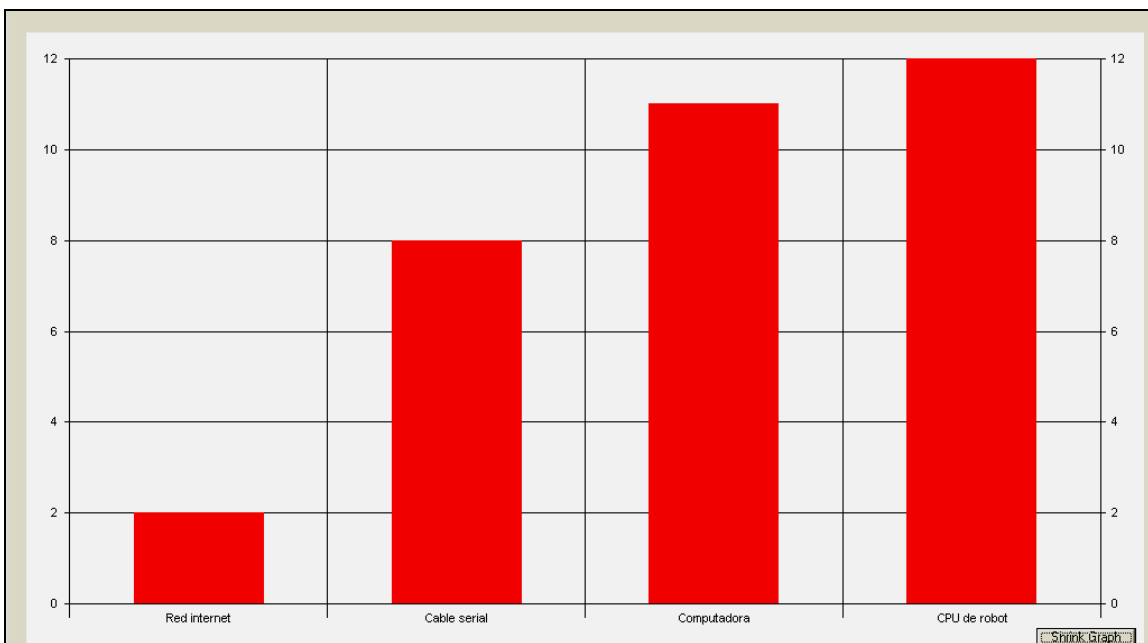


9. Que tipo de actuador final emplea? Neumáticos Hidráulicos Electrónicos otros



Qué tipo de controladores emplea para su robot?
 10. Qué marcas de control lógico programable (PLC) emplea?

11. Qué lenguaje de programación?
 12. De que manera se comunica para interactuar y programar con el robot?
 Red Internet Cable serial Computadora CPU de robot

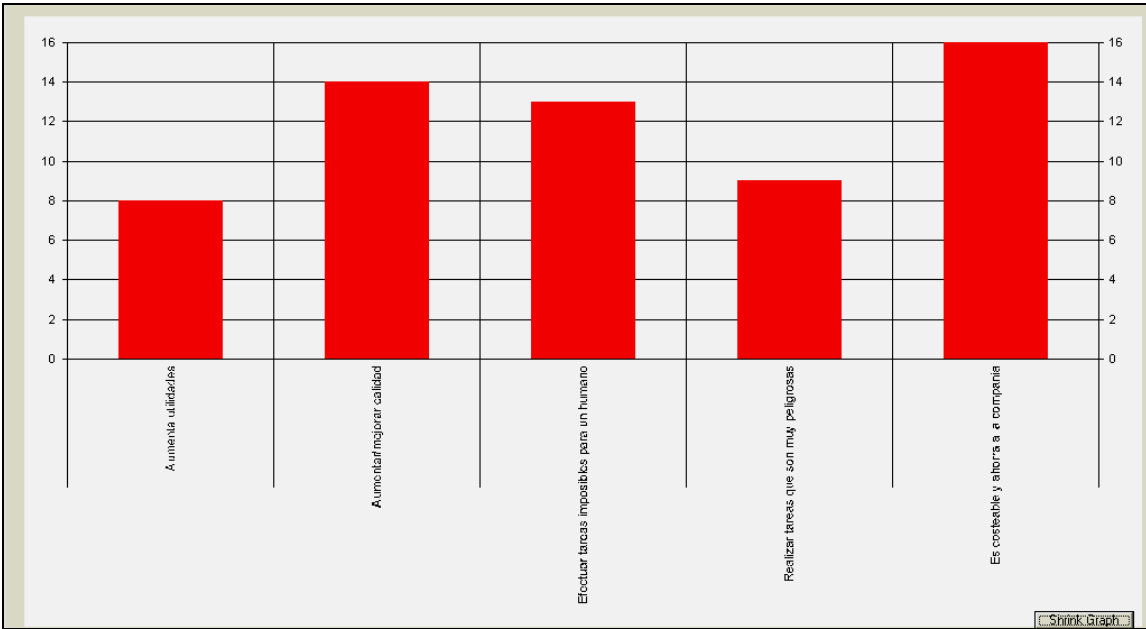


13. Emplea algún software de simulación para interactuar con el robot?

Cosimir Paintpro

14. Porque emplea un robot para realizar la tareas encomendada?

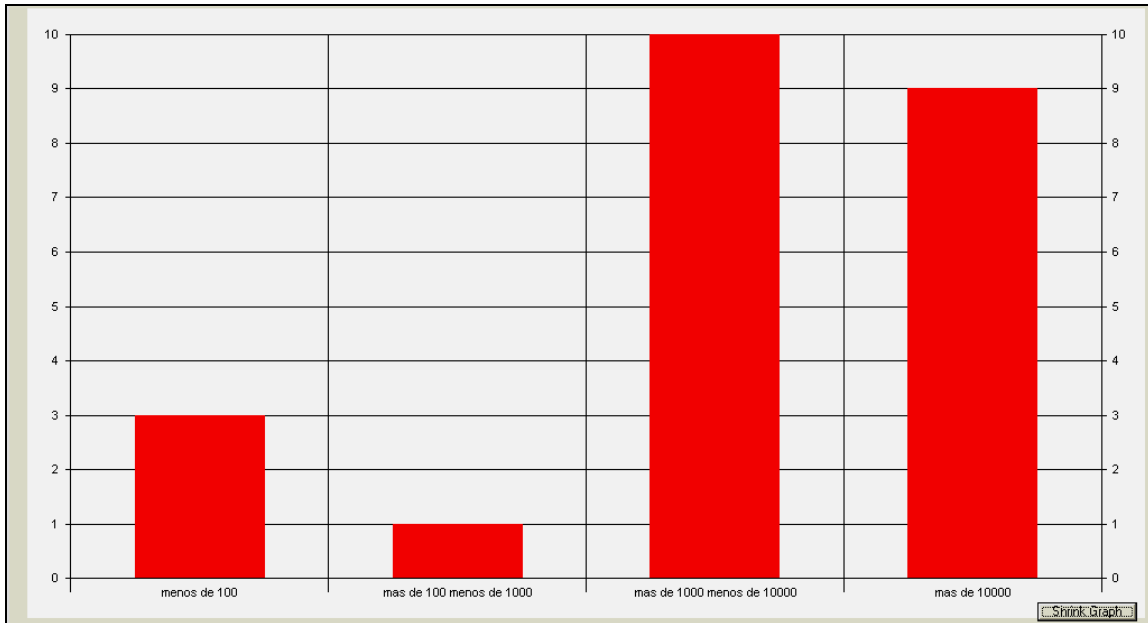
Aumenta utilidades Realizar tareas que son muy peligrosas
 Aumentar/mejorar calidad Es costeable y ahorra a la compañía
 Efectuar tareas imposibles para un humano



15. Cuantos productos diferentes maneja el robot?

16. Cual es el volumen de producción diaria?

menos de 100 más de 1000 menos de 10000
 más de 100 menos de 1000 más de 10000



ANEXO 3

MÁSTERIZACIÓN FANUC Y PROGRAMACIÓN DE CMM

MÁSTERIZACIÓN O LOCALIZACIÓN DE CEROS DE TRABAJO DEL ROBOT LR MATE 200i

Robot Fanuc 200i (Álvarez 2008)

Consiste en un brazo robótico que tiene movimientos en 6 ejes principales. En cada uno de los 6 ejes puede realizar diferentes tipos de movimientos, la combinación entre ellos nos da como resultado que el brazo robótico pueda moverse en tres dimensiones dependiendo de cada aplicación. En el último eje es de la pinza en este nada más se puede abrir y cerrar la pinza.



Figura 3. Robot GE-FANUC-LR MATE 200i

El brazo robótico cuenta dispositivos de entrada y salida, los cuales pueden ser utilizados para distintas funciones. Estas funciones para las entradas por ejemplo pueden ser incluir sensores que restrinjan ciertos movimientos del robot y para las salidas se pueden incluir indicadores o alarmas cuando se cumplan ciertas condiciones, al terminar un ciclo normal de operación por ejemplo, entre muchas otras aplicaciones. Además el brazo robótico cuenta con un “teach pendant” o panel del operador que es un dispositivo que despliega las opciones del software que lo controla llamado Handling Tools.

Se usa para mover el robot, crear, editar y probar programas, revisar el estado del sistema y realizar funciones manuales. Cabe mencionar que la única manera de establecer una rutina de movimiento es necesario crear un programa, por este medio, o por medio de software a través de la computadora.

Proceso de Masterización.

Consiste en ajustar los ceros del Robot Fanuc, esto se logra con mover los 6 ejes del robot a cada una de las marcas que indican el origen en cada eje respectivo.

Este proceso, se lleva a cabo cuando se adquirió el Robot Fanuc y es necesario, repetirse cada vez que las baterías del sistema son reemplazadas. Esto significa que cada vez que al Robot se le descargan las baterías, se pierden los datos del origen de cada uno de los ejes.

Cuando no se realiza el proceso de Masterización, no es posible realizar ninguna operación con el Robot Fanuc, es por tal razón que es tan importante.

Programación del robot.

Un programa de aplicación es una combinación de instrucciones que, cuando se ejecutan en secuencia, completarán una tarea. El software Handling Tool permite crear y modificar un programa que consta de:

- *Encabezado:* Incluye el nombre del programa, comentarios y el tipo de programa.
- *Instrucciones de movimiento:* Son comandos que le dicen al robot como y donde moverse.
- *Instrucciones de programa:* Para usar las entradas y salidas, funciones de salto, de espera, y funciones avanzadas.

Una instrucción de movimiento dirige al robot para que se mueva de una manera específica hacia una determinada posición dentro del área de trabajo a una velocidad dada. Dicha instrucción de movimiento incluye: el tipo de movimiento, información posicional, tipo de terminación y la velocidad. (Para ver un ejemplo de esto, ver el capítulo de los resultados).

Existen tres tipos de movimientos los cuales son el articulado (joint), circular y lineal. El movimiento articulado mueve todos los ejes a la vez y mueve el robot hasta llegar a la posición destino. El movimiento circular, describe un arco cuando se traslada de un punto a otro (si se incluyen varios de estos es posible describir una circunferencia. Y por último el movimiento lineal, describe una línea recta desde el punto inicial hasta el punto destino.

Por otro lado las instrucciones del programa permiten activar o desactivar señales de salida, así como habilitar una lectura de un canal de entrada. También dentro de este grupo se encuentran las condicionales (if), así como las instrucciones de salto y etiquetado.

Caracterización y funcionamiento de la Máquina de Medición de Coordenadas.

La CMM consta de una serie de movimientos que la caracterizan su funcionamiento. El primero de ellos, y uno de los más importantes es el movimiento de Auto Home, el cual consiste en la búsqueda automática de los ceros físicos de la máquina.

Esto se logra por medio de unos sensores magnéticos que se activan cuando se alcanzado el fin de carrera en cada eje respectivo, una vez alcanzado este fin de carrera, la CMM esta lista para usarse.

Otros de los movimientos importantes se denominan Clearance Moves, que simplemente mueven la máquina en una posición segura cada vez que se realice una medición y así se asegura que la CMM no choque en un punto no deseado, la programación detallada se puede consultar en el manual de operación y programación, (ver referencia QC-5000, 2002).

ANEXO 4

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DE UNA RUTINA SINCRONIZADA ENTRE EL TORNO SL-20 Y EL ROBOT RV-N10

En esta sección se describen los pasos necesarios que se deben realizar para ejecutar una rutina sincronizada de trabajo entre el torno SL-20 y el robot RV-N10, antes de ejecutar esta rutina se debió de haber programado previamente cada una de las máquinas-herramientas. (Fomix, 2007, Pelayo 2007)

1. Encender la alimentación de voltaje del controlador.

El interruptor de encendido del controlador cuenta con dos posiciones, encendido (ON) y apagado (OFF). Para encender el controlador se debe poner el interruptor hacia arriba, para apagar el controlador se debe poner el interruptor hacia abajo.

2. Ejecutar la fase cero del robot.

Una vez encendido el robot se deberá habilitar el panel de operación presionando la tecla "O.PANEL ENBL/DIS", se encenderá el LED el cual indica que ya esta habilitado el panel de operación, posteriormente, presionar la tecla "SERVO ON/OFF" para encender los servomotores, se encenderá el LED el cual indica que ya están encendidos los servomotores, por ultimo, se presionara el botón "START" y el robot comenzara a ejecutar la fase cero, el indicador visual del botón "START" estará cintilando mientras se ejecuta la fase cero una vez terminada la fase cero el indicador visual del botón "START" estará apagado y la pantalla del panel de operación indicara el número de programa que tiene cargado en memoria listo para ser ejecutado.

3. Cargara la memoria del robot el programa "001".

Una vez realizada la fase cero se deberá indicar al robot que se quiere ejecutar el programa "001", para esto es necesario presionar el botón "PROGRAM NO.", en la pantalla del panel de operación se mostrará el nombre del programa que tiene cargado en memoria, para cambiar el programa se deberá presionar el botón "UP" o "DO" hasta encontrar el programa "001".

4. Encender la alimentación de voltaje del torno.

Para encender el torno es necesario presionar el botón "POWER ON" de color verde el cual se encuentra en la parte superior izquierda del panel de operación.

5. Borrar alarmas del torno.

Una vez encendido el torno desplegará en la pantalla del panel de operación la lista de alarmas que ocurren al encenderlo, la alarma que siempre ocurre es la número 102 "SERVOS OFF", esta alarma no necesita reparación, simplemente presionar la tecla

"RESET" de color rojo, al presionarla, la alarma se borra y el torno enciende los servomotores automáticamente.

6. Ejecutar la fase cero del torno.

Para realizar la fase cero se deberá presionar la tecla "ZERO RET" y luego la tecla "AUTO ALL AXES". Mientras el torno hace la fase cero despliega en la parte inferior izquierda de la pantalla la palabra "Runing", cuando deja de desplegar esta palabra significa que ya termino la fase cero.

7. Cargara la memoria del torno el programa "O00001".

Para cargar el programa "O00001" a la memoria se debe presionar la tecla "LIST PROG", en la pantalla aparecerá una lista de los programas, con las flechas del cursor se seleccionará el programa "O00001", cuando el cursor se posicione sobre el nombre del programa, se presionara la tecla "WRITE-ENTER" y aparecerá un asterisco al inicio del nombre del programa, esto nos indica que ya esta cargado en la memoria.

8. Desplegar el programa "O00001" en pantalla para ser ejecutado.

Presionar la tecla "MEM", en la pantalla se desplegara el listado de códigos del programa que se cargo a memoria.

9. Ejecutar el programa del robot y del torno.

Presionar el botón "START" del panel de operación del robot (ver Figura C1) y el botón "CYCLE START" del panel de operación del torno (ver Figura C2).

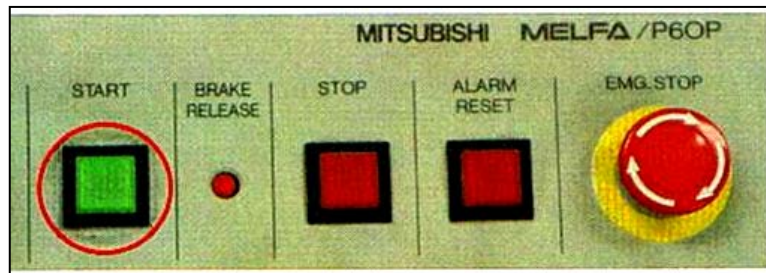


Figura IV.C1: Ubicación del botón de inicio de rutina del robot.



Figura IV.C2: Ubicación del botón de inicio de rutina del torno SL-20.

Si se desea volver a ejecutar la rutina de trabajo una vez terminada esta, se debe presionar la tecla "RESET" del panel de operación del torno, posteriormente presionar el botón "CYCLE START" del torno y finalmente el botón "START" del panel de operación del robot.

ANEXO 5

PROGRAMACION INTEGRADA A DN DEL MÓDULO DE CALIDAD ENTRE QC 500/FANUC200i/MICRO MC68HC11A1FN/DEVICE NET

Tabla 1: Programa QC500, diseñado para medir piezas cilíndricas

			If [Circulo P] .Radius<=12.7 Goto siguiente. TRUE(1.000)
	programa propiedades...		Goto label "mala"...
+	Inicial stings...		Label "siguiente"...
/	Programa de inspección...		Go to position (243.8288,100.5762,-331.8787
	Set full cnc mode...	+ O ■	Measure "Circulo G"
	Setup RS232,,,		Go to position (209.4490, 114.5335,-327.7042)
	Set @contador		If [Circulo G] . Radius <= 18.5 Goto sigue2...TRUE(1.000)
-	Do these steps	:	Label "sigue2"...
:	Label "inicio"...		If [Circulo G] .Radius<= 18.7 Goto buena...TRUE(1.000)
	Go to position (250.6758,587.8357,-79.8832)		Label "mala"
	Reset RS232		Go to position (212.4879,103.0744,-327.1905)
:	Label "recibe"...		Go to position (567.1962,477.3706,-21.7565)
	Set @cadena = Get RS232String (30)...		Send RS232 string "m"...
→	If @cadena == "Inicio" Goto pasos... True (1.000)		Send RS232 string "s"...
	Send RS232 string "x"...		Go to label "fin2"...
	Send RS232 string "s"	:	Label "buena"...
	Delay 5 segundos...		Go to position (212.4879,103.0744,-327.1910
	Goto label "recibe"		Go to position (22.9897,477.3343,21.7604).
:	Label "pasos"...		Send RS232 string "b"...
	Send RS232 string "r"...		Send RS232 string "s"...
	Send RS232 string "s"...	:	Label "fin2"...
	Go to position (253.0497,108.5595,-305.0591		Open template "C:\QC5000\Template\Pieza.5F
+OF ■	Measure "circulo P"	+	Export data to "C:\QC5000\Exports\Pieza.CSV
	If [Circulo P]. Radius>=12.5 Goto sigue... FALSE(0.000)		Set @contador<4...
	Goto label "mala"...	:	Label "fin"....
	Label "sigue"...		End programa

Tabla 2: Programa Microcontrolador MC68HC11A1FN para adecuación de señal de salida digital a red deviceNet

baud equ \$2B	
scrr1 equ \$2C	
scrr2 equ \$2C	
scrs equ \$2E	
scdr equ \$2F	
puertoC equ \$3	
puertoB equ\$4	
DDRC EQU \$7	
TCNT EQU \$0E	
PACTL EQU \$26	
TFGL2 EQU \$25	
TMSK2 EQU \$24	
OPTION EQU \$39	
HPRIO EQU \$3C	
CONFIG EQU \$3F	
org \$0	;variables Locales
buf_size rmb 10	;variables para recepción de datos entrada RS232
Dato rmb 5	;variable de control
veces rmb 1	;variables de interrupción de tiempo real
Segundos rmb 1	
org \$ B600	
inicio: LDS # \$C0 ;asignación dirección a la pila	
LDX # \$ 1000	;apuntar X hacia los puertos

LDDA # \$F0	;configuración del puerto C
CLRA	
STAA OPTION,X	
LDAA # \$ 05	
STAA HPRIO,X	
LDY #dato	
CLRA	
STAA \$ puertoC,X	
STAA \$ puertoB,X	
STAA \$O,Y	
INY	;limpieza de variables a utilizar
STAA \$O,Y	
LDY #buf_size	
LDAA #\$10	
Clean: CLRB	
STAB \$O,Y	
INY	
DECA	
BNE dean	
LDAA # \$01	;habilitacion de la interrupcion de tiempo real
STAA TM SK2,X	
read: LDAB puertoC, X ;lectura de una entrada en el puerto C	
CMPB #\$01	
BEQ MSG	
BR A read	
;***Rutina para recibir un carácter por RS-232	
nc_caracter: BRCLR scsr,X \$20 rx_caracter	
LDAB scclr,X	
RTS	
msg: NOP ;Rutina para eliminar rebotes de contacto	
CMPB # \$01	
BNE read	
send: LDY #MSG0 ;Trasmite una cadena por RS-232	
JSR show	
LDY #buf_size	;Recibe un carácter por-RS232
LDAB \$O,Y	
JSR rx_cadena	
LDY #buf_size	
LDAB \$O,Y	;Se compara con la letra "r"
CMPB # 'r'	
BNE send	
mandar: LDY #dato	
LDAB \$O,Y	
CMPB # 'N'	
LDAA #20	
STAA puertoB,X	
JSR retardo	
BSET CONFIG,X \$10	
JMP inicio	
Saltar: LDAB # 80	
STAB puertoC,X	
cide: NOP	
BRA cide	
;***rutina para recibir una cadena de caracteres por medio de RS232***	
show: PSHY	
PSHB	
PSHA	
LDAA # \$30	;9600 baud
STAA baud, X	
LDAA # \$0	;8N1

STAA scdr1,X	
LDAA #\$08	;habilitar Tx
STAA scdr2,X	
Show2: LDAB \$0,Y	
CMPB # '\$'	;compara con fin de cadena
BEQ show1	
JSR tx_caracter	
INY	
BRA show2	
show1: PULB	
PULY	
PULA	
RTS	
;***rutina para enviar un carácter por medio de RS232***	
tx_caracter :STAB	
scdr,X	
state: BRCLR scr,X	
\$80state	
RTS	
INC VECES	
;*** Rutina para recibir una cadena de caracteres por RS-232***	
rx_cadena: PSHY	
PSHA	
PSHB	
LDAA #\$30	
STAA baud,X	
LDAA #0	
STAA scdr1,X	
LDAA #\$04	
STAA scdr2,X	
seguir_rx: JSR rx_caracter	
CMPB #\$24	
BEQ fin_rx	
STAB \$0,Y	
INY	
BRA seguir_rx	
fin_rx: TAB	
PULB	
PULA	
PULY	
RTS	
;***Rutina de revisión de caracteres recibidos***	
revisar: PSHY	
PSHB	
leer: LDAB \$0,Y	
CMPB # 'm'	
BEQ sigue3	
CMPB # \$20	
BEQ salida	
BRA leer	
salida: LDY #dato	
LDAB # 'N'	
STAB \$0,Y	
INY	
fin: LDY #dato	
LDAB # 'N'	
STAB \$0,Y	
INY	
LDAB # \$24	
STAB \$0,Y	

Tabla 3: Programa Robot FANUC

1	LBL [1]	24	J P[8] 100% FINE
2	IF DI[3]=ON,JMP LBL[2]	25	RO[1]=ON
3	JMP LBL[1]	26	WAIT 3.00(sec)
4	LBL [2]	27	J P[10] 100% FINE
5	J P[1] 100% FINE	28	RO[1]=OFF
6	J P[2] 25% FINE	29	LBL[7]
7	RO[1]=ON	30	IF DI[1]=ON, JMP LBL[8]
8	WAIT 3.00 (sec)	31	IF DI[2]=ON, JMP LBL[9]
9	J P[3] 20% FINE	32	JMP LBL[7]
10	RO[1]=OFF	33	LBL [8]
11	WAIT 3.00(sec)	34	J P[11] 100% FINE
12	J P[4] 100% FINE	35	J P[12] 100% FINE
13	J P[5] 100% FINE	36	RO[1]= ON
14	J P[6] 100% FINE	37	WAIT 3.00 (sec)
15	J P[7] 30% FINE	38	J P[13] 100% FINE
16	RO[1]=ON	39	JMP LBL[10]
17	WAIT 3.00(sec)	40	LBL[9]
18	J P[9] 100% FINE	41	J P[14] 100 % FINE
19	LBL[4]	42	J P[15] 100 % FINE
20	IF DI[1]=ON, JMP LBL[6]	43	RO[1]= ON
21	IF DI[2]=ON, JMP LBL[6]	44	WAIT 3.00 (sec)
22	JMP LBL[4]	45	J P[16] 100 % FINE
23	LBL[6]	46	LBL[10]
			END