

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRONICA

Tesis previa a la obtención del Título de: Ingeniero Electrónico

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PARA EL
MONITOREO DE INDICADORES DE EFICIENCIA DE
PRODUCCIÓN Y ENVÍO DE ÓRDENES DE TRABAJO AL
TERMINAL DE CONTROL DE PRODUCCIÓN.**

AUTORES:

DIEGO ESTEBAN CORDERO PINOS.

JUAN PABLO MOYANO BRITO.

DIRECTOR:

ING. FABIÁN LEDESMA.

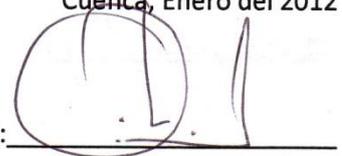
Cuenca, 2012

Certifico

que el presente trabajo fue desarrollado por Diego Esteban Cordero Pinos y Juan Pablo Moyano Brito bajo mi supervisión y dirección.

Cuenca, Enero del 2012

(f):

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'F' followed by a vertical line and a horizontal stroke at the bottom.

Ing. Fabián Ledesma

Director de Tesis

Declaratoria de Responsabilidad

Los conceptos descritos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores, y autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana el uso de la misma con fines académicos.

Cuenca, Enero del 2012

(f) 

Diego Esteban Cordero Pinos

(f) 

Juan Pablo Moyano Brito

Dedicatoria:

Más que dedicarles esta monografía, les prometo dedicar el fruto de mis estudios, mi trabajo y mi vida a las personas a quienes agradezco...

Agradecimiento:

Agradezco profundamente a Estefanía que con su amor iluminó cada momento difícil con las palabras correctas y su confianza en mi persona, a mis padres, pues gracias a su esfuerzo y apoyo he logrado alcanzar, una a una, las metas propuestas en cada etapa de mi vida, a mis hermanos Juan y Cristian y demás gente que paso a paso me brindaron su apoyo en una determinada situación o dificultad. Espero recompensarlos a todos por su gran amabilidad y apoyo poniendo a su servicio mis habilidades desarrolladas. Por último quisiera agradecer a Dios por enviar a cada uno de ustedes a mi vida.

Contenido

INTRODUCCIÓN:	7
CAPÍTULO I: MEDICIÓN DEL TRABAJO.....	8
1.1. Estudio de Tiempos.....	9
1.2. Estudio de Capacidades	12
1.3. Estudio de Eficiencia	13
1.4. Estudio de Utilización.....	14
1.5. Diagrama de Operaciones	15
CAPÍTULO II: GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN	19
2.1. Parámetros a medir para el control de la producción	20
2.2. Estrategias de medición de los parámetros de control de la producción.....	22
2.3. Diseño de la orden de producción.....	24
2.4. Diseño de los informes de producción	27
CAPÍTULO III: COMUNICACIONES EN EL PRODUCTO.....	30
3.1. Protocolo de Comunicación entre el TCP y el Enrutador de Comunicaciones.....	30
3.2. Protocolo de Comunicación entre el Enrutador de Comunicaciones y el Computador. ...	35
3.3. Comunicación Interna de los Módulos TCP.	36
CAPÍTULO IV: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TCP.....	38
4.1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE ADQUISICIÓN DE DATOS.	40
4.2. Diseño y Construcción del circuito de comunicación.....	43
4.3. Diseño y construcción del circuito de visualización.	44
CAPÍTULO V: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL ENRUTADOR DE COMUNICACIONES	47
5.1. Diseño y construcción del Circuito de comunicación con los TCP.	47
5.2. Diseño y construcción del Circuito de comunicación entre el Enrutador de Comunicaciones y el computador.	50
CAPÍTULO VI: DISEÑO DEL SOFTWARE CONTROLADOR	52
6.1. Diseño e implementación de la Base de Datos.	53
6.2. Diseño e implementación de la interfaz gráfica de usuario.	63
6.3. Diseño e implementación del Software	69

CAPÍTULO VII: PRUEBAS Y RESULTADOS	72
7.1. Prueba de Hardware	72
7.2. Prueba de Software.	84
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
BIBLIOGRAFÍA:	95

INTRODUCCIÓN:

En toda empresa existe o debería existir el departamento de control de producción, el mismo que se encarga de llevar una vigilancia de los procesos en la empresa y aplicar correctivos para cumplir objetivos de producción. Es importante, por lo tanto, contar con herramientas que vayan de la mano con la tecnología de hoy en día.

Este trabajo trata sobre el desarrollo de un sistema capaz de brindar información tanto al operador de maquinaria como al controlador de producción, comunicando así dos áreas que trabajan en conjunto y de cuyas tareas depende el éxito o fracaso de la empresa.

El sistema utiliza transmisión CAN, la misma que tiene como principal característica la inmunidad al ruido en ambientes hostiles como el industrial. El sistema se compone principalmente de tres partes: el TCP (terminal de control de la producción) que va instalado junto al recurso que se desea comunicar con el departamento de producción, el controlador de comunicaciones que convierte el protocolo CAN en USB y gestiona la transmisión de datos entre los módulos TCP y el computador y la tercera parte que es el software desarrollado para brindar una interfaz amigable con el usuario, de esta forma el programador de producción puede enviar órdenes de trabajo y llevar registros útiles que ayuden a tomar decisiones sobre la planificación de procesos y procedimientos.

CAPÍTULO I: MEDICIÓN DEL TRABAJO.

La medición del trabajo es un proceso abarcado por el estudio del trabajo y busca cuantificar el tiempo, producto del desarrollo de un proceso, ejecutado con un ritmo normal, en una situación estándar, siguiendo un método predeterminado y realizado por una persona capaz o una máquina destinada a dicha acción.

La medición del trabajo tiene como objetivo final establecer un tiempo tipo para el desarrollo de una actividad y a su vez los resultados. Los cuales son extensos y de mucha utilidad para el éxito del departamento de producción de una empresa y puesto que toda actividad empresarial es un conjunto de procesos interrelacionados, también será útil para el control eficiente de los procesos administrativos.

Una vez realizado un plan de utilización eficiente de recursos, mediante la planificación, variación y estudio de métodos, se procede a evaluarlos mediante la medición del trabajo, con lo que se puede concluir cuál método es el mejor y más eficiente.

Además de establecer el tiempo tipo de un proceso, la medición del trabajo, ejecutada constantemente, puede delatar la existencia de tiempos improductivos, ya sea que estos estén implícitos en el proceso, lo que llevaría a replantear el método, o que sean externos al proceso como por ejemplo excesivo descanso para los trabajadores, una mala calibración de la maquinaria, etc.

Para realizar la medición del trabajo se puede seguir tres métodos:

- Intuitivo
- Medición y Observación directa
- Medición de tiempos de métodos.

1.1. Estudio de Tiempos

El estudio de tiempos constituye una herramienta muy importante en la planificación táctica y estratégica de la producción, los resultados obtenidos pueden afectar en la toma de decisiones en cuanto al funcionamiento de las máquinas, en la programación de la carga productiva, en la distribución de planta, en la estimación del número necesario de operarios, en las reglas para los incentivos, etc.

Dentro del estudio de tiempos se manejan varios términos con los cuales el lector debe estar familiarizado y que se explican a continuación:

- Tiempo de Reloj (TR): Tiempo medido por reloj sin tomar en cuenta paros por necesidades personales o descanso por fatiga.
- Factor de Ritmo (FR): hace referencia a un valor que determina la relación que existe entre el tiempo requerido por el operario evaluado y un operario normal, y sirve para corregir diferencias entre operarios rápidos, normales y lentos.
- Tiempo Normal (TN): Es el tiempo que le toma realizar un trabajo conocido a un ritmo normal a un operario capacitado. El tiempo normal es un valor constante pues está libre de la influencia del ritmo.
- Suplementos del Trabajo (ST): Es un porcentaje del tiempo normal que utiliza el operario para satisfacer sus necesidades humanas.
- Tiempo Tipo (TT): Es el compendio de los demás términos pues es el tiempo que un operario se demora en realizar un trabajo, a un ritmo normal y tomando en cuenta los suplementos del trabajo, necesarios para restituirse de la fatiga y satisfacer necesidades propias del humano.

Existen varios métodos para medir el TR, determinar el FR y el TT. Entre otros menos utilizados están la estimación, datos históricos, muestreo, tiempos predeterminados y el cronometraje.

La estimación del tiempo tipo la realiza un experto en la actividad y por la subjetividad del método debe utilizarse en actividades no muy periódicas donde un error no sea muy repercusivo en la economía de la empresa.

El Método de Datos Históricos se basa en la recolección diaria y constante de tiempos mediante fichas que se llenan al momento de terminar cierta actividad ya sea manual o automáticamente. Si se llena de forma manual es probable que contenga varios errores de medición ya que generalmente es el mismo operario el que realiza la medición y por lo tanto deben realizarse tratamientos estadísticos para rectificar errores y lograr un resultado confiable.

El muestreo se aplica cuando la pieza fabricada se elabora en varias estaciones de trabajo y se toma el tiempo en un lote de producción, además se debe anotar cuantas veces el operario está en parada y cuando trabajando para calcular efectivamente el tiempo tipo de la pieza en su totalidad.

Para aplicar el método de tiempos predeterminados se debe dividir las actividades en micro actividades que consten en tablas estándar donde se indican tiempos para cada actividad.

El proceso de cronometraje se realizará de forma muy profesional y eficiente. Trata básicamente de registrar el tiempo que se demora el operario en realizar la tarea y aumentar los factores citados al inicio de este apartado. Para realizar esta tarea es necesario seguir un proceso donde se debe, en primer lugar, analizar la tarea que va a ser estudiada para entender la dinámica de la misma y de esta forma tomar conciencia de los indicadores de comienzo y fin de la misma. En segundo lugar se debe anotar las observaciones realizadas con el fin de registrar las condiciones, ya sean ambientales o de cualquier otro tipo, y los elementos que intervienen en la tarea al momento de realizar la medición puesto que estos factores son los que influirán a lo largo del tiempo y de cambiar estos factores también cambiará el cálculo del tiempo tipo. La toma de datos es lo más importante para el cálculo del tiempo tipo, y sus elementos son la actividad o ritmo de trabajo y el tiempo reloj registrado por el cronometrador. La medición, subjetiva, del ritmo de trabajo al ser dividida para la actividad o ritmo tipo da como resultado el factor ritmo que como vimos es muy importante en la deducción del tiempo tipo. Además se debe tener en cuenta que, si el trabajo amerita según lo expuesto anteriormente, se deben tomar varias mediciones para eliminar variaciones indeseadas provocadas por situaciones fuera de control. La medición misma del tiempo reloj debe ser exacta y precisa según sea la necesidad de la empresa y se dividen en dos tipos de mediciones; la primera es la de tiempo acumulado en la que el cronómetro no vuelve a cero tras terminar la actividad ya sea por ser muy corta la duración de la misma o por tratarse de un ciclo que contiene dos partes y la segunda es la de vuelta a cero donde se divide la actividad en ciclos y se registra el tiempo de los mismos que deben coincidir con el inicio del siguiente. La determinación del factor ritmo, como se dijo anteriormente, es algo puramente subjetivo, ya que a pesar de que el cronometrador debe tener un entrenamiento para determinar a lo que se considera normal es una interpretación propia y puede variar de persona a persona; para enmarcar la medida en una escala se puede utilizar la centesimal que califica con 100 el ritmo normal o la de Bedaux que califica con 60 el ritmo normal. Para registrar los tiempos muertos en la producción se debe tomar en cuenta que existen dos tipos: suplementos y concedidos; los suplementos son tiempos de ausencia de actividad que se utiliza para recuperación de la fatiga, hablando de seres humanos, y para preparación de herramientas necesarias para la actividad; los concedidos hacen referencia a la atención de las necesidades

humanas del operario y deben ser tomadas en cuenta dependiendo de si el operario maneja una máquina automatizada, semiautomática o manual.

1.2. Estudio de Capacidades

El estudio de capacidades dentro de una empresa determina de manera eficaz, cuando se realiza correctamente, la cantidad de producción por unidad de tiempo que el proceso productivo puede generar de material tanto válido como con fallas.

La capacidad se entiende como un valor teórico técnico de las unidades que se pueden producir en un elemento de la empresa al utilizar al máximo dicho recurso. Esta definición se aplica a la capacidad teórica del recurso, es decir la capacidad máxima que viene marcada en el catálogo del mismo. Se debe tener en cuenta que este valor debe ser especificado en un rango de tiempo.

La capacidad demostrada informa sobre el valor medio de producción que ha entregado el recurso en un determinado espacio de tiempo, este valor nos ayuda a determinar de mejor manera la capacidad real de la maquinaria o recurso, en general, que se esté utilizando en un proceso. Simplemente es un promedio de los valores medidos de producción por unidad de tiempo realizada en un recurso determinado.

Por lo tanto la capacidad productiva de un proceso hace referencia a la capacidad total de dicho proceso tomando en cuenta la capacidad máxima o la capacidad demostrada de cada elemento.

Existen dos problemas que se pueden presentar en la empresa y que están relacionados con la capacidad. El primero es la falta de capacidad, que es cuando la producción no puede cubrir los pedidos. El segundo problema es la sobre capacidad o el exceso de

capacidad que es cuando una máquina o recurso está sub utilizado. Ambos casos representan costos extras para la empresa pues en el caso de tener falta de capacidad se pueden perder clientes o devaluar los recursos por sobre explotación de los mismos, en el segundo caso se pierde dinero al no aprovechar la capacidad máxima del recurso pues este se vería sub utilizado generando así pérdidas por mantenimiento y pérdida de valor de activos.

Para resolver un problema de falta de capacidad es pertinente, según sea el caso, contratar servicios externos que complementen la capacidad con el objetivo de destruir cuellos de botella, efecto muy peligroso en la producción. Un problema de sobre capacidad es más difícil de resolver, se debe buscar la manera de utilizar el recurso en otros procesos o brindar el servicio a otra institución de esta manera se busca obtener un ingreso extra que justifique la capacidad de la maquinaria aunque lo ideal es no caer en esto mediante una buena planificación de la producción tomando en cuenta el historial de producción de la empresa.

1.3. Estudio de Eficiencia

La eficiencia es un parámetro muy importante en toda operación que se realice en la empresa y obviamente en el ámbito del control de la producción es algo determinante para las decisiones que se tomen.

Existen dos tipos de eficiencia que se pueden definir a partir del concepto general de la misma: la eficiencia de operación y la eficiencia del desempeño.

Eficiencia en sí se dice de la comparación entre lo deseado y lo obtenido. Por lo tanto se puede decir que la eficiencia en la producción se define como la relación entre las horas estándar previstas de trabajo y las horas reales devengadas. Basados en este concepto se puede obtener la eficiencia de casi todo elemento que genera producto ya sean humanos, máquinas, departamentos, etc.

La eficiencia de operación es el primer concepto que se estudia a partir de la definición anterior de eficiencia y hace referencia a la razón entre la producción planificada y la producción realizada realmente. Cabe aclarar que en la mayoría de procesos existirán desperdicios o piezas mal fabricadas las mismas que no cuentan como piezas realizadas pues no sirven para el fin último de la producción que es generar un elemento para satisfacer las necesidades del cliente.

La eficiencia del desempeño, que es el segundo concepto a estudiar, es la relación, expresada generalmente como porcentaje de la producción real de un nivel objetivo o de la producción estándar.

1.4. Estudio de Utilización

En la producción es importante determinar qué tanto se utiliza un recurso para, de esta manera, determinar la mejor manera de utilizar los recursos sin generar colas o cuellos de botella en la producción lo que degenera en falta de eficiencia.

La utilización se define como una medida de qué tan utilizado está algún recurso. Es la relación entre el tiempo directo, cargado para actividades de producción con el tiempo de programado para esas actividades de producción durante un periodo determinado.

$$\text{Utilización} = \text{Tiempo Cargado} / \text{Tiempo Programado}$$

También se puede determinar la utilización del inventario para lo cual se determina el número de unidades de un artículo en inventario que se consume durante un periodo.

1.5. Diagrama de Operaciones

El diagrama de operaciones es una de las herramientas más poderosas para la correcta planificación de la producción. En toda empresa es necesario que el departamento de producción esté atento a las mejoras que se pueden realizar al proceso productivo y eso se puede lograr visualizando completamente todas las partes del proceso, sus características y propiedades como ser el tiempo estándar, la capacidad, la eficiencia, etc. con lo que se puede tener una visión global del proceso. El diagrama de operaciones debe estar en constante cambio hasta llegar a la mejor opción y, según el análisis costo beneficio de la instalación, implementarlo en la empresa. Una vez implementado el diagrama de operaciones debe someterse a nuevos estudios para buscar mejoras sustanciales.

Un diagrama de operaciones tiene siete símbolos como se muestran en la figura 1.2. Los nombres del proceso se anotan a un lado del símbolo y la materia prima que entra al mismo se anota en la parte superior externa del proceso ya sea a la izquierda o derecha. Las entradas y salidas del sistema se debe anotar mediante líneas horizontales. Las operaciones, procesos y combinados deben estar numerados para una identificación rápida de los mismos. Para actividades que se repiten varias veces se debe colocar flechas que indiquen el bucle y entre líneas paralelas el número de veces que se repite.

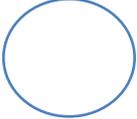
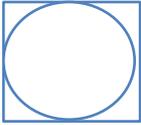
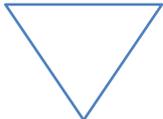
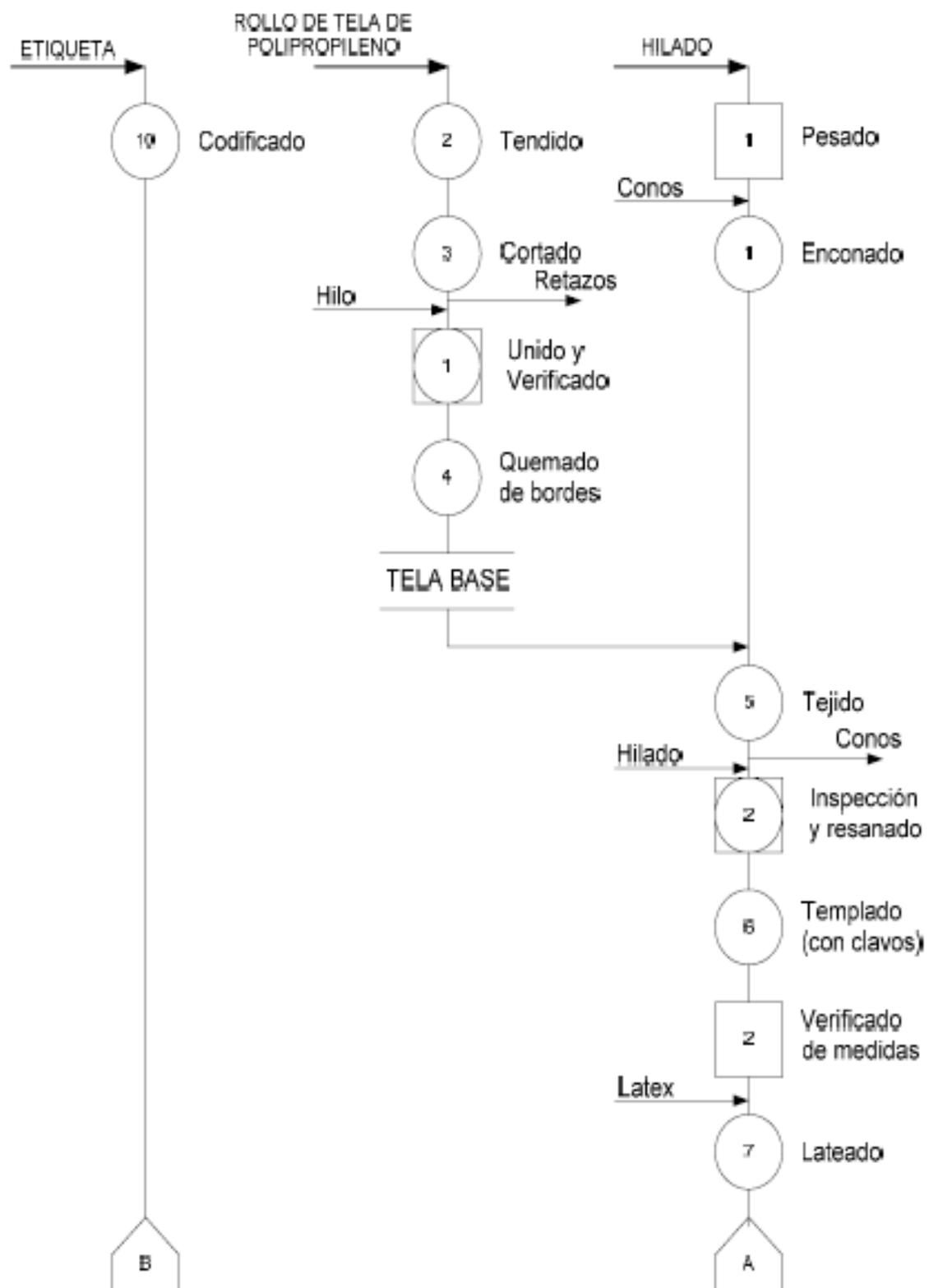
Símbolo	Uso
	Conector
	Entrada o Salida de materia prima o residuos
	Transporte
	Inspección
	Proceso
	Proceso e Inspección Combinados
	Almacenamiento

Figura 1.2: Símbolos utilizados en un Diagrama de Operaciones.

Fuente: Autores



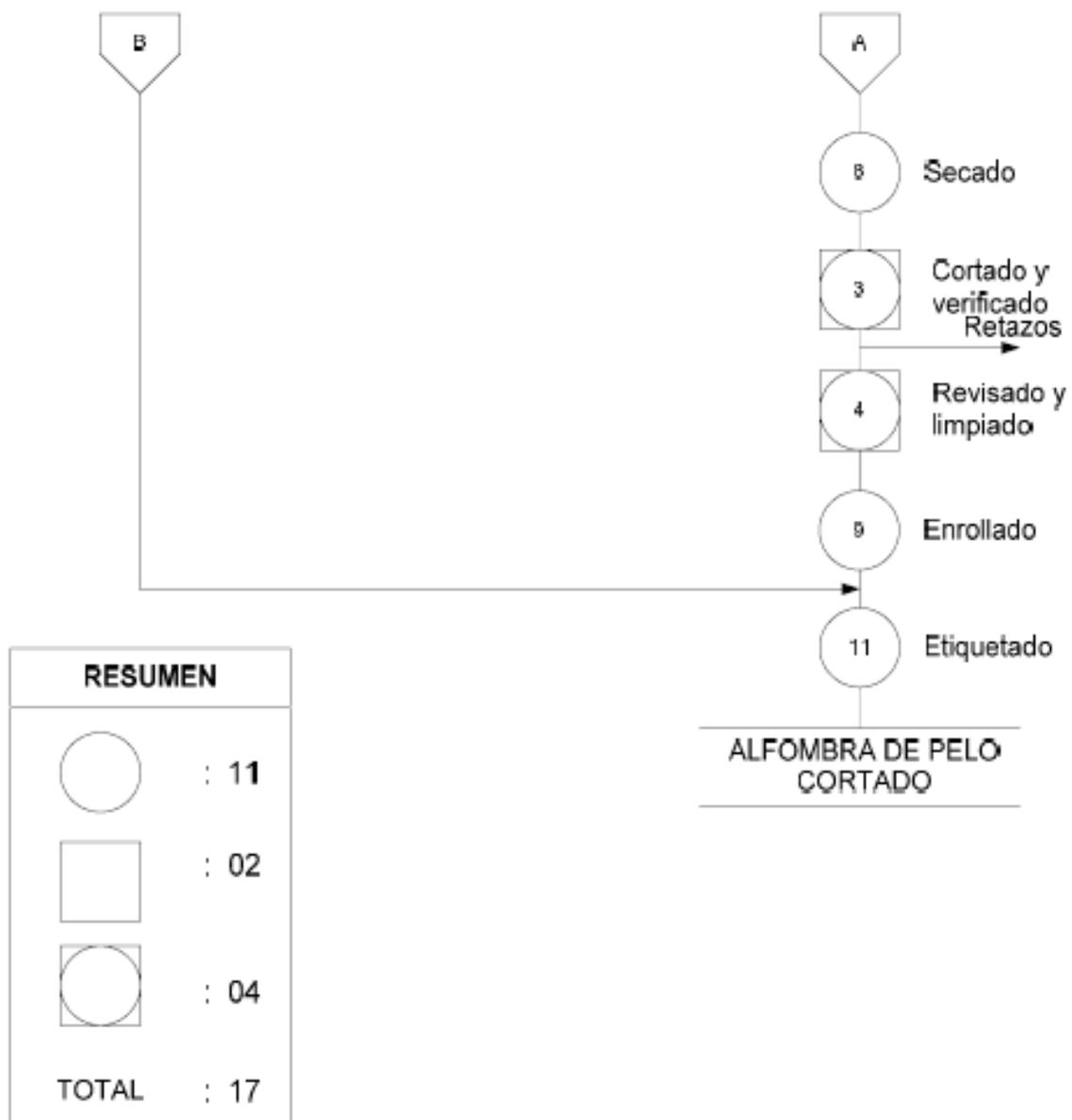


Figura 1.3: Ejemplo de Diagrama de Operaciones.

Fuente: Hiroshi Yague, Colaborador de IncubaNetwork SAC.

Cuando en el diagrama de operaciones se colocan las características del proceso se puede tomar decisiones más pertinentes en cuanto a desempeño pues se logra visualizar mucho más que con el simple diagrama.

CAPÍTULO II: GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

La Gestión de la Producción trata sobre el control y medición de la producción, es una parte muy importante de la administración de la producción puesto que además maneja recursos tanto humanos como capitales basando siempre las decisiones en los resultados producto de las mediciones realizadas al proceso productivo.

Las grandes empresas se han encargado de evolucionar este concepto, en la actualidad el departamento de Gestión de la Producción es el equivalente al departamento administrativo pero en cuestiones de producción y realiza tareas muy delicadas de las que depende el éxito del producto.

La primera tarea de la Gestión de la Producción es diseñar el sistema de producción y una vez diseñado debe ser pulido y probado mediante modelos estadísticos, matemáticos y racionales que pueden evidenciar algún método para mejorar los resultados. Luego viene la etapa de cristalización que lleva a cabo los planes diseñados y mediante las mediciones se puede recolectar información que se contrasta con los resultados esperados llevando de ser necesario nuevamente al rediseño de un plan de producción. Para monitorear y controlar el plan productivo de la empresa es necesario que se diseñen fichas que comuniquen los planes a las partes interesadas, que cuando hablamos de la hoja de producción serían los obreros u operarios encargados de ejecutarla y al mismo tiempo mediante las inspecciones de calidad, el inventario de producto fabricado, etc. se puede recolectar información que luego se transformara en decisiones fruto de análisis profundos.

2.1. Parámetros a medir para el control de la producción

El control de la producción es un factor clave en toda empresa pues es el medio por el que se puede valorar cualitativa y cuantitativamente el cumplimiento o no cumplimiento del plan productivo, documento que seguido a la perfección llevará a la empresa a lograr los objetivos y metas planteadas. El control de la producción tiene tres etapas, la primera es la ejecución del plan de producción, la segunda es medir los resultados obtenidos y compararlos con los resultados esperados, la tercera es tomar la decisión luego de analizar los resultados medidos y aplicar la corrección respectiva oportunamente.

Es importante, por lo tanto, saber cuáles son los parámetros que nos servirán para la retroalimentación del sistema de control, es decir, los parámetros que nos brindarán la información necesaria para tomar una decisión oportuna y eficaz.

Existen tres parámetros importantes que podemos medir en la producción y que, por su similar semántica pueden ser confundidos o considerados como sinónimos por lo que se procede a explicar brevemente su significado para luego ampliar su concepto.

Eficiencia: Dentro del ámbito de la producción, es una medida del uso de recursos frente a los resultados obtenidos así como la relación entre los recursos planificados y los utilizados.

Efectividad: Es una medida del grado de cumplimiento de los objetivos, nos indica que tanto logramos cumplir de lo planificado por ejemplo la cantidad de elementos producidos frente a la cantidad de elementos que se planificó producir.

Eficacia: Es la medida de la efectividad útil, es decir, cuanto de lo producido cumple las características que sabemos satisfarán las exigencias y necesidades de los clientes.

Una vez explicado esto podemos concluir que los tres parámetros nos brindarán una excelente información con la cual podemos tomar decisiones, pero esto no es todo pues ahora que se sabe que es lo que queremos dilucidar con nuestras mediciones, debemos centrarnos en que parámetros medir para obtenerlos.

Para determinar la eficiencia es necesario medir los parámetros que va de acuerdo al concepto mencionado anteriormente, por lo tanto es imperioso que sepamos cuánta materia prima se ha utilizado en la producción, así como los insumos y demás recursos como son electricidad, vapor y energía en general dependiendo del proceso. Para esto se puede tener una idea con la medición de las horas de funcionamiento de la maquinaria que a su vez nos ayudará a saber la cantidad de mano de obra dedicada a la operación de la misma. También es posible medir la materia prima utilizada midiendo los residuos generados, ya sea pesándolos o cuantificándolos y registrando en fichas diseñadas para este fin además se debe contabilizar las piezas construidas con lo que adicionaremos la materia prima existente en las mismas; para los insumos se puede utilizar un proceso similar pues se conoce cuantos insumos se incluyen en el producto terminado. Haciendo un cálculo sencillo se puede determinar, una vez recopilados los datos, cuanto de cada elemento se ha utilizado y cuánto, de estos elementos, se han convertido en producto quedando como resto el desperdicio lo que nos dará una idea de la eficiencia del proceso de producción.

Dependiendo de los objetivos de producción se tomará en cuenta una u otra medida para determinar la eficacia, por ejemplo si el objetivo de la producción fue fabricar un número determinado de un tipo específico de piezas, se deberán cuantificar las mismas, incluyendo las que no cumplen con las características planteadas. Ya que los objetivos

se deben plantear para cada máquina, se utiliza la conocida Hoja de Trabajo que comunica al operario la decisión del departamento de programación de la producción.

Al mismo tiempo que se cuantifican las existencias producidas, se debería clasificar entre las que son útiles y las que no lo son para la venta al consumidor final, para esto se debería clasificar las existencias fabricadas correctamente, las fabricadas incorrectamente y las que serán reprocesadas.

Una vez que se ha llevado a cabo estas mediciones y se han tabulado los datos produciendo información, el departamento de control está listo para analizar los tres parámetros claves para el control efectivo, ahora dependerá de las decisiones que se tomen para corregir los errores.

2.2. Estrategias de medición de los parámetros de control de la producción

Para controlar eficientemente la producción es necesario generar informes que describan eficientemente el estado real en el que se encuentra la misma. Esta información es importante para tomar decisiones administrativas oportunas que corrijan el camino de la producción. Para controlar efectivamente la producción, sobre todo en producciones tipo taller, es importante que se lleve un registro de:

1. Emisión de Órdenes.
2. Inicio y final de operaciones.
3. Movimiento de Órdenes.
4. Información de herramientas, procesos y material.

5. Colas en los centros de trabajo.

Al recopilar estos datos necesarios para el control de la producción se presentan dos opciones que engloban a modo general las estrategias de medición.

La medición manual o mediante registros escritos: esta medición se realiza fuera de lo que se consideraría tiempo real, es decir, luego de mucho tiempo de pasado el evento, el suficiente como para tomar una decisión luego de terminado el proceso en cuestión.

Los informes que se presentan con este método es recomendable cuando la producción es lenta, puede ser el caso de producción en taller donde cada proceso es la producción de un sistema completo en uno o unos pocos lugares de trabajo. Puesto que la producción es lenta se puede tomar las decisiones una vez generado el informe respectivo. El informe puede ser elaborado por el mismo obrero con la respectiva capacitación, siempre y cuando el informe esté debidamente planificado para ser sencillo y rápido de llenar.

Al final del lote de producción se puede generar un informe de excepciones que una vez analizado se utilizaría para la generación de correctivos que incrementarían la eficiencia para el siguiente lote.

La medición electrónica tiene varias ventajas sobre la medición manual desde el hecho que se puede generar informes en tiempo real, es decir, al momento mismo de la elaboración del producto. Es conveniente utilizar cuando la producción es rápida y se desea controlar pieza por pieza. Se puede realizar de dos formas la recopilación de datos mediante procedimientos electrónicos, la primera es de forma manual, cuando el

operador tiene que presionar algún botón del terminal de control de producción (TCP) para ingresar el dato en el dispositivo. La segunda opción es la recopilación de datos mediante sensores teniendo así las ventajas de la automatización reducción de tiempo, costos y eliminación de engaños. Además recopilando datos mediante sensores se puede aplicar a la producción en maquinaria automatizada y por lo tanto se aprovecha aún el tiempo de producción.

2.3. Diseño de la orden de producción

La orden de producción es un documento por demás importante en las empresas, ya sean estas prestadoras de servicios o productoras de bienes. Actualmente existe una gran utilización de este documento en las grandes, medianas y pequeñas industrias pues se ha demostrado que su uso es verdaderamente útil para el control de la producción, en primer lugar debido a que comunica al operario la información necesaria para la fabricación de una u otra parte o pieza y si se la diseña correctamente, combinándola con otros documentos, puede servir para recopilar datos que servirán de base para decisiones claves en la producción.

Dependiendo de la necesidad de cada empresa, se puede diseñar la orden de producción teniendo siempre en cuenta que debe ser clara, fácil de interpretar, concisa y al mismo tiempo debe presentar toda la información necesaria para la ejecución de una actividad. Una orden de producción mal diseñada puede ser contraproducente pues al crear confusión en el operario de la máquina no se logrará eficacia, efectividad y eficiencia que es lo que busca el departamento de producción.

Básicamente la orden de producción debe indicar la cantidad requerida de piezas o productos que se desea elaborar, el tiempo en el que se desea hacerlo y la máquina en la que se va a realizar; pero como se comentaba anteriormente, se puede añadir más

información que facilite el entendimiento y ejecución de la orden, entre otros se puede añadir:

- Hojas de rutas.
- Materiales.
- Planos y características del producto.
- La mano de obra necesaria.
- Códigos.
- Etc.

Las hojas de rutas indicarán el recorrido que ha seguido la orden de producción, es decir, la ruta que la materia prima ha seguido hasta llegar a la máquina actual, esto puede servir para controlar en cualquier momento el flujo del producto a través del sistema de producción y generar informes en caso de recibir material o producto no terminado en mal estado.

Los vales de materiales indican los recursos que se tomarán para la transformación del material en la máquina actual, lo que da una idea al operario de cómo debe abastecerse para cumplir la orden rápidamente, ahorrando tiempo previniendo paros por falta de material al momento de construir.

Los planos especifican características del producto y pueden servir sobre todo a operarios inexpertos a realizar una inspección de calidad en el puesto de trabajo o en el

caso de empresas que realizan productos bajo pedido para ejecutar correctamente su trabajo así este sea cambiante.

Cuando se especifica en la orden la mano de obra necesaria se puede lograr un flujo dinámico de la misma, se facilita la asignación de operarios a diversas máquinas según sea la necesidad, aunque esto significa tener un mayor cuidado en la planificación de la producción.

Además de estos elementos se suele añadir firmas de autorización, firmas de cumplimiento y firmas de revisión que abalan la realización del trabajo anterior sobre el producto que llega como materia prima al proceso.

Con todas estas opciones en mente se debe diseñar una ficha de orden de trabajo que contenga la información meramente necesaria para el proceso sin exagerar con datos que no brindan información.

Actualmente, gracias a los avances electrónicos, informáticos, de redes y comunicaciones, se puede contar con órdenes de producción electrónicas que combinadas con fichas de control de producción, también electrónicas, pueden facilitar enormemente el control de la producción pues mediante sensores se pueden realizar tomas de datos en tiempo real y estos ser transmitidos directamente al departamento de producción donde se monitorea el avance del trabajo.

A continuación se presenta un diseño sencillo de una orden de producción que puede ser modificada para adaptarse a las necesidades de tal o cual empresa.

Orden de Producción		N°	
Fecha:		Cantidad:	
Máquina:		Artículo:	
Operario:			
Observaciones:			

Tabla 2.1: Ejemplo de Orden de Producción Básica. Fuente: Autores.

Es una buena práctica que la información más relevante se resalte ya sean con el tamaño de letra o con un distintivo especial para que el operario pueda fácilmente identificar los parámetros importantes mientras realiza su trabajo.

2.4. Diseño de los informes de producción

Como se comentó anteriormente existen cinco informes esenciales para el control de producción, a continuación se detalla cada uno de estos.

Estado de órdenes emitidas:

Mediante este informe se da a conocer el estado actual de la orden que ha sido emitida a una máquina o un grupo de estas.

En el informe debe constar el número o código de identificación de la o las partes, una descripción de la misma, el número de orden, la terminal a la cual fue asignada, fecha de emisión y tiempo medido real de ejecución de cada ítem de la orden.

Estado de las órdenes no emitidas: Este informe detalla las órdenes retrasadas y la razón por la cual se retrasó.

Informe de prioridades de programación: como su nombre lo indica en este informe se detalla el orden que seguirá la producción.

Informe de excepciones: este informe incluye información tal como desperdicios, repetición del trabajo y órdenes retrasadas. Mediante este informe se toman acciones correctivas para la siguiente orden de trabajo donde se buscará reponer los productos desechados, reprocesar los pendientes y ejecutar faltantes.

Informe de sumario de desempeño: Este informe es un consenso de los informes anteriores pero en un tiempo determinado mucho más largo como ser un resumen mensual o semanal de las actividades. En este informe se debe presentar un sumario de desempeño de la producción, así como las demoras existentes con su respectiva justificación.

En las figuras siguientes se muestran ejemplos de informes que pueden servir para la producción de piezas.

Número de parte	Descripción	Orden	Cantidad		Planeada		Real		Tiempo
			Ordenada	Terminada	Fecha Emisión	Fecha Entrega	Fecha Emisión	Fecha Entrega	

Tabla 2.2: Informe de Órdenes Emitidas. Fuente: FOGARTY BLACK HOFFMAN, “Administración de la Producción e Inventarios”, 1999.

Número de parte	Descripción	Orden	Tipo	Cantidad	Planteada		Causa
					Fecha de Emisión	Fecha de Entrega	

Tabla 2.3: Informa de Órdenes No Emitidas. Fuente: FOGARTY BLACK HOFFMAN, “Administración de la Producción e Inventarios”, 1999.

Número de Orden	Número de parte	Cantidad	Operación(es)	Causa	
Fecha Número de Orden	Número de parte	Cantidad	Tiempo restante de operación	Tiempo restante de Cola	Causa

Tabla 2.4: Informe de excepciones. (Desperdicios, Repetición de trabajo y Órdenes Tardías). Fuente: FOGARTY BLACK HOFFMAN, “Administración de la Producción e Inventarios”, 1999.

Se debe tener en cuenta que el exceso de informes puede restar importancia a los mismos.

CAPÍTULO III: COMUNICACIONES EN EL PRODUCTO.

Debido a la naturaleza del producto fue necesario incorporar varios protocolos de comunicación para la transferencia de datos entre dispositivos. Puesto que por cada módulo TCP existen dos microcontroladores, encargados el uno (PIC18F4550) de la toma y procesamiento de datos provenientes del exterior y el segundo (PIC18F4480) para visualizar resultados y transferirlos al enrutador de comunicaciones, se presenta la necesidad de enlazarlos entre ellos. Para esto se utilizó la transmisión serial bajo el protocolo RS-232 por la versatilidad tanto en software como en hardware. La transmisión del módulo TCP con el Computador se realizará mediante una transmisión serial pero en este caso bajo el protocolo BUS-CAN debido a la alta inmunidad al ruido eléctrico y la versatilidad de implementación en cuando al software. La transmisión entre el computador y el módulo TCP se realizó mediante un enrutador de comunicaciones que transforma el protocolo USB a BUS-CAN.

3.1. Protocolo de Comunicación entre el TCP y el Enrutador de Comunicaciones.

Como se comentó anteriormente el TCP y el Enrutador de Comunicaciones se comunican mediante el protocolo serial BUS-CAN, cuyas aplicaciones industriales son bastante extensas debido a su alto nivel de inmunidad al ruido, alta velocidad y gran distancia permitida para la transmisión.

Aunque la transmisión CAN tiene un protocolo definido de comunicación, es necesario diseñar un orden y una señalización, en alto nivel, para indicar el significado de los datos que se están transmitiendo, cómo se está realizando la transmisión y qué significa cada dato. Esta señalización es simple y es diseñada a partir de la necesidad individual del proyecto. A continuación se muestra un diagrama de flujo que debe seguir la

comunicación para asegurar la correcta aplicación del protocolo y por ende la correcta interpretación de los datos.

Orden/Comando	TCP		Enrutador de Comunicaciones	
	Recibe	Envía	Recibe	Envía
Enviar Orden de Trabajo	O			O
		O	O	
	#Filas			#Filas
		#Filas	#Filas	
	#Caracteres del Nombre del Elemento			#Caracteres del Nombre del Elemento
		#Caracteres del Nombre del Elemento	#Caracteres del Nombre del Elemento	
	1er Caracter			1er Caracter
		1er Caracter	1er Caracter	

		
	#Caracteres del Número de Elementos			#Caracteres del Número de Elementos
		#Caracteres del Número de Elementos	#Caracteres del Número de Elementos	
	1er Carácter			1er Caracter
		1er Caracter	1er Caracter	

	#Caracteres de los msegundos permitidos			#Caracteres de los msegundos permitidos
		#Caracteres de los msegundos permitidos	#Caracteres de los msegundos permitidos	
	1er Caracter			1er Caracter
		1er Caracter	1er Caracter	

		
	#Caracteres de los msegundos permitidos			#Caracteres de los segundos permitidos
		#Caracteres de los msegundos permitidos	#Caracteres de los msegundos permitidos	
	1er Caracter			1er Caracter
		1er Caracter	1er Caracter	

		
	#Caracteres de los segundos permitidos			#Caracteres de los segundos permitidos
		#Caracteres de los segundos permitidos	#Caracteres de los segundos permitidos	
	1er Caracter			1er Caracter
		1er Caracter	1er Caracter	

		
	#Caracteres de los minutos			#Caracteres de los minutos

	permitidos			permitidos
		#Caracteres de los minutos permitidos	#Caracteres de los minutos permitidos	
	1er Caracter			1er Caracter
		1er Caracter	1er Caracter	

		
Siguiente fila de la Orden de Trabajo (En caso de existir)	#Caracteres del Nombre del Elemento			#Caracteres del Nombre del Elemento
		#Caracteres del Nombre del Elemento	#Caracteres del Nombre del Elemento	
	1er Carácter			1er Carácter
		1er Carácter	1er Carácter	

		
Recibir Datos Medidos	D			D
		D	D	
	#Caracteres del Nombre del Elemento			#Caracteres del Nombre del Elemento
		#Caracteres del Nombre del Elemento	#Caracteres del Nombre del Elemento	
	1er Caracter			1er Caracter
		1er Caracter	1er Caracter	

	#Caracteres del Número de Elementos Realizados			#Caracteres del Número de Elementos Realizados
		#Caracteres del Número de Elementos Realizados	#Caracteres del Número de Elementos Realizados	
	1er Carácter			1er Carácter
		1er Carácter	1er Carácter	

		
Se sigue la misma lógica para # Elementos Correctos, incorrectos, por reprocesar, tiempo por pieza y tiempo de funcionamiento de la maquinaria...				

Tabla 3.1: Cronograma de comunicaciones entre el TCP y el Enrutador de Comunicaciones. Fuente: Autores.

Existen dos tipos de comandos que el computador puede enviar al TCP, la primera es la petición de orden de trabajo asignada y la segunda es que envíe los datos medidos durante el proceso de ejecución de la orden previamente enviada.

Antes de empezar cualquier comunicación entre los dispositivos es necesario que se establezca la dirección de la máquina a la que va dirigida la orden, para que ninguna

otra máquina ocupe el canal de comunicación. Por lo que el Software de control debe saber a qué dispositivo van dirigidos los datos.

3.2. Protocolo de Comunicación entre el Enrutador de Comunicaciones y el Computador.

En la actualidad se han desechado, sobre todo de los computadores portátiles, los puertos paralelos y seriales debido a su lentitud de transmisión y complejidad en el manejo para el usuario final por lo que se ha visto indispensable implementar la transmisión USB pues cumple con varias propiedades ventajosas para el usuario como la conexión y desconexión en funcionamiento, velocidades altas de transmisión y confiabilidad en la entrega de datos.

Gracias al software compilador MikroC Pro se logró manipular el puerto USB 2.0 tomando como driver el provisto por el software gratuito EasyHID que en base a los datos ingresados, genera una colección de funciones agrupadas en un archivo .VB que permite la manipulación de dicho puerto mediante el software VisualBasic 2010.

Para el microcontrolador se utilizaron sub rutinas de código provistas en el mismo compilador, las cuales inicializan y terminan la transmisión USB en modo HID (Human Interface Device) y generan una interrupción al recibir un dato o una notificación del bus de datos. La velocidad de transmisión es media y está en el orden de los Mbps teniendo como velocidad nominal 12Mbps.

Puesto que el PC es el módulo Maestro, está encargado de manejar la orquesta de datos que se generan en cada dispositivo. Una vez que el usuario ha cargado las ordenes de trabajo en el computador, se procede a enviarlas a los diferentes destinos, para eso se

debe seguir el protocolo que se muestra a continuación y de esta manera evitar errores o confusiones.

Orden/Comando	PC		Enrutador de Comunicaciones	
	Recibe	Envía	Recibe	Envía
Establece Comunicación		Dirección Máquina	Dirección Máquina	
	Dirección Máquina			Dirección Máquina
De aquí en adelante se sigue el mismo protocolo de la tabla 3.1				
Eliminar Enlace		Ä	Ä	
	Ä			Ä

Tabla 3.2: Cronograma de comunicaciones entre el computador y el Enrutador de Comunicaciones. Fuente: Autores.

Para indicar el fin de la comunicación con determinado dispositivo se envía un carácter que indique dicho objetivo. Luego de esto se libera nuevamente el bus para que sea utilizado por los dispositivos.

3.3. Comunicación Interna de los Módulos TCP.

Los módulos TCP se comunican internamente mediante protocolo RS-232 aprovechando los módulos internos disponibles en los microcontroladores utilizados en el TCP puesto que facilita mucho y por ende agiliza la programación logrando un producto más robusto, pues se eliminan los errores en la programación, y confiable. Para la comunicación serial RS-232 simplemente se conecta el transmisor del microcontrolador master con el receptor del microcontrolador esclavo y viceversa.

El protocolo de comunicación es muy simple pues solo son dos dispositivos los que se comunican, como se realizó anteriormente todo dato enviado es retransmitido al origen para confirmar la lectura. Por esta vía se envían los datos recogidos como son el tiempo demorado en construir una pieza, la cantidad de minutos, segundos y horas de funcionamiento de la máquina, piezas construidas, correctas, incorrectas y por reprocesar.

Además siguiendo la lógica anterior, se transmite de dato en dato enviando el número de caracteres que corresponda como un dato más.

CAPÍTULO IV: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TCP

El módulo TCP (Terminal de Control de Producción) cumple cuatro tareas en el sistema, la primera es recoger datos del exterior, la segunda es visualizar los datos recolectados y los datos recibidos desde el computador, la tercera es procesar los datos recibidos y compararlos con los esperados para generar las alarmas que guiarán al obrero en la producción y la cuarta es transmitir los datos recolectados del exterior hacia el computador procesándolos previamente, además que debe interactuar con el operario teniendo como salida la visualización y como entrada un teclado de control que permita navegar en las distintas opciones del sistema.

A modo de resumen se muestra a continuación la tabla de propiedades del Módulo TCP.

Propiedad	Característica				
Entradas	1	Analógica	1	Horómetro	110 Vac
	4	Digitales	1	Pieza Fabricada	1 – 10 Vcc
			1	Pieza Correcta	1 – 10 Vcc
			1	Pieza Incorrecta	1 – 10 Vcc
			1	Pieza por Reprocesar	1 – 10 Vcc
Comunicación Interna	RS-232	PIC18F4550	1 Módulo Disponible	PIC18F4480	1 Módulo Disponible
Comunicación Externa	BUS-CAN	PIC18F4550	-----	PIC18F4480	1 Módulo Disponible
Visualización	Display	Semaforización	Semaforización		

	16x2	n de Cumplimiento de Tiempos	n de Cumplimiento de Producción		
Entrada de Navegación Teclado Matricial de 4x4 Teclas	A	Aceptar	1	Horómetro	
	2	Cronómetro	3	Piezas Fabricadas	
	4	Piezas Correctas	5	Piezas Incorrectas	
	6	Piezas por Reprocesar	*	Siguiente	
	#	Anterior			
Procesadores	1	PIC18F4550	8 MHz Externo		
	1	PIC18F4480	4 MHz Interno		
Pulsador de Inicio	Tipo Industrial				
Conectores	Tipo Bornera				
Indicadores de Funcionamiento	LED de Encendido				

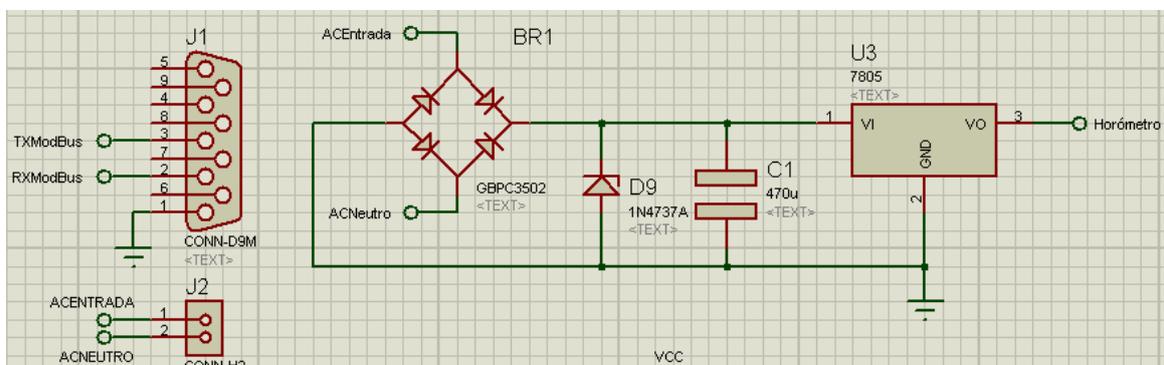
Tabla 4.1: Propiedades del Sistema. Fuente: Autores.

Tomando en cuenta estos precedentes se dio arranque al diseño del módulo lo cual se explica en el siguiente apartado.

4.1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

Basado en la teoría mencionada, en el capítulo I y II, el TCP tiene dos entradas digitales de las cuales dos son temporizadas y cuatro funcionan como contadores de ciclos. De esta forma se podrá registrar el tiempo de encendido de la máquina (Horómetro), el tiempo que se demora el operario en un ciclo productivo y se pueden contabilizar las piezas terminadas, correctas, incorrectas y que deben ser reprocesadas.

Para el horómetro se tomará la señal de alimentación de la máquina en cuestión, sin importar si es esta de corriente continua o alterna puesto que al ingreso se encuentra un circuito de rectificación que bajará el voltaje a 5Vdc sin necesidad de la presencia de un transformador como se muestra en el siguiente esquema:

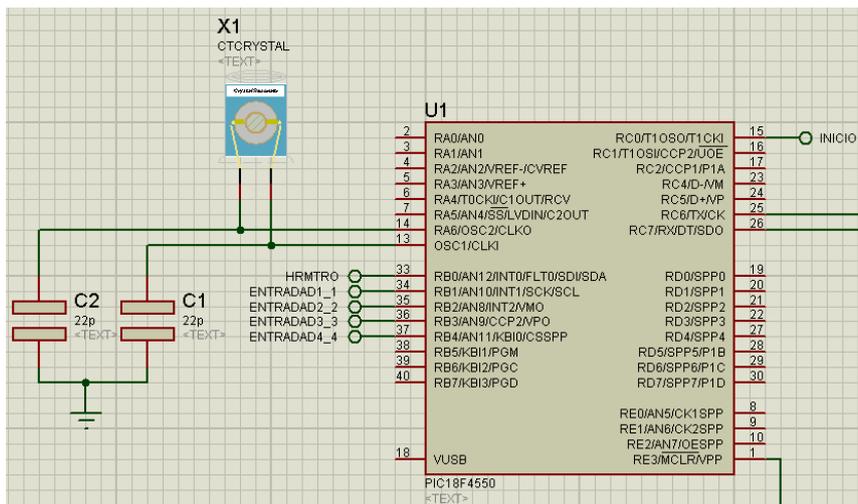


Esquema 1: Circuito Rectificador de Onda Completa sin transformador. Fuente: Autores.

Donde el diodo zener reducirá el voltaje rectificado por el puente de Gretz entregando 12Vdc, el condensador reduce el rizo de la onda y el integrado regulador LM7805 protege de posibles sobre voltajes al microcontrolador.

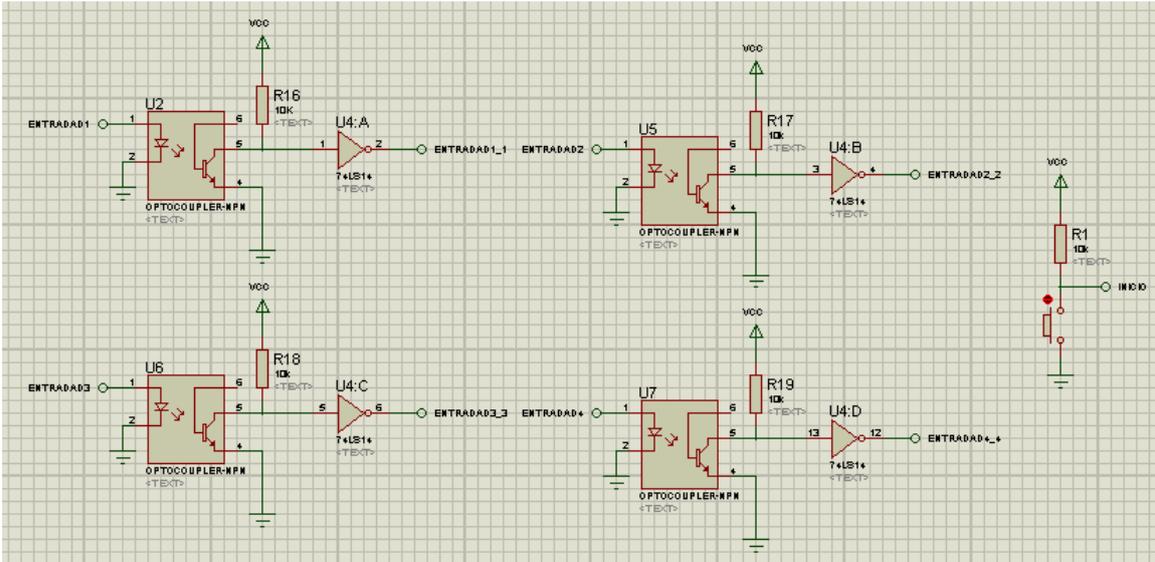
Al tomar la señal el microcontrolador inicia inmediatamente el temporizador cero que está configurado para desbordarse cada segundo, el procesamiento de la información se detalla en la programación y da como resultado el conteo de Horas, minutos y segundos de funcionamiento de la máquina.

Para el cronómetro del tiempo de ciclo de producción se toma en cuenta dos condiciones, la primera es que el trabajo haya sido iniciado, es decir, que se haya pulsado el botón de inicio, lo que da inicio al temporizador uno que se desborda cada milisegundo, y el segundo es que se active el sensor de pieza terminada lo cual reinicia el reloj y aumenta el conteo de las piezas realizadas reiniciando automáticamente el temporizador.



Esquema 2: Asignación de Pines del MicroControlador para las entradas digitales.

Fuente: Autores.



Esquema 3: Circuito de registro de activación de sensores para las entradas digitales del sistema. Fuente: Autores.

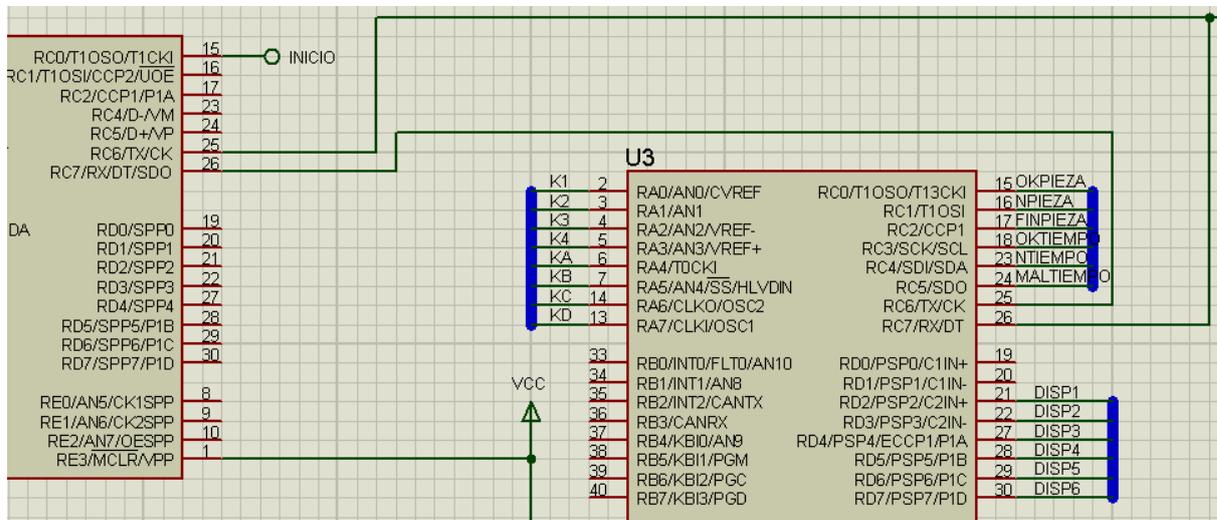
De esta forma se registran minutos, segundos y milisegundos que el operario se demora en realizar un ciclo productivo. Al mismo tiempo se toma medida de la cantidad de piezas realizadas y la respectiva clasificación producto de una inspección de calidad.

Para asegurar un correcto voltaje de ingreso al puerto se implementaron varias compuertas NOT TRIGGER SMITH, además con el fin de permitir distintos dispositivos sensores que manejen voltajes mayores o menores a 5Vdc se utilizó al ingreso un optoacoplador que, dependiendo de la resistencia de polarización del diodo interno, puede convertir cualquier voltaje continuo en 5Vdc protegiendo al microcontrolador de excesos de tensión.

4.2. Diseño y Construcción del circuito de comunicación.

Para el TCP fue necesario implementar dos comunicaciones, la interna (Entre MicroControladores del mismo equipo) y la externa (Entre el TCP y el enrutador de comunicaciones). Para la comunicación interna se utilizó un protocolo RS-232 por el ahorro de recursos, en este caso puertos, ya que solamente se necesitan dos pines al mismo tiempo que se aprovecha la ventaja de tener un módulo para dicha comunicación incorporado en el microcontrolador y de tener librerías que nos faciliten la implementación en el software del microcontrolador mediante el compilador MikroC PRO.

Para la comunicación RS-232 simplemente se conecta el PIN TX del MicroControlador PIC18F4550 con el PIN RX del MicroControlador PIC18F4480 y viceversa sin ningún otro dispositivo de por medio como se muestra en el esquema 4.



Esquema 4: Circuito de conexión para transmisión RS-232 entre dos MicroControladores con módulos RS-232 incorporado. Fuente: Autores.

Para la comunicación externa se utilizó el módulo integrado para transmisión CAN del MicroControlador PIC18F4480, razón por la cual se escogió este dispositivo para el desarrollo del sistema, y el módulo MCP2551 que es un adaptador de señales para transmisión BUS-CAN de larga distancia.

4.3. Diseño y construcción del circuito de visualización.

Una parte muy importante del sistema es la visualización de los datos recolectados como una manera de informar al operario del progreso de sus labores ya sea como una manera de estimulación o autocontrol del trabajo.

Para controlar la visualización de las mediciones se utilizó el microcontrolador PIC18F4480 que es el encargado además de procesar la información recibida como orden de trabajo y la información recibida mediante la transmisión interna entre microcontroladores.

En primer lugar se utilizó un Display de 16X2 caracteres en donde se visualizarán diez tipos de pantallas que se enumeran a continuación:

- 1.- Existencia o inexistencia de una orden de trabajo asignada a la máquina.

- 2.- Orden de Trabajo recibida para la máquina: se muestran las piezas y cantidades asignadas una por pantalla.

- 3.- Datos del Horómetro.

- 4.- Datos del Cronómetro de ciclos de producción.

5.- Contador de Piezas Construidas.

6.- Contador de Piezas Construidas Correctamente.

7.- Contador de Piezas Construidas con Fallo.

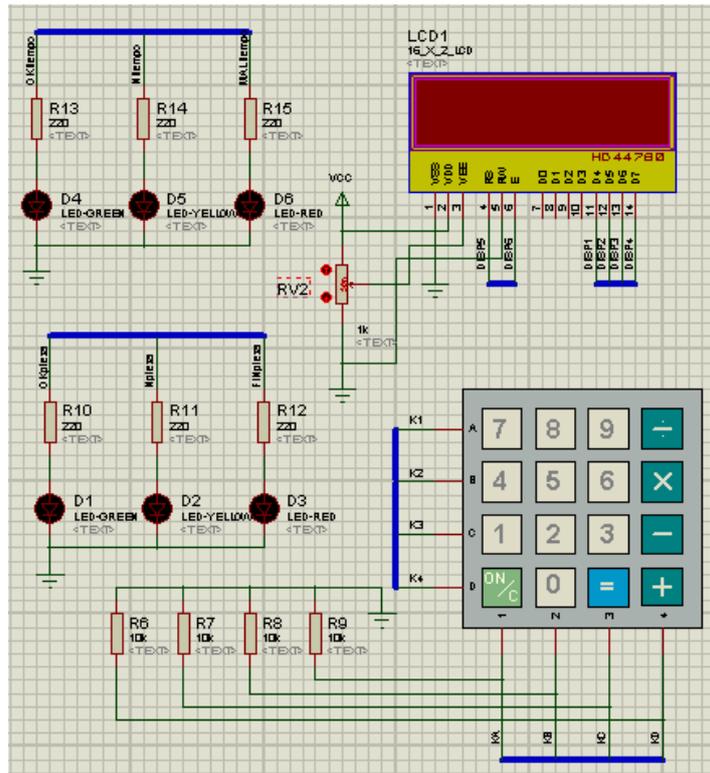
8.- Contador de Piezas Construidas y que deben ser reprocesadas.

9.- Menú no disponible.

El control del dispositivo se maneja mediante un teclado matricial de 4x4 teclas dejando teclas libres para posteriores versiones del sistema donde se busca implementar algunas funciones más.

El sistema consta de dos semaforizaciones, la primera indica si el operario está dentro del tiempo de ciclo de producción presupuestado para la pieza que se está produciendo y el segundo indica si el operario está llegando al final del pedido de la orden de producción.

El esquema de visualización, control del dispositivo y semaforización se muestra a continuación en el esquema 6.



Esquema 6: Circuito de Visualización, Control del sistema mediante teclado matricial de 4x4 teclas y Semaforización. Fuente: Autores.

CAPÍTULO V: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL ENRUTADOR DE COMUNICACIONES

El enrutador de comunicaciones cumple el papel de traducir los datos salidos del puerto USB del PC a protocolo CAN, dirigiéndose al dispositivo correcto ya que en esta transmisión varios dispositivos pueden estar enganchados al mismo canal sin necesidad de HUBs o Switches para la comunicación. Por lo tanto este módulo simplemente necesita un microcontrolador capaz de recibir datos en protocolo USB y transmitirlos vía serial RS-232 y un microcontrolador que interprete los datos seriales y los pueda enviar vía CAN, obviamente como la dirección es enviada primero, el segundo microcontrolador está programado para tomar este primer dato como la dirección del dispositivo al que se quiere llegar.

Para la transmisión USB solamente es necesario hacer las conexiones pertinentes al conector USB y al microcontrolador, se utilizó un Cristal de 8 Mhz y la alimentación se toma directamente del puerto USB ya que el consumo de corriente del circuito no es mayor a los 500mA.

Para la transmisión CAN es necesario utilizar el adaptador de alta velocidad MCP2551 igual que en los módulos TCP. Se utilizó el oscilador interno del microcontrolador configurado en 4Mhz.

5.1. Diseño y construcción del Circuito de comunicación con los TCP.

Puesto que la comunicación con los TCP se hará mediante transmisión BUS-CAN se necesita el adaptador MCP2551 como complemento para el circuito de transmisión, este

chip adapta el voltaje de las señales que deben estar en el canal para asegurar que no existan errores en la transmisión tales como pérdidas de información entre otros.

Lamentablemente en PROTEUS, que es el software de simulación utilizado, no existe el integrado adaptador MCP2551 pero con fines de representación esquemática del circuito se utilizó un integrado de 8 pines, el cual se conectó de la misma manera que el integrado en cuestión.

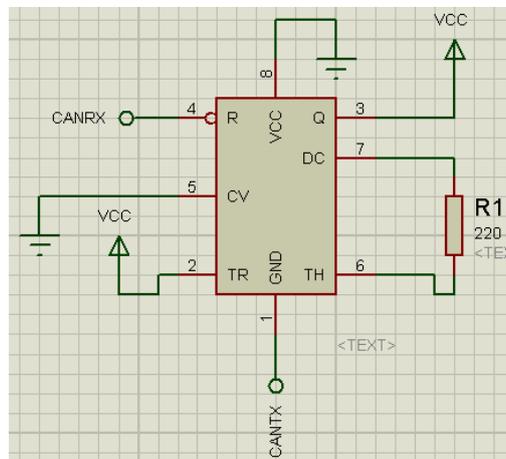


Figura 5.1 Conexiones del Integrado MCP2551. Fuente: Autores.

El canal de transmisión de datos se conecta a los pines 7 y 6 en paralelo a la resistencia de 220 ohms.

En todo módulo, que se desee conectar al canal de datos, es necesario este integrado para asegurar la conexión.

Cabe recalcar nuevamente que el integrado manejador de la transmisión CAN es el PIC18F4480 que tiene un módulo interno para el manejo de este tipo de comunicación.

Los datos dentro del enrutador de comunicaciones son enviados a través de este micro controlador. Por lo que el circuito es diseñado de la siguiente manera.

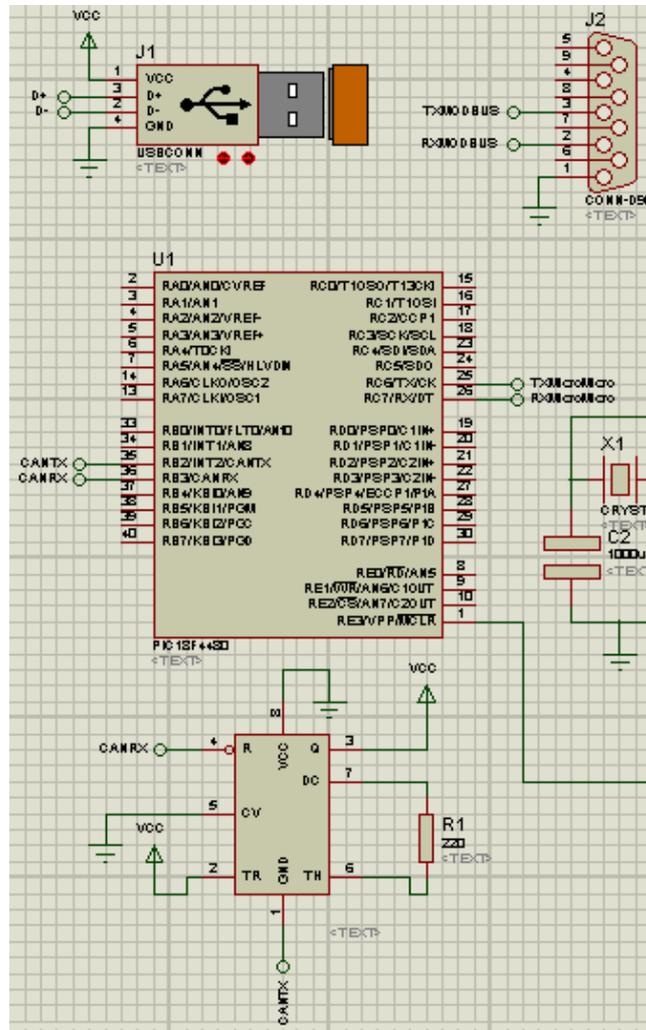


Figura 5.2: Circuito encargado de la transmisión CAN entre Enrutador de comunicaciones y los TCP. Fuente: Autores.

Con un cristal de 4Mhz interno, el micro controlador gestiona los datos que vienen desde el computador, y que pasan por el integrado decodificador USB, para entregar los datos corrector al receptos indicado mediante el adaptador de red CAN MCP1551 que se conecta al exterior mediante un DB-9, que es un conector para transmisión serial.

5.2. Diseño y construcción del Circuito de comunicación entre el Enrutador de Comunicaciones y el computador.

La comunicación entre el PC y el resto de dispositivos del sistema comienza con la transmisión serial tipo USB. Para esto es necesario cumplir con ciertos requisitos empezando desde que el integrado que gestionará la transmisión debe, necesariamente, tener internamente un módulo especializado en esta tarea, que cumpla con la velocidad adecuada de reloj.

El circuito modelo para la gestión de datos mediante transmisión USB es el que se observa a continuación:

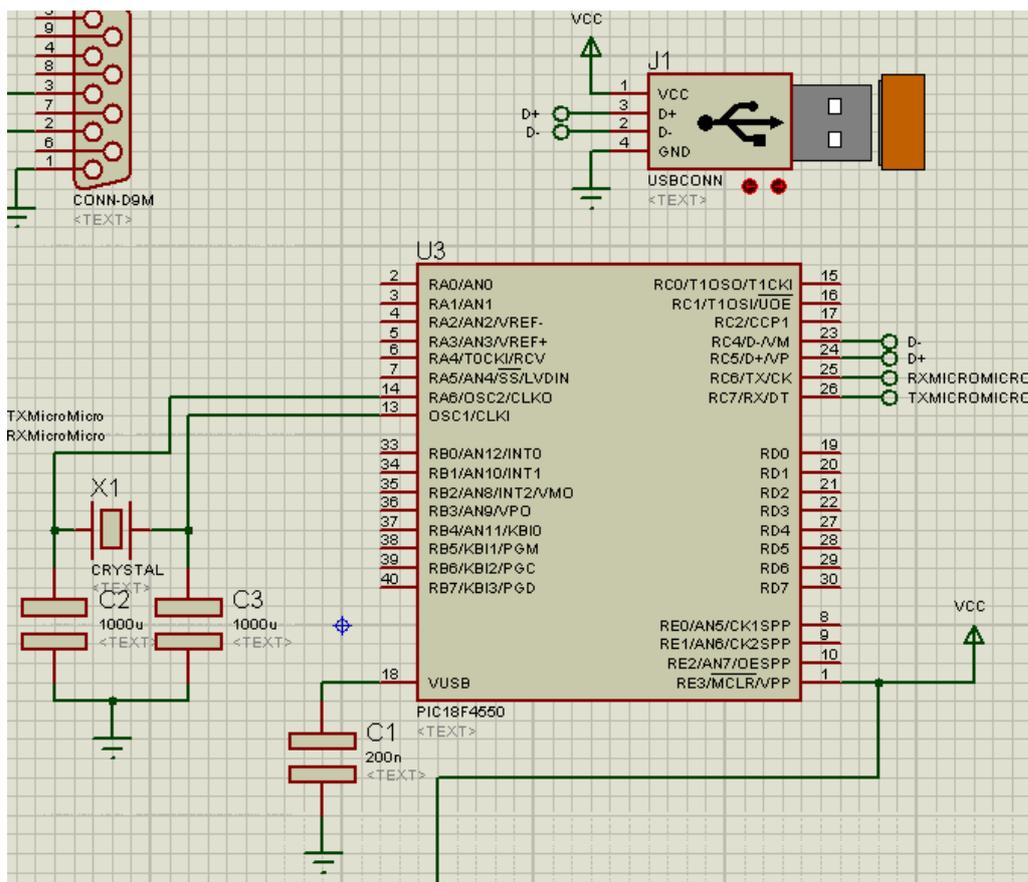


Figura 5.3: Circuito tipo para implementación de transmisión USB PC-Micro Controlador. Fuente: Autores.

Este circuito es el mismo que se utilizó en el desarrollo del producto y tiene la función de recibir datos desde el PC para enviarlos mediante protocolo RS-232 al micro controlador que gestiona la comunicación CAN. Este integrado cumple solamente la función de traducir los datos que llegan desde el computador, mientras que el micro controlador encargado de la transmisión CAN necesita conocer hacia qué dispositivo van dirigidos los datos para según eso enviar uno u otro identificador. Cabe aclarar que el micro controlador también transforma inversamente los datos, es decir, de RS-232 a USB por lo que se puede dar una comunicación dúplex.

Debido a que la corriente consumida por los circuitos es menor a los 50 mA, se tomó la decisión de alimentar la placa con el mismo BUS USB así que el sistema es autoalimentado.

CAPÍTULO VI: DISEÑO DEL SOFTWARE CONTROLADOR

El software que controla el sistema, fue desarrollado en Visual Basic .NET 2010. Un compilador bastante predictivo que facilita mucho la tarea de escribir código. Este programa está completamente orientado a objetos y tiene la ventaja de generar archivos de instalación, base de datos internas, entre otras cosas.

Para la transmisión USB se utilizó una librería abierta generada en el programa EasyHID, que genera código para Visual Basic 6.0, y que tuvo que ser transformada o traducida al nuevo entorno de desarrollo que utiliza .NET frame work.

Para el diseño del software controlador se siguió una secuencia lógica de procesos para asegurar la funcionalidad del mismo. En primer lugar se llevó a cabo el diseño de la base de datos, luego la interfaz gráfica de usuario y al final la implementación del software per se.

Como se propuso en el anteproyecto, el fin u objetivo de este sistema es enviar y recibir datos que nos brinden información de lo que está ocurriendo en el sistema. En primer lugar el software debe registrar las órdenes de trabajo que se necesita ejecutar, luego se necesita enviar dicha orden y por último es necesario que el software registre el avance de las ordenes enviadas.

Para cumplir con los requerimientos expuestos anteriormente es necesario tener claro que el computador dirigirá esta orquesta de información, por lo que todos los dispositivos obedecerán a la PC, entonces se podría decir que el computador es el maestro y los dispositivos los esclavos.

6.1. Diseño e implementación de la Base de Datos.

Para diseñar la base de datos, no solo de este producto sino de cualquier proyecto en general, es necesario que se conozca qué información se va a requerir en un determinado momento. Para el caso del producto en cuestión, necesitaremos consultar, a groso modo, si una orden fue o no enviada.

Partiendo de la idea que se necesitará conocer las máquinas que están vinculadas al sistema, será necesario crear una tabla que contenga los nombres y las claves de las mismas. Por lo que se diseñó el siguiente elemento cuyos campos son: Máquina y Descripción, donde Máquina hace referencia a la clave principal y es el código de la misma mientras que en Descripción se almacenarán datos que describan la máquina como por ejemplo el nombre o la actividad que realiza en el proceso de producción.

	Nombre de columna	Tipo de datos	Permitir val...
▶	Maquina	nvarchar(10)	<input type="checkbox"/>
	Descripcion	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Figura 6.1: Definición de Tabla Máquinas. Fuente: Autores.

En la figura 6.1 se puede observar los campos de la tabla máquinas mientras que en la figura 6.2 y 6.3 se detallan los tipos de datos permitidos en el campo máquina y descripción respectivamente.

(Nombre)	Maquina
Longitud	10
Permitir valores NULL	No
Tipo de datos	nvarchar
Valor o enlace predeterminado	
▲ Diseñador de tablas	
Conjunto de columnas	No
Descripción	
Determinístico	Si
Disperso	No
▶ Especificación de columna calculada	
▶ Especificación de identidad	No
▶ Especificación de texto completo	No
Indizable	Si
Intercalación	<base de datos predeterminada>
No disponible para replicación	No
Publicado por combinación	No
Publicado por DTS	No
Replicado	No
RowGuid	No
Suscriptor que no es de SQL Server	No
Tamaño	20
Tipo de datos comprimido	nvarchar(10)

Figura 6.2: Propiedades del Campo Máquina de la tabla Máquinas. Fuente: Autores.

(Nombre)	Descripcion
Longitud	50
Permitir valores NULL	Si
Tipo de datos	nvarchar
Valor o enlace predeterminado	
▲ Diseñador de tablas	
Conjunto de columnas	No
Descripción	
Determinístico	Si
Disperso	No
▶ Especificación de columna calculada	
▶ Especificación de identidad	No
▶ Especificación de texto completo	No
Indizable	Si
Intercalación	<base de datos predeterminada>
No disponible para replicación	No
Publicado por combinación	No
Publicado por DTS	No
Replicado	No
RowGuid	No
Suscriptor que no es de SQL Server	No
Tamaño	100
Tipo de datos comprimido	nvarchar(50)

Figura 6.3: Propiedades del Campo Descripción de la tabla Máquinas. Fuente: Autores.

Sabiendo que otro elemento importante en el proceso productivo es el producto final, se puede decir que es necesario que se almacenen los tipos de productos finales que obtendremos en cada máquina. Por ello se diseñó una tabla que contenga estos datos. Al igual que la maquinaria, de este elemento es necesario conocer solamente dos

características que son: el código de la pieza a construir y la descripción de la misma. Y debido a esto se generan dos campos dentro de la tabla Piezas que son: ID_Pieza, donde se almacenará el identificador único de la pieza a fabricarse, y Descripción donde se almacenará una breve descripción de la misma que bien puede ser el nombre o características adicionales que ayuden a identificar la pieza dentro del proceso productivo.

En la figura 6.4 se muestra la tabla Piezas y en las siguientes figuras las características de los campos que la conforman.

	Nombre de columna	Tipo de datos	Permitir val...
▶ 🔑	ID_Pieza	varchar(10)	<input type="checkbox"/>
	Descripcion	varchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>

Figura 6.4: Estructura de la Tabla Piezas. Fuente: Autores.

General	
(Nombre)	ID_Pieza
Longitud	10
Permitir valores NULL	No
Tipo de datos	varchar
Valor o enlace predeterminado	
Diseñador de tablas	
Conjunto de columnas	No
Descripción	
Determinístico	Sí
Disperso	No
▶ Especificación de columna calculada	
▶ Especificación de identidad	No
▶ Especificación de texto completo	No
Indizable	Sí
Intercalación	<base de datos predeterminada>
No disponible para replicación	No
Publicado por combinación	No
Publicado por DTS	No
Reubicado	No
<hr/>	
RowGuid	No
Suscriptor que no es de SQL Server	No
Tamaño	10
Tipo de datos comprimido	varchar(10)

Figura 6.5: Propiedades del Campo ID_Pieza de la tabla Piezas. Fuente: Autores.

(Nombre)	Descripción
Longitud	50
Permitir valores NULL	Sí
Tipo de datos	varchar
Valor o enlace predeterminado	
4 Diseñador de tablas	
Conjunto de columnas	No
Descripción	
Determinístico	Sí
Disperso	No
▸ Especificación de columna calculada	
▸ Especificación de identidad	No
▸ Especificación de texto completo	No
Indizable	Sí
Intercalación	<base de datos predeterminada>
No disponible para replicación	No
Publicado por combinación	No
Publicado por DTS	No
Replicado	No
RowGuid	No
Suscriptor que no es de SQL Server	No
Tamaño	50
Tipo de datos comprimido	varchar(50)

Figura 6.6: Propiedades del Campo Descripción de la Tabla Piezas. Fuente: Autores.

La última tabla que se necesita es la que almacenará el Orden de Producción. Esta tabla está pensada para organizar la asignación de piezas a las máquinas por lo que será una tabla combinada con datos foráneos de las dos tablas antes mencionadas.

La tabla OrdenProduccion, tiene varios campos que nos serán útiles al momento de llenar las órdenes de producción como también al momento de generar informes o consultas de datos existentes. Además se debe tener en cuenta que el software no debe asignar dos veces la misma orden al sistema y también que dos órdenes pueden tener las mismas características pero distinto número de identificación.

Además por motivos de consultas posteriores, es menester que se almacenen propiedades como la fecha de emisión de la orden de trabajo, hora a la que debe ser ejecutada, el tiempo permitido de ejecución por pieza, etc. También es necesario por necesidades de control del sistema, conocer si la orden fue ejecutada y enviada.

Básados en las primisas explicadas anteriormente se diseñó la tabla OrdenProduccion con los campos que se muestran en la figura 6.7.

	Nombre de columna	Tipo de datos	Permitir valores NULL
PK	ID_Orden	bigint	<input type="checkbox"/>
	Fecha	date	<input checked="" type="checkbox"/>
	Hora_Comienzo	time(5)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Maquina	nvarchar(10)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Pieza	varchar(10)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Cantidad_Pieza	int	<input checked="" type="checkbox"/>
	TiempoRealMaximo	varchar(10)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Completada	bit	<input checked="" type="checkbox"/>
	Enviada	bit	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 6.7: Estructura de la tabla OrdenProduccion. Fuente: Autores.

Donde se tomó como clave principal ID_Orden que es el campo que identifica como única una orden de producción.

En la figura 6.8, 6.9, 6.10, 6.11, 6.12, 6.13, 6.14, 6.15 y 6.16 se pueden observar las características de los campos: ID_Orden, Fecha, Hora_Comienzo, Maquina, Pieza, Cantidad_Pieza, TiempoRealMaximo, Completada y Enviada respectivamente.

(Nombre)	ID_Orden
Permitir valores NULL	No
Tipo de datos	bigint
Valor o enlace predeterminado	
Diseador de tablas	
Conjunto de columnas	No
Descripción	
Determinístico	Sí
Disperso	No
▸ Especificación de columna calculada	
▸ Especificación de identidad	No
▸ Especificación de texto completo	No
Indizable	Sí
Intercalación	<base de datos predeterminada>
No disponible para replicación	No
Publicado por combinación	No
Publicado por DTS	No
Replicado	No
RowGuid	No
Suscriptor que no es de SQL Server	No
Tamaño	8
Tipo de datos comprimido	bigint

Figura 6.8: Propiedades del Campo ID_Orden de la Tabla OrdenProduccion.
Fuente: Autores.

(Nombre)	Fecha
Permitir valores NULL	Sí
Tipo de datos	date
Valor o enlace predeterminado	
Diseador de tablas	
Conjunto de columnas	No
Descripción	
Determinístico	Sí
Disperso	No
▸ Especificación de columna calculada	
▸ Especificación de identidad	No
▸ Especificación de texto completo	No
Indizable	Sí
Intercalación	<base de datos predeterminada>
No disponible para replicación	No
Publicado por combinación	No
Publicado por DTS	No
Replicado	No
RowGuid	No
Suscriptor que no es de SQL Server	No
Tamaño	3
Tipo de datos comprimido	date

Figura 6.9: Propiedades del Campo Fecha de la Tabla OrdenProduccion.
Fuente: Autores.

(Nombre)	Hora_Comienzo
Permitir valores NULL	Sí
Tipo de datos	time
Valor o enlace predeterminado	
4 Diseñador de tablas	
Conjunto de columnas	No
Descripción	
Determinístico	Sí
Disperso	No
▸ Especificación de columna calculada	
▸ Especificación de identidad	No
▸ Especificación de texto completo	No
Indizable	Sí
Intercalación	<base de datos predeterminada>
No disponible para replicación	No
Publicado por combinación	No
Publicado por DTS	No
Replicado	No
RowGuid	No
Suscriptor que no es de SQL Server	No
Tamaño	5
Tipo de datos comprimido	time(5)

Figura 6.10: Propiedades del Campo Hora_Comienzo de la Tabla OrdenProduccion.

Fuente: Autores.

(Nombre)	Maquina
Longitud	10
Permitir valores NULL	Sí
Tipo de datos	nvarchar
Valor o enlace predeterminado	
4 Diseñador de tablas	
Conjunto de columnas	No
Descripción	
Determinístico	Sí
Disperso	No
▸ Especificación de columna calculada	
▸ Especificación de identidad	No
▸ Especificación de texto completo	No
Indizable	Sí
Intercalación	<base de datos predeterminada>
No disponible para replicación	No
Publicado por combinación	No
Publicado por DTS	No
Replicado	No
RowGuid	No
Suscriptor que no es de SQL Server	No
Tamaño	20
Tipo de datos comprimido	nvarchar(10)

Figura 6.11: Propiedades del Campo Maquina de la Tabla OrdenProduccion.

Fuente: Autores.

Longitud	10
Permitir valores NULL	Sí
Tipo de datos	varchar
Valor o enlace predeterminado	
▲ Diseñador de tablas	
Conjunto de columnas	No
Descripción	
Determinístico	Sí
Disperso	No
▶ Especificación de columna calculada	
▶ Especificación de identidad	No
▶ Especificación de texto completo	No
Indizable	Sí
Intercalación	<base de datos predeterminada>
No disponible para replicación	No
Publicado por combinación	No
Publicado por DTS	No
Replicado	No
RowGuid	No
Suscriptor que no es de SQL Server	No
Tamaño	10
Tipo de datos comprimido	varchar(10)

Figura 6.12: Propiedades del Campo Pieza de la Tabla OrdenProduccion.
Fuente: Autores.

Los campos Maquina y Pieza de la tabla OrdenProduccion recolectan datos de las tablas Maquinas y Piezas creadas anteriormente e indican que se va a construir y en que máquina se realizará la orden de producción. Para esto es necesario que las tablas OrdenProduccion, Maquinas y Piezas estén relacionadas entre sí, de esta forma no se podrá ingresar a la Orden piezas que no estén debidamente registradas, ni se podrá asignar la Orden a máquinas que no formen parte del sistema de producción.

(Nombre)	Cantidad_Pieza
Permitir valores NULL	Sí
Tipo de datos	int
Valor o enlace predeterminado	
▲ Diseñador de tablas	
Conjunto de columnas	No
Descripción	
Determinístico	Sí
Disperso	No
▷ Especificación de columna calculada	
▷ Especificación de identidad	No
▷ Especificación de texto completo	No
Indizable	Sí
Intercalación	<base de datos predeterminada>
No disponible para replicación	No
Publicado por combinación	No
Publicado por DTS	No
Replicado	No
RowGuid	No
Suscriptor que no es de SQL Server	No
Tamaño	4
Tipo de datos comprimido	int

Figura 6.13: Propiedades del Campo Cantidad_Pieza de la Tabla OrdenProduccion.

Fuente: Autores.

Longitud	10
Permitir valores NULL	Sí
Tipo de datos	varchar
Valor o enlace predeterminado	
▲ Diseñador de tablas	
Conjunto de columnas	No
Descripción	
Determinístico	Sí
Disperso	No
▷ Especificación de columna calculada	
▷ Especificación de identidad	No
▷ Especificación de texto completo	No
Indizable	Sí
Intercalación	<base de datos predeterminada>
No disponible para replicación	No
Publicado por combinación	No
Publicado por DTS	No
Replicado	No
RowGuid	No
Suscriptor que no es de SQL Server	No
Tamaño	10
Tipo de datos comprimido	varchar(10)

Figura 6.14: Propiedades del Campo TiempoRealMaximo de la Tabla OrdenProduccion. Fuente: Autores.

(Nombre)	Completada
Permitir valores NULL	Sí
Tipo de datos	bit
Valor o enlace predeterminado	((0))
▲ Diseñador de tablas	
Conjunto de columnas	No
Descripción	
Determinístico	Sí
Disperso	No
▸ Especificación de columna calculada	
▸ Especificación de identidad	No
▸ Especificación de texto completo	No
Indizable	Sí
Intercalación	<base de datos predeterminada>
No disponible para replicación	No
Publicado por combinación	No
Publicado por DTS	No
Replicado	No
RowGuid	No
Suscriptor que no es de SQL Server	No
Tamaño	1
Tipo de datos comprimido	bit

Figura 6.15: Propiedades del Campo Completada de la Tabla OrdenProduccion. Fuente: Autores.

(Nombre)	Enviada
Permitir valores NULL	Sí
Tipo de datos	bit
Valor o enlace predeterminado	((0))
▲ Diseñador de tablas	
Conjunto de columnas	No
Descripción	
Determinístico	Sí
Disperso	No
▸ Especificación de columna calculada	
▸ Especificación de identidad	No
▸ Especificación de texto completo	No
Indizable	Sí
Intercalación	<base de datos predeterminada>
No disponible para replicación	No
Publicado por combinación	No
Publicado por DTS	No
Replicado	No
RowGuid	No
Suscriptor que no es de SQL Server	No
Tamaño	1
Tipo de datos comprimido	bit

Figura 6.16: Propiedades del Campo Enviada de la Tabla OrdenProduccion. Fuente: Autores.

El diagrama de relaciones de la figura 6.17 muestra la interacción entre las tablas OrdenProduccion, Maquinas y Piezas.

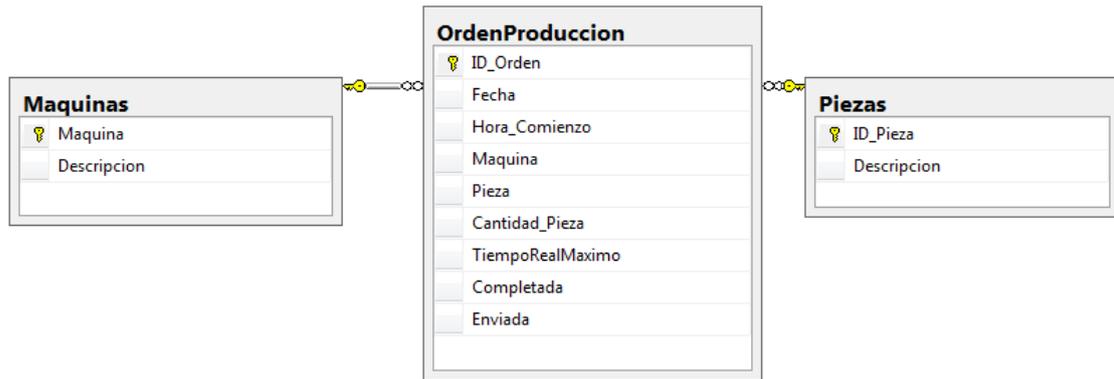


Figura 6.17: Diagrama relacional de la Base de Datos de Software controlador de producción. Fuente: Autores.

Se puede deducir del diagrama relacional presentado en la figura 6.17 que una máquina y una pieza pueden ser asignadas varias veces en una orden de producción, mientras que solo existe una máquina y una pieza en un registro de la orden de producción. Este diseño nos asegura que existirá integridad referencial en los registros y se evitarán problemas de registros dobles en el sistema.

Por lo tanto así queda diseñada y creada la base de datos llamada DBProduccion donde se almacenarán los datos necesarios para la gestión de máquinas, piezas y órdenes de producción en el sistema controlador evitando problemas de duplicidad de datos, integridad referencial, entre otros.

6.2. Diseño e implementación de la interfaz gráfica de usuario.

La interfaz gráfica de usuario es una parte fundamental en el desarrollo de este software ya que es la puerta de entrada, para el usuario, al sistema. El objetivo del diseño de la interfaz gráfica de usuario es darle la posibilidad al mismo de manejar el sistema de forma sencilla teniendo los controles y funciones a menos de tres click de distancia.

Además se busca que sea muy explícita para que el usuario pueda intuir los comandos necesitando en lo mínimo un manual.

Las necesidades que el usuario necesita satisfacer son: Ingresar datos a la Base de Datos y Monitorear la producción.

En el conjunto de datos que el usuario puede ingresar al sistema se encuentran las piezas, las máquinas y las órdenes de producción.

Dentro del monitoreo de la producción, el usuario está en capacidad de enviar órdenes de producción y verificar el estado del desarrollo de la orden de producción enviada.

Para el manejo del sistema se escogió utilizar una ventana contenedora, de esta manera el menú principal siempre estará accesible al usuario. Acomodándose a las necesidades de ingresar registros en la base de datos y monitorear la producción.

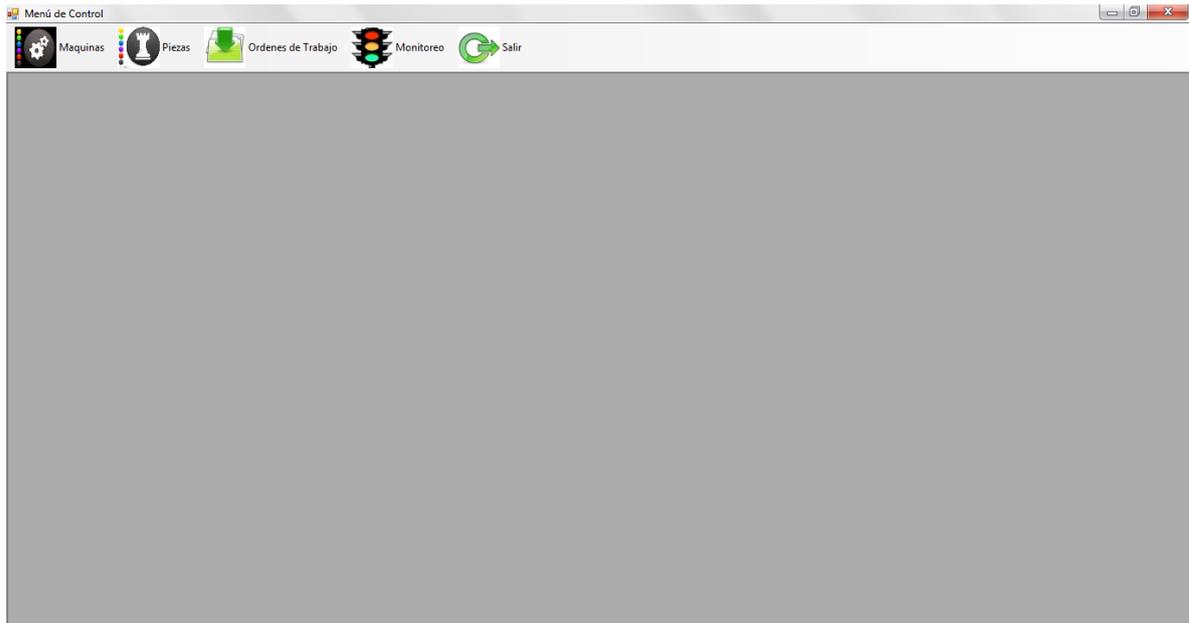


Figura 6.18: GUI del Menú principal en la ventana contenedora. Fuente: Autores.

Una ventaja del nuevo compilador de visual estudio es la facilidad de crear entornos gráficos para manejo de base de datos, ya que tan solo arrastrando los DataSet al formulario el compilador crea un conjunto de datos sumamente predictivos que brindan un control total sobre las tablas y las relaciones entre las mismas. Debido a esto se utilizó esta ventaja y se creó el formulario para administrar la tabla maquinas. Los demás formularios para el manejo de las distintas tablas, siguió un proceso similar teniendo como resultado las figuras que se muestran a continuación.

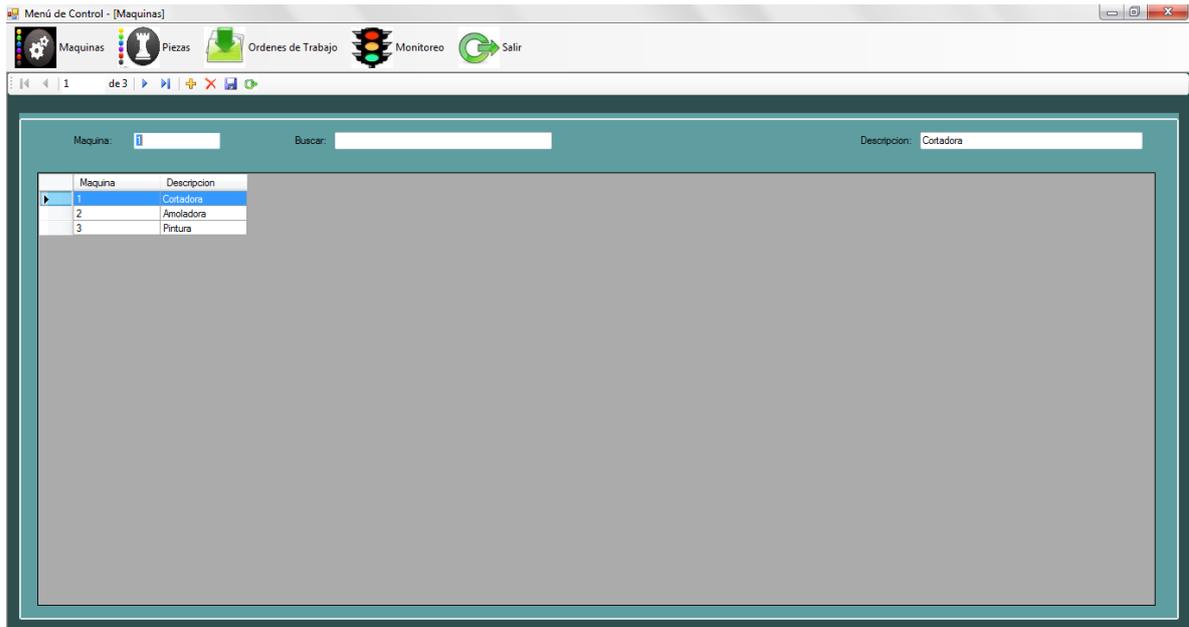


Figura 6.19: Formulario “Hijo” para manejo de la tabla Maquinas. Fuente: Autores.

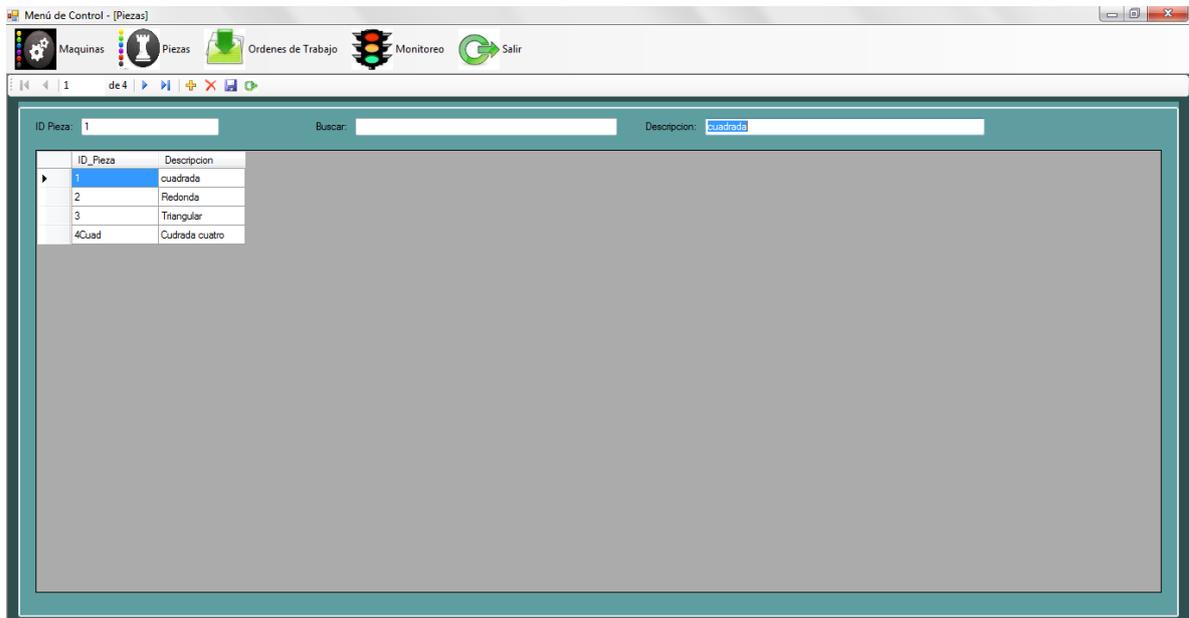


Figura 6.20: Formulario “Hijo” para el manejo de la tabla Piezas. Fuente: Autores.

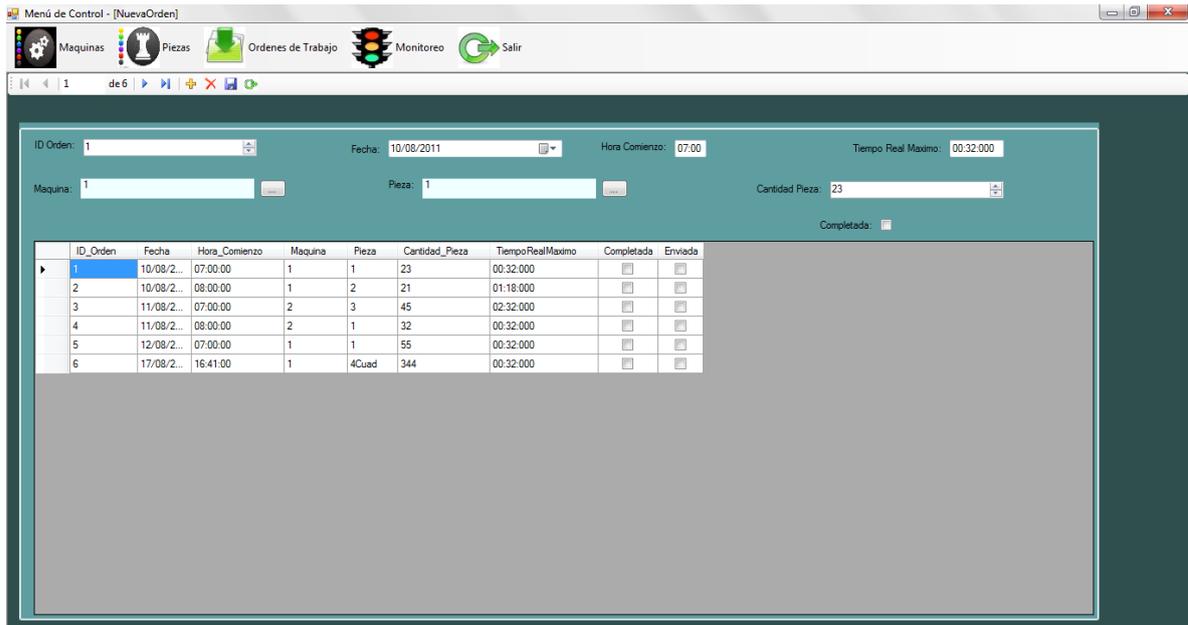


Figura 6.21: Formulario “Hijo” para el manejo de la tabla OrdenProduccion.
Fuente: Autores.

En los formularios para el manejo de las tablas Piezas y Maquinas se incluyó la función de búsqueda, edición y borrado de los registros completando así los controles provistos por visual estudio para el manejo de base de datos.

Puesto que la tabla OrdenProduccion tiene tablas relacionadas y que los datos que identifican la máquina a la que va dirigida la orden y la pieza que se debe fabricar deben existir, se bloqueó la caja de texto donde se ingresan estos datos y se proveyó dos botones para la inclusión de estos datos. En la figura 6.22 se muestra el formulario para la inclusión de máquinas y piezas a la orden de trabajo.

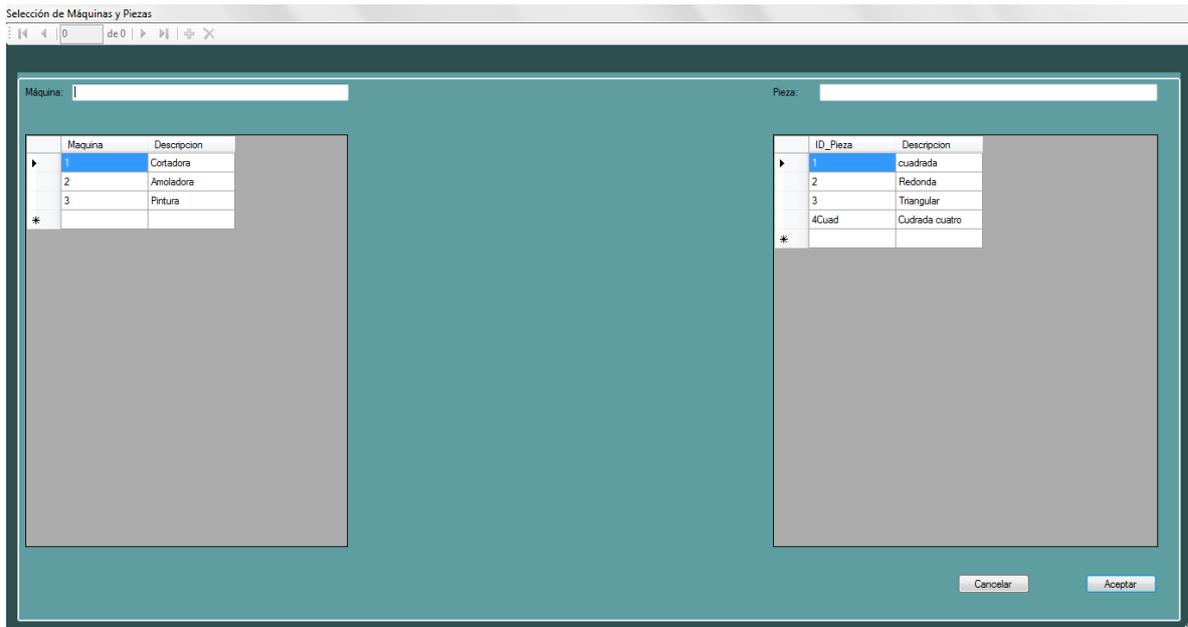


Figura 6.22: Formulario tipo “Dialogo” para ingreso de máquinas y piezas a la orden de producción. Fuente: Autores.

En este formulario se puede seleccionar ambos datos mediante el evento click en los DataGridView.

Es preciso recalcar en que el formulario principal es un formulario “Padre” que tiene la capacidad de contener los demás formularios. Como se observó en las figuras 6.19, 6.20 y 6.21 el menú principal siempre está accesible al usuario siguiendo la norma de que las funciones del sistema no estén a más de tres click de distancia.

Para la acción de monitoreo de la producción se diseñó un formulario donde se encuentran figuras que representan la semaforización de la máquina y que muestra los datos recibidos de la máquina seleccionada en el primer ComboBox. Además se puede enviar la orden de producción a determinada máquina gracias a los controles ubicados en la parte inferior del formulario. Cabe recalcar que este formulario será el que maneje el envío y recepción de datos al y desde el sistema.

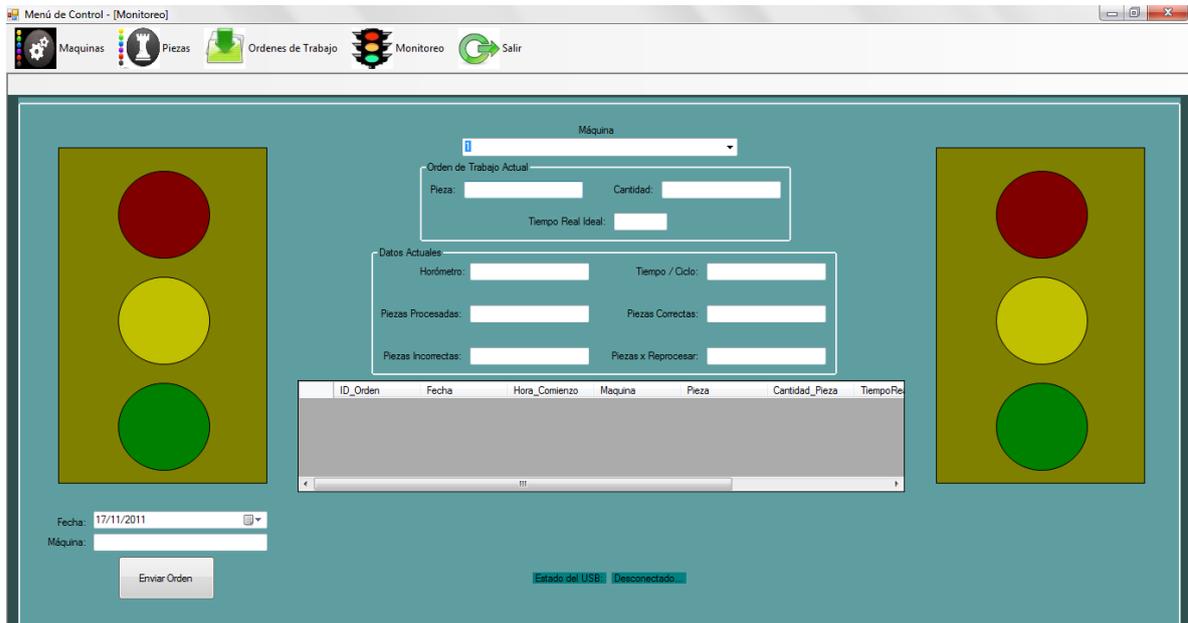


Figura 6.23: Formulario “Hijo” para el control de la producción. Fuente: Autores.

Con estas descripciones se cierra el capítulo del diseño e implementación de la interfaz gráfica de usuario al comprobar que es sencillo de utilizar y brinda al usuario la posibilidad de prescindir de pasos complejos para la ejecución de comandos.

6.3. Diseño e implementación del Software

Una vez diseñada la base de datos y la interfaz gráfica de usuario solamente queda desarrollar código que de una función a cada objeto planificado a priori. El software, como no puede ser de otra manera, busca rapidez, agilidad y eficiencia lo cual dependerá del manejo de las variables y los objetos.

En este apartado no se busca profundizar en la creación de objetos de la interfaz gráfica o de la base de datos ya que es algo mecánico que se puede realizar a gusto propio, además que depende del compilador que se utilice. A continuación se presentará una breve explicación del desarrollo del software dividiendo en bloques según la interfaz gráfica de usuario.

Formulario Máquinas y Formulario Piezas:

Como se explicó anteriormente, para el manejo del mantenimiento de base de datos en este caso para la tabla Maquinas, se utilizó la opción predictiva del compilador que nos brinda un conjunto de controles que satisfacen las necesidades básicas en cuanto a este tema como ser: Creación, borrado, edición de datos; además las opciones para guardar datos creados o editados y moverse a través de los registros existentes. Como se puede observar en la figura 6.19 , existe un control DataGrid que muestra los registros existentes y los controles para el ingreso de datos que mejor se acomoda al tipo de dato a ingresar.

A los controles creados automáticamente, se añadió una función de búsqueda. Para lograr la búsqueda dentro de la base de datos se creó una consulta SQL en el DataSet de la tabla Maquinas que recibe un parámetro, este parámetro se compara con los registros indistintamente del campo y muestra las coincidencias. La sentencia SQL agregada es: “SELECT Maquina, Descripcion FROM Maquinas WHERE (Descripcion LIKE @nombre) OR (Maquina LIKE @nombre).

Para el formulario controlador de piezas se realizó exactamente el mismo procedimiento puesto que se espera un resultado similar. La sentencia SQL agregada al DataSet de la tabla Piezas es: SELECT ID_Pieza, Descripcion FROM Piezas WHERE (Descripcion LIKE @nombre) OR (ID_Pieza LIKE @nombre).

Fomularios Orden de Trabajo:

Existen dos formularios que controlan la tabla OrdenProduccion. El primero se encarga de consultar en la base de datos las ordenes que están completadas y las que no están completadas; para eso se utiliza el campo Completada de la tabla y se compara su estado mediante la sentencia SQL agregado al DataSet controlador: `SELECT ID_Orden, Fecha, Hora_Comienzo, Maquina, Pieza, Cantidad_Pieza, TiempoRealMaximo, Completada, Enviada FROM OrdenProduccion WHERE (Completada = 1) AND (Enviada = 1).`

Para determinar los registros que no han sido completados se insertó la siguiente consulta: `SELECT ID_Orden, Fecha, Hora_Comienzo, Maquina, Pieza, Cantidad_Pieza, TiempoRealMaximo, Completada, Enviada FROM OrdenProduccion WHERE (Completada = 0) AND (Enviada = 0).`

El segundo formulario se encarga de agregar nuevas órdenes de trabajo a la base de datos y al igual que para los otros formularios solamente es necesario utilizar las herramientas y funciones habilitadas por el compilador.

La librería que maneja la transmisión USB entre el dispositivo y la PC se construyó mediante el software EasyHID. Este software crea un módulo en visual basic que maneja las interrupciones generadas en el puerto USB del PC. Este archivo generado se debe agregar al proyecto y debe hacer referencia al formulario que manejará los datos del puerto.

CAPÍTULO VII: PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se exponen los resultados de las pruebas realizadas al prototipo del producto. Las pruebas que se realizaron fueron de: transmisión de datos, procesamiento de datos y comparación de resultados entregados versus los esperados.

Se pensaba dividir las pruebas para cada elemento del sistema pero se entiende que, si funciona el TCP a través del Enrutador de comunicaciones mediante las instrucciones enviadas desde el computador, ambos elementos del sistema, el TCP y el enrutador de comunicaciones funcionan a la perfección.

7.1. Prueba de Hardware

Por medio de los dispositivos de visualización se realizaron comparaciones del proceso desarrollado por el dispositivo y el desarrollado por el dispositivo simulado. Las capturas de pantalla y fotografías presentadas en las figuras siguientes da testimonio del correcto funcionamiento de los dispositivos.

Para la realización de las pruebas se ingresó la siguiente orden de trabajo:

Máquina	Código Pieza	Cantidad	Tiempo Esperado
1			mm:ss:msmsms
Registro 1	Die	10	00:03:010
Registro 2	Est	4	01:08:020

Tabla 7.1: Orden de trabajo enviada al sistema para realización de pruebas de control.

Fuente: Autores.

Para visualizar los estados intermedios del programa se utilizó el terminal HID del compilador MikroC PRO de esta forma se pueden enviar uno a uno los datos como se muestra en la figura 7.1.

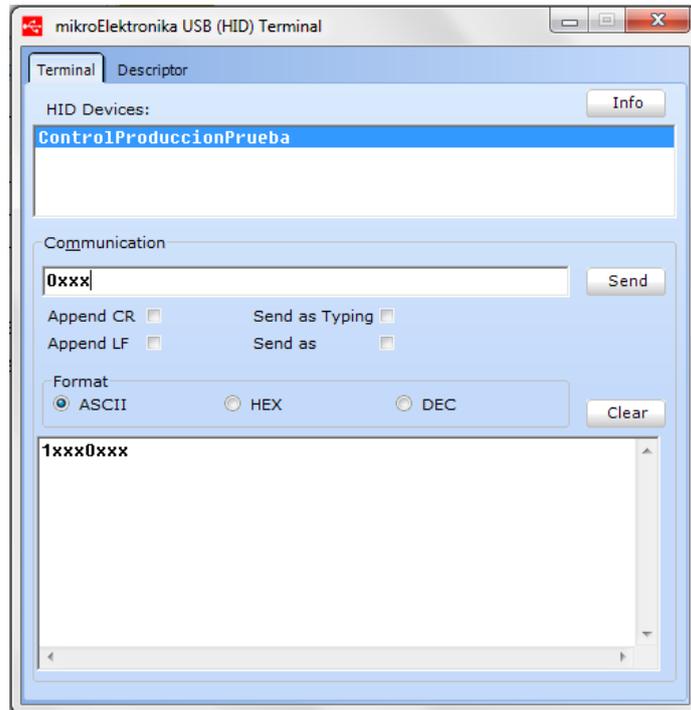


Figura 7.1: Terminal para envío y recepción de datos por el puerto USB provisto por el compilador MikroC PRO. Fuente: Autores.

Cuando inicia el sistema, el display muestra el mensaje de que está esperando el envío de una orden de trabajo.

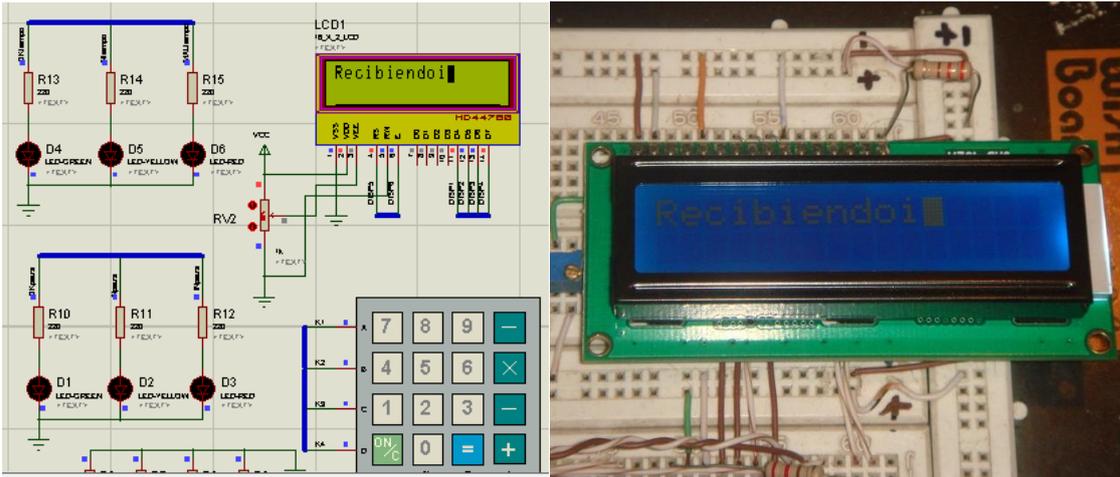


Figura 7.2: Imagen comparativa entre la simulación y el sistema real al iniciar el sistema. Fuente: Autores.

La primera prueba, luego del envío de la clave de máquina, es el envío de la orden de trabajo. Cuando el PC termina de enviar todos los registros de la orden, envía el caracter “Ä” con lo que el TCP da por terminada la recepción y presenta el mensaje que acusa el trabajo pendiente.

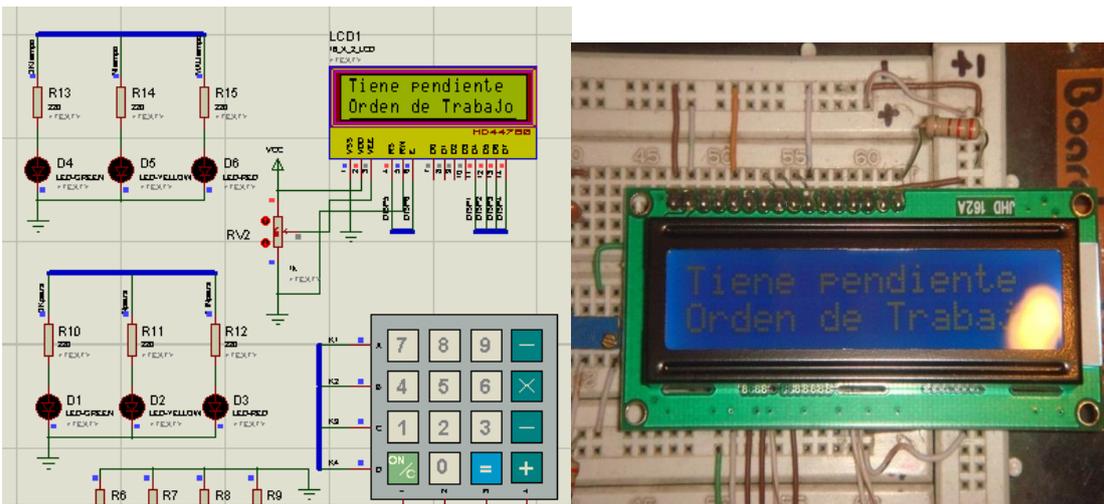


Figura 7.3: Imagen comparativa entre la simulación y el sistema real al finalizar la recepción de la Orden de Trabajo. Fuente: Autores.

Al presionar la tecla “A” se muestran los registros de la orden de trabajo, en este caso de debe mostrar el código y la cantidad de las dos piezas ingresadas.

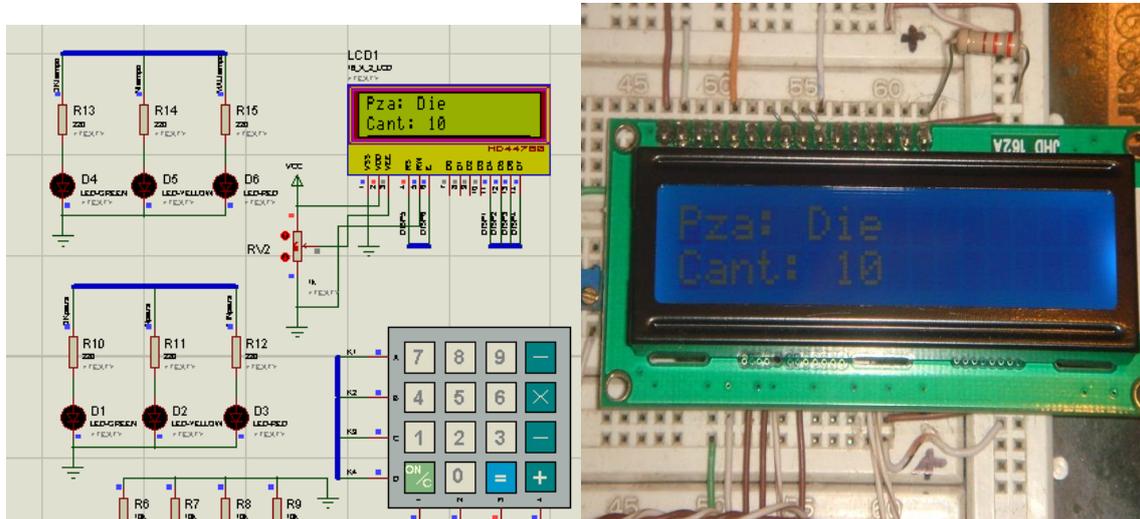


Figura 7.4: Imagen comparativa entre la simulación y el sistema real al presionar la tecla “A” para mostrar la Orden de Trabajo. Fuente: Autores.

Se puede navegar entre los registros para visualizarlos mediante las teclas “0” y “#” que tienen la función de mostrar la página anterior y siguiente respectivamente.

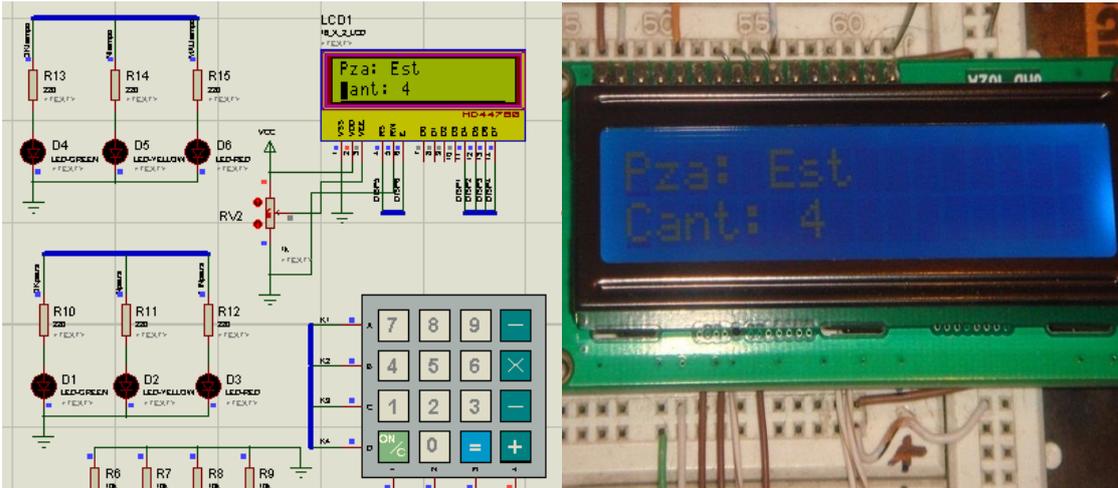


Figura 7.5: Imagen comparativa entre la simulación y el sistema real al presionar la tecla “#” para mostrar la siguiente página de la Orden de Trabajo. Fuente: Autores.

Una vez que se revisa o acepta la recepción de la Orden de Trabajo el Horómetro comienza a registrar las horas, minutos y segundos de funcionamiento de la máquina cuando detecta que esta se encuentra energizada.

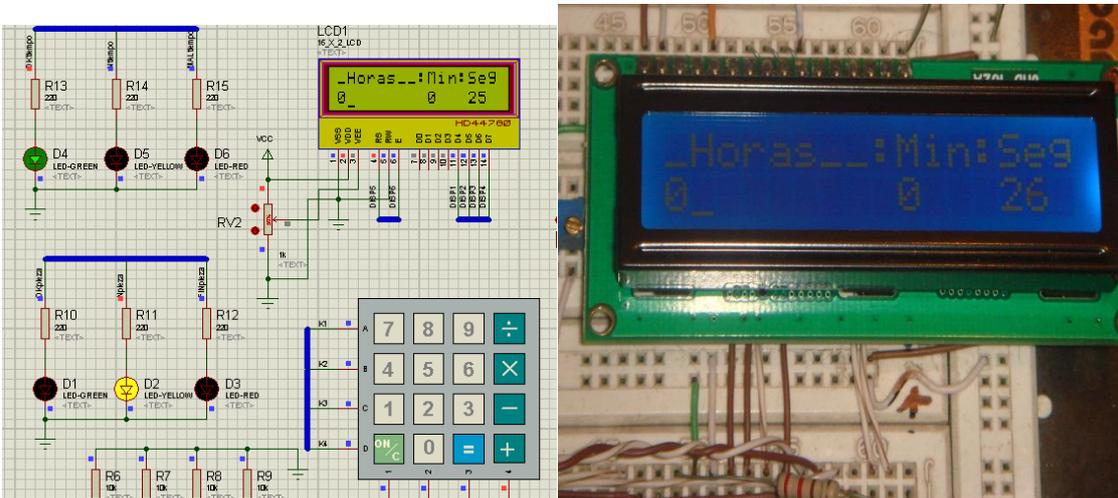


Figura 7.6: Imagen comparativa entre la simulación y el sistema real al presionar la tecla “1” para mostrar el registro de tiempo del Horómetro. Fuente: Autores.

El sistema no comienza a contar el tiempo de realización del elemento encargado hasta que no se presiona el pulsante de inicio. En la siguiente figura se muestra que el contador de milisegundos no ha iniciado.

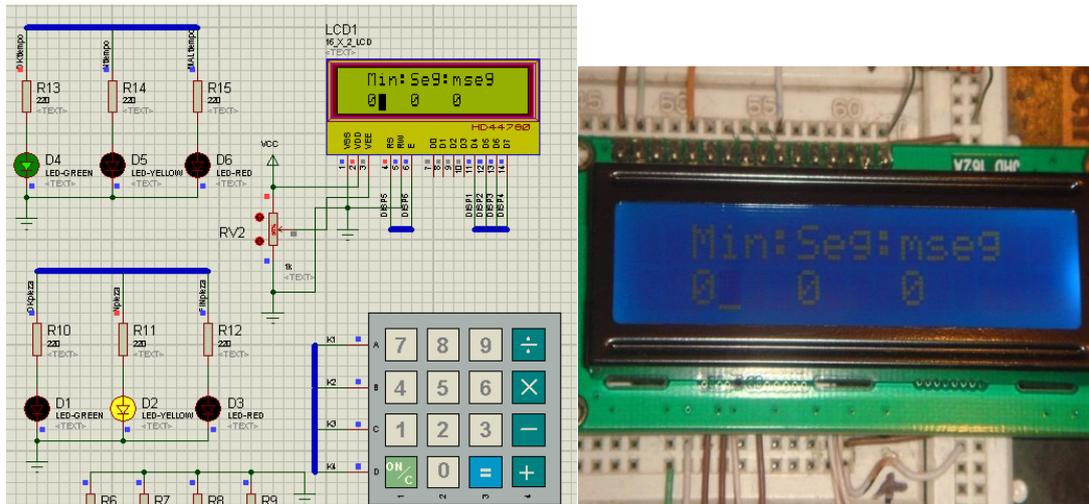


Figura 7.7: Imagen comparativa entre la simulación y el sistema real al presionar la tecla “2” para mostrar el tiempo que lleva el operador o la máquina procesando una pieza. Fuente: Autores.

Una vez presionado el pulsante de inicio, el cronómetro empieza a registrar el tiempo de demora para la fabricación de una pieza.

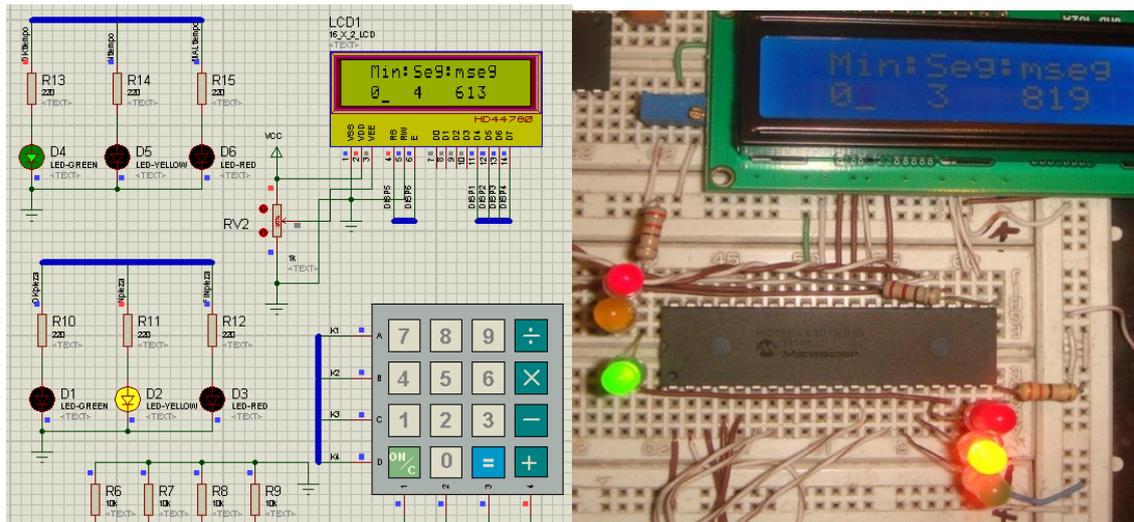


Figura 7.8: Imagen comparativa entre la simulación y el sistema real al presionar el pulsante Inicio para empezar la ejecución de la Orden de Trabajo. Fuente: Autores.

Puesto que el primer registro de la orden pide realizar solamente cuatro piezas y se realizó la captura habiéndose realizado ya dos de estas, se puede observar que el semáforo que controla el tiempo está en “OK” y el semáforo que indica la cantidad de piezas procesadas está en amarillo lo que indica que ya se ha realizado la mitad o más del pedido.

Cuando el tiempo cronometrado de realización de piezas marca que se ha llegado a más de la mitad del tiempo permitido enviado en la orden de trabajo, el led amarillo de la semaforización para el tiempo está activado.

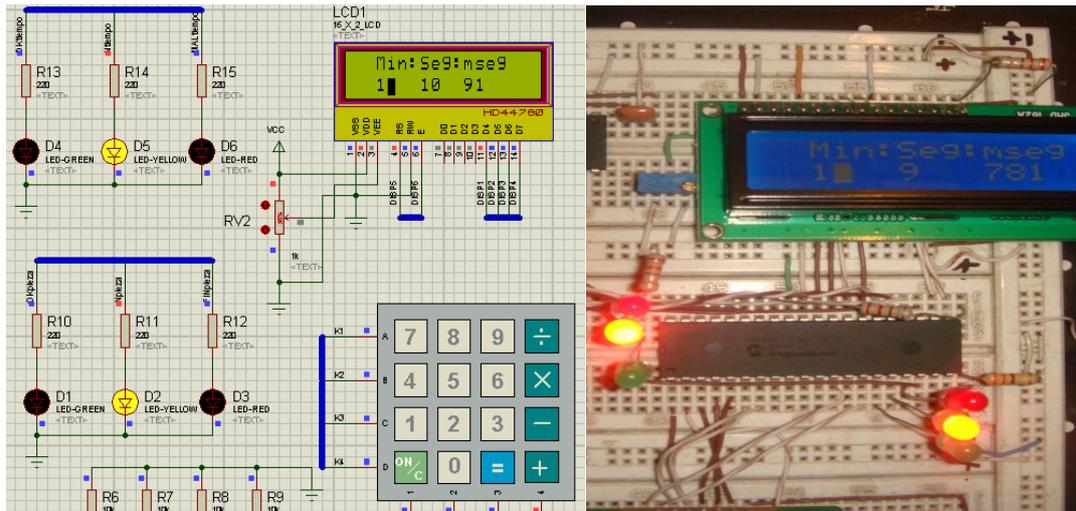


Figura 7.9: Imagen comparativa entre la simulación y el sistema real al presionar la tecla “2” para mostrar el tiempo transcurrido para la ejecución de una pieza. Fuente: Autores.

Cuando se han realizado todas las piezas del registro de la orden de trabajo en ejecución se activa el led rojo del semáforo controlador de piezas.

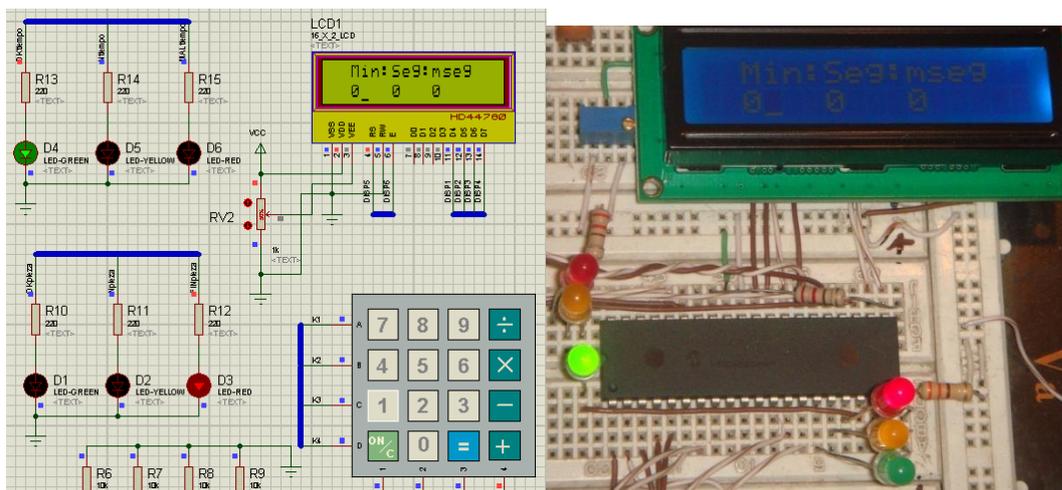


Figura 7.10: Imagen comparativa entre la simulación y el sistema real al terminar de ejecutar el número de piezas del registro 1 de la Orden de Trabajo enviada. Fuente: Autores.

Una vez ejecutado el primer registro se presiona la tecla “A” para visualizar nuevamente los registros pendientes.

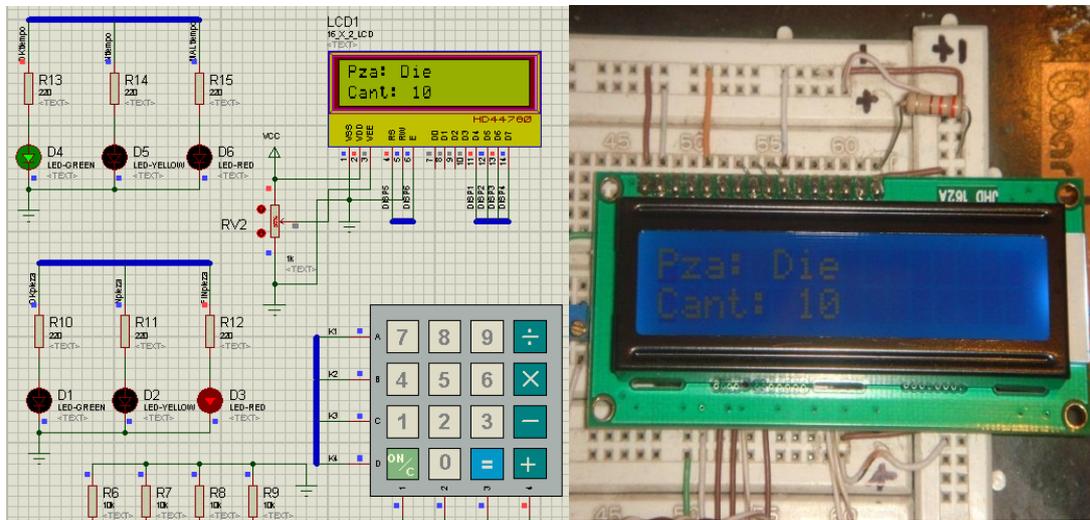


Figura 7.11: Imagen comparativa entre la simulación y el sistema real al presionar la tecla “A” para mostrar los registros pendientes de la Orden de Trabajo. Fuente: Autores.

Se presiona nuevamente la tecla “A” para aceptar el registro pendiente, luego de presionar el pulsante de inicio se procede a activar los sensores para registrar la realización de las piezas, el registro de las mismas se muestra en las figuras siguientes. Cabe recalcar que para la prueba se realizaron tres piezas: una correcta, una defectuosa y una pendiente de reprocesar.

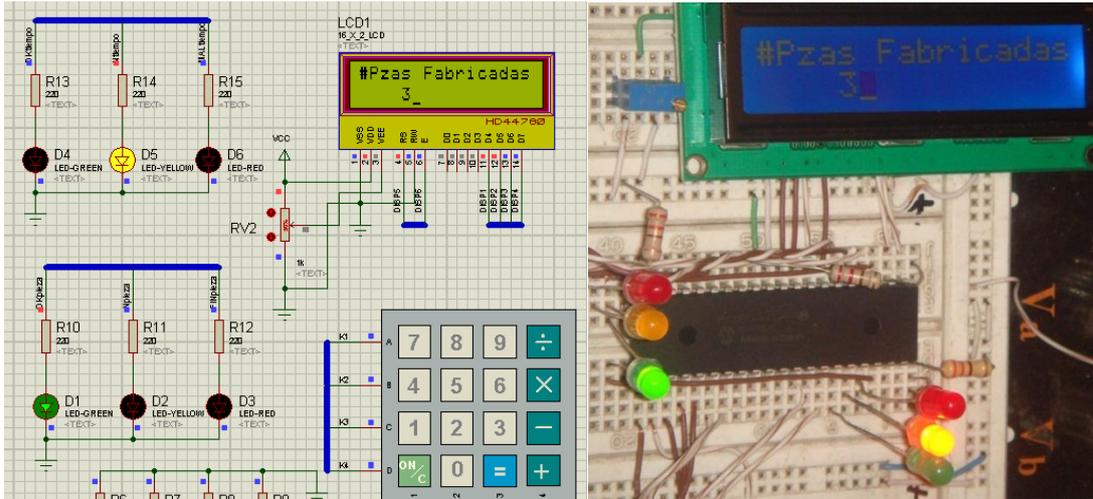


Figura 7.12: Imagen comparativa entre la simulación y el sistema real al presionar la tecla “3” para mostrar las piezas fabricadas. Fuente: Autores.

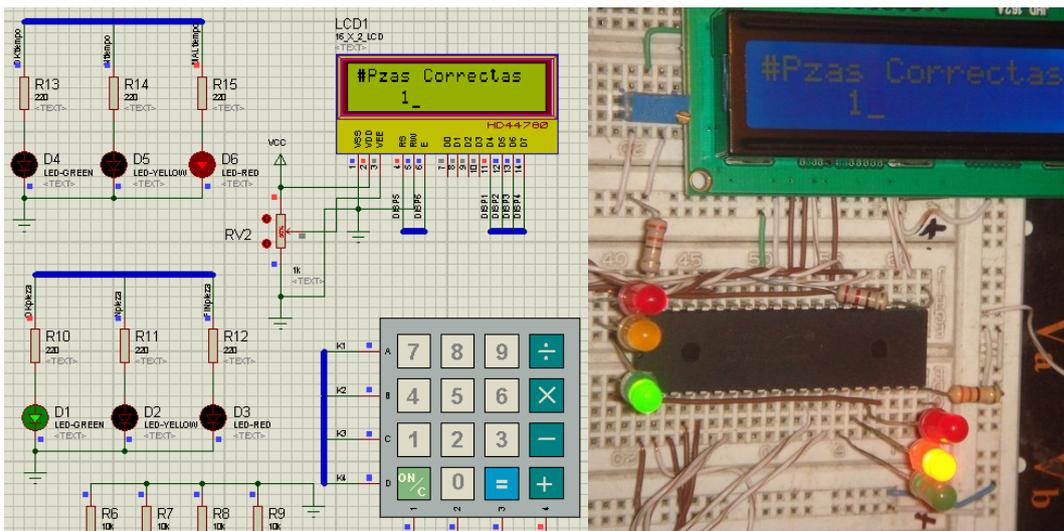


Figura 7.13: Imagen comparativa entre la simulación y el sistema real al presionar la tecla “4” para mostrar las piezas correctamente fabricadas. Fuente: Autores.

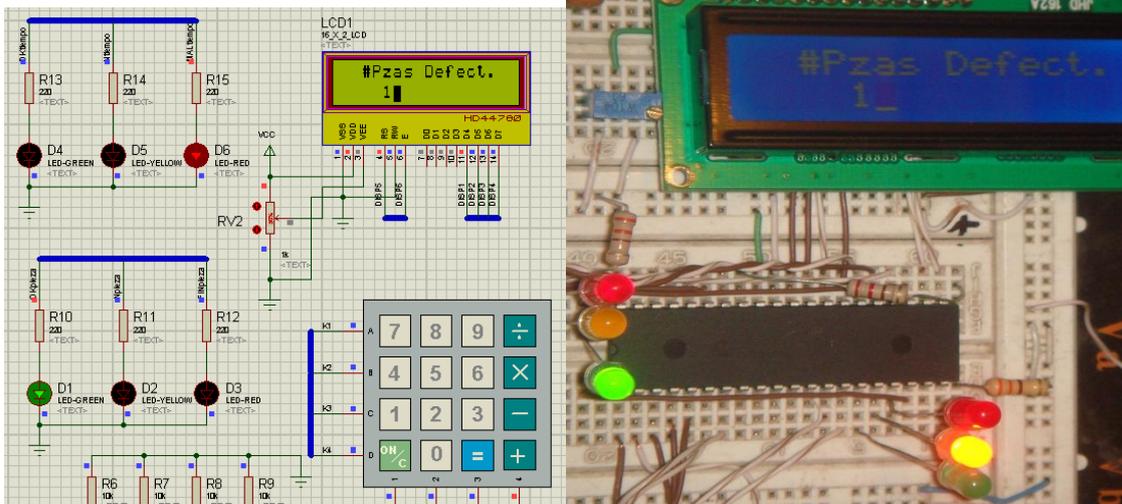


Figura 7.14: Imagen comparativa entre la simulación y el sistema real al presionar la tecla “5” para mostrar las piezas defectuosas. Fuente: Autores.

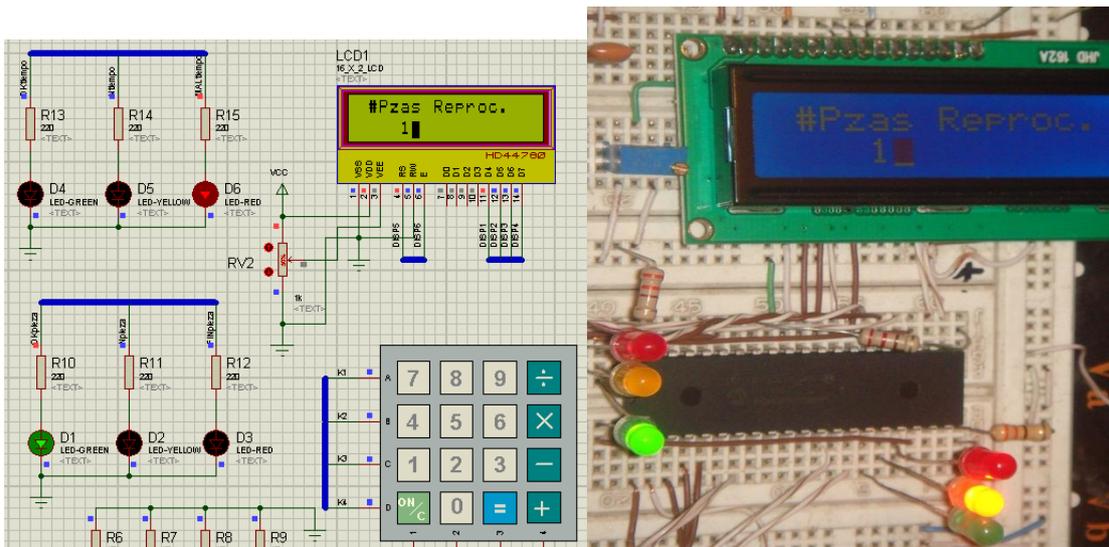


Figura 7.15: Imagen comparativa entre la simulación y el sistema real al presionar la tecla “6” para mostrar las piezas pendientes de reprocesar.

Si se presiona una tecla cuya función no está programada o que no tiene una función al momento de la ejecución del proceso se muestra el mensaje “Menú no disponible”.

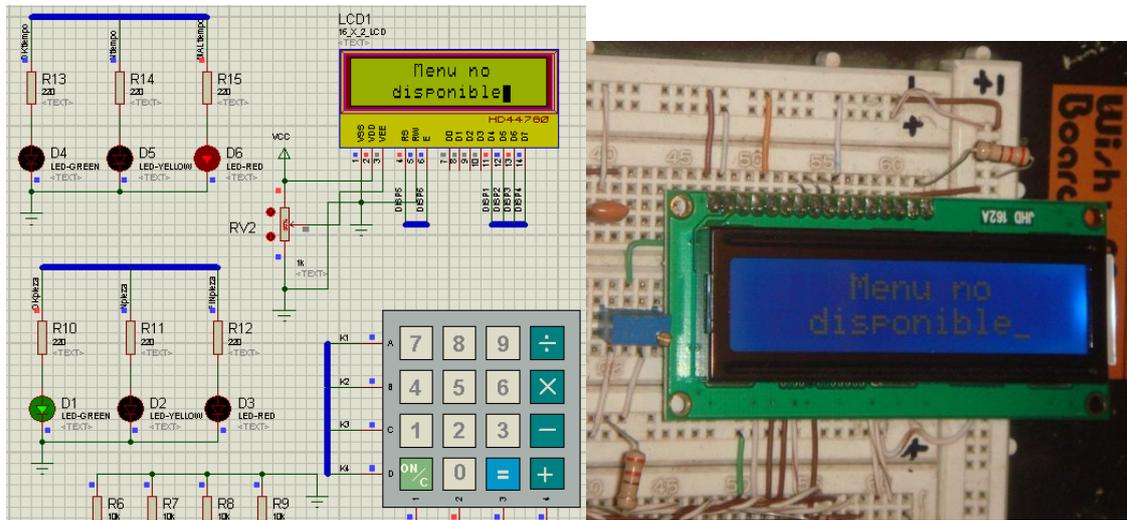


Figura 7.16: Imagen comparativa entre la simulación y el sistema real al presionar una tecla no programada. Fuente: Autores.

Cuando termina la ejecución completa de la Orden de Trabajo enviada al sistema, se muestra un mensaje que indica que el TCP no tiene una orden de trabajo pendiente.

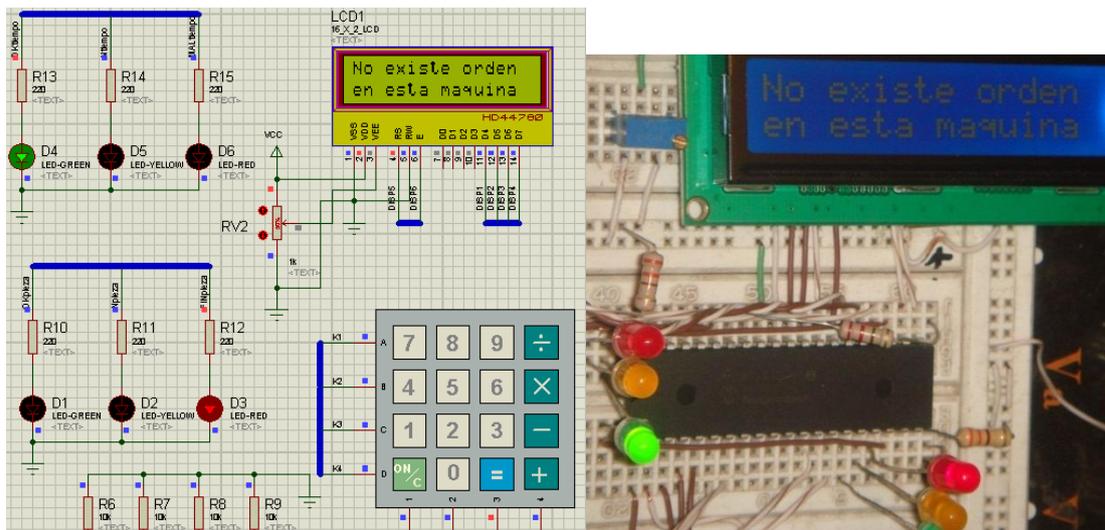


Figura 7.17: Imagen comparativa entre la simulación y el sistema real al terminar de ejecutar completamente la Orden de Trabajo. Fuente: Autores.

Como se puede observar en las imágenes, la prueba planteada cumple a la perfección con la simulación del sistema por lo que se da como aprobado el desarrollo y se procede a realizar el PCB del TCP y del circuito Enrutador de Comunicaciones.

7.2. Prueba de Software.

La prueba que se realizó para verificar el correcto funcionamiento del software consistió en crear la orden de trabajo con la que se probó el hardware y comprobar la creación de los registros así como el envío correcto de los datos a la tarjeta TCP.

En la tabla 7.1 se puede observar la orden de producción que se desea crear. Los resultados de esta creación se pueden consultar mediante las funciones del software. Para la verificación se muestran capturas de pantalla de dichas creaciones.

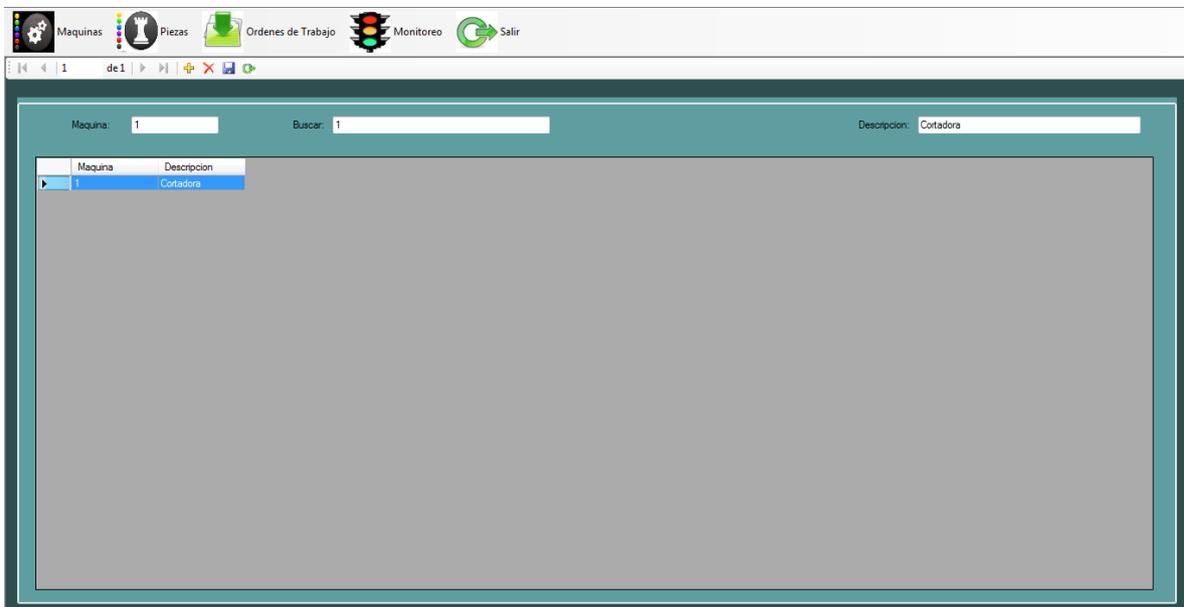


Figura 7.18: Resultado de búsqueda de la máquina con código 1. Fuente: Autores.

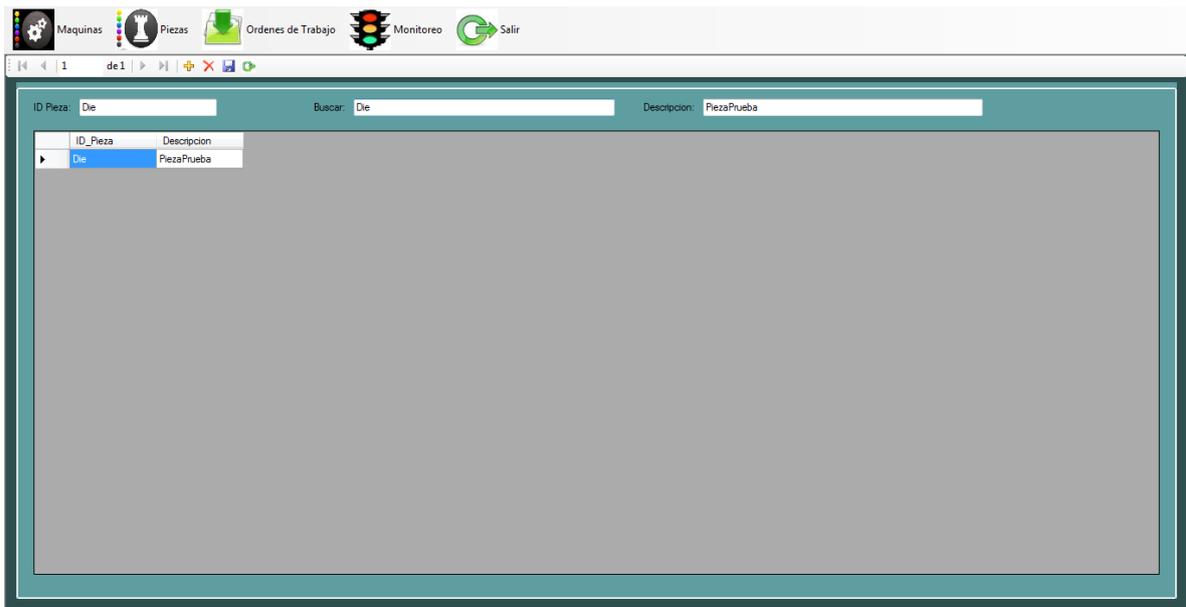


Figura 7.19: Resultado de búsqueda de la pieza con ID de pieza Die. Fuente: Autores.

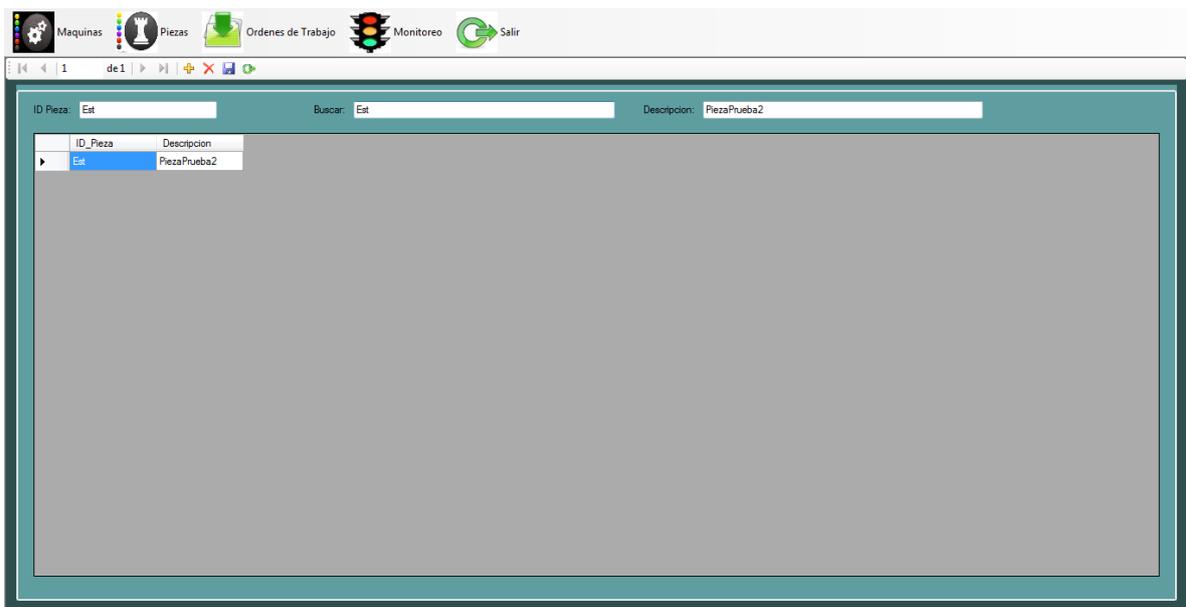


Figura 7.20: Resultado de la búsqueda de la pieza con ID Est. Fuente: Autores.

Una vez ingresada la orden de trabajo propuesta para la prueba realizamos una consulta para la comprobación del correcto ingreso de la orden.

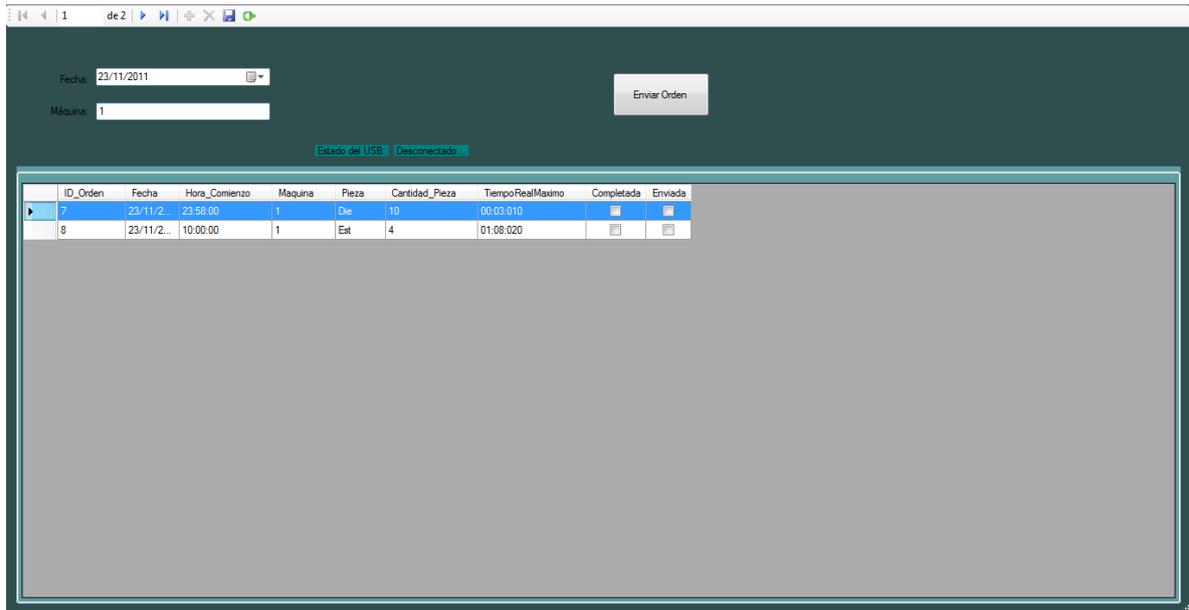


Figura 7.21: Resultado de la búsqueda de la Orden de trabajo con fecha 23/11/2011 asignada a la máquina 1.

Una vez comprobada la creación de la orden de trabajo se procede a acceder al menú Monitoreo donde se enviará la orden de trabajo. El hardware reaccionó de la misma manera que en la prueba de hardware con lo que concluye el test de funcionamiento de todo el sistema.

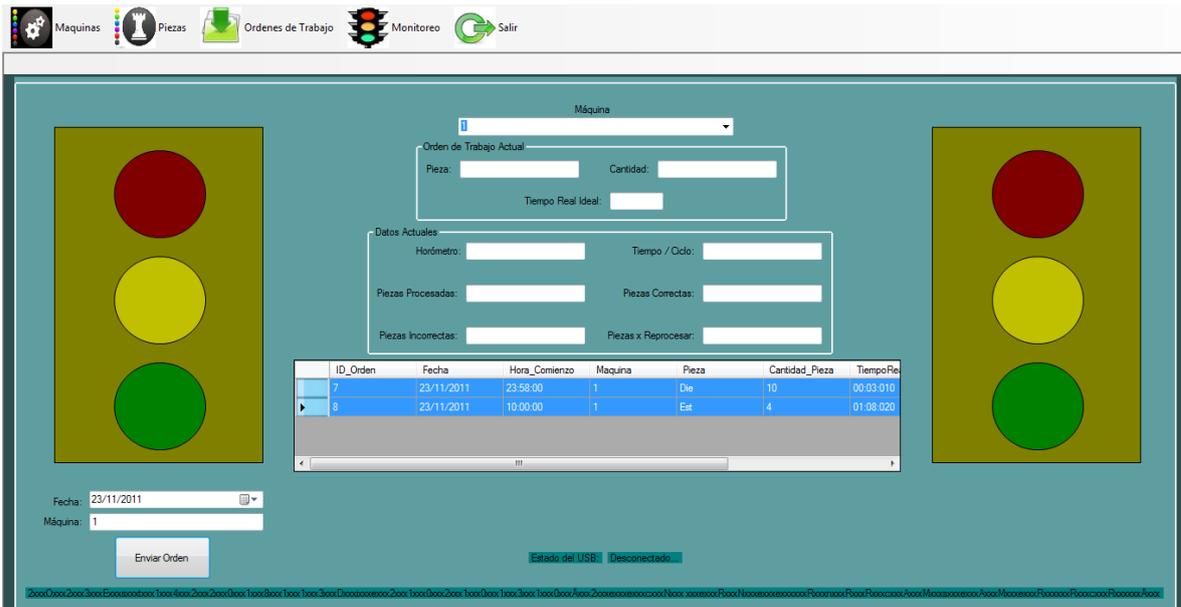


Figura 7.22: Captura de pantalla del formulario Monitoreo una vez enviada la orden de trabajo ingresada para la prueba de software. Fuente: Autores.

Ahora buscando entrelazar los capítulos iniciales, que tratan sobre el control de la producción, con los capítulos finales, en los que se relata el desarrollo del producto y sus funciones, se desarrollará un ejemplo de control de producción donde los datos captados por el sistema se convertirán en información muy útil y oportuna para la planificación correcta de la producción.

El objetivo del departamento de producción es determinar la capacidad real de cada recurso que tiene a su cargo y controlar la misma por medio de informes de producción y mediante esto asignar la producción a cada recurso acorde a lo calculado. Para lo cual se utiliza la hoja de producción.

PROGRAMA DE PRODUCCION							
	Horas	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	TOTAL
CAPACIDAD DIARIA UN.							
HORAS EXTRAS							
						TOTAL	0

Tabla 7.2: Hoja de producción a rellenar. Fuente: Autores.

Para conseguir la información necesaria para llenar el programa de producción es necesario que el sistema nos brinde ciertos datos básicos que una vez procesados nos dará la información mencionada anteriormente.

Los datos iniciales son: porcentaje de daños mecánicos, porcentaje de daños eléctricos, porcentaje de piezas defectuosas, porcentaje de ausentismo, porcentaje de tiempo de calibración de máquinas, eficiencia de la producción. Además se necesita conocer un promedio de los tiempos por pieza realizados anteriormente, un porcentaje de demoras permisible que comprenda necesidades biológicas de los empleados entre otras cosas y la eficiencia del operador al manejar la máquina en cuestión.

El sistema puede aportar varios de estos datos. Mediante el cronometraje del tiempo de elaboración de cada pieza, se puede determinar el compendio de datos de tiempo para obtener un promedio. Además se puede conocer el porcentaje de piezas defectuosas realizadas de un lote, lo que nos entrega un historial confiable en el cual basarse para realizar la hoja de producción. El resto de datos que no entrega el sistema se pueden inferir si se almacenan los datos de producción de una o varias jornadas y calcular los datos faltantes.

DATOS				
PEDIDO	7000 UN/SEMANA			
T.TRABAJO	40 H/SEMANA =		2400 MIN/SEMANA	
DAÑO MECANICO	1.80%			
DAÑO ELECTRICO	0.70%			
PZ. DEFECTUOSAS	3.50%			
AUSENTISMO	2.30%			
CALIBRACION MAQ.	0.50%			
EFICIENCIA	85%			

TIEMPO MEDIDO MIN.	12.869
EFICIENCIA	95%
PERMISIBLE	1.20%
MUESTRAS TOMADAS	10

Tabla 7.3: Datos para el ejemplo de control de producción. Fuente: Autores.

HOJA DE TIEMPOS					
SUMATORIA	TIEMPO PROMEDIO	EFICIENCIA	T. NORMAL	PERMISIBLE	T.ESTANDAR
12.869	1.2869	95%	1.355	0.012	1.371

Tabla 7.4: Hoja de tiempos. Fuente: Autores.

La hoja de tiempos contiene el tiempo promedio, resultado del compendio de datos medidos en jornadas anteriores. El tiempo normal es la razón entre el tiempo promedio y la eficiencia del operador. El tiempo estándar en desarrollar una pieza es la suma del tiempo normal más el porcentaje permisible de demoras multiplicado por tiempo normal.

Para determinar el tiempo real que se demora en realizar una pieza un operador, se divide el tiempo estándar sobre la eficiencia de la producción. Si se busca determinar el tiempo perdido en la operación, se multiplicará el tiempo estándar por la suma de los porcentajes de tiempos perdidos debido a daños eléctricos, daños mecánicos, ausentismo y calibración de máquinas. Por lo tanto podemos concluir que el tiempo requerido para realizar una unidad de producción es la suma del tiempo real mas el tiempo perdido en el proceso.

El número real de piezas que se deben producir es la multiplicación del porcentaje de piezas defectuosas por el número de productos solicitados, aumentando obviamente el número de productos solicitados. Con estos valores se puede determinar el tiempo total requerido para elaborar el pedido solamente con piezas correctas.

	T. ESTÁNDAR	T REAL	T. PERDIDO	T. REQUERIDO	UN. TOTALES PRODUCIDAS	T. REQUERIDO TOTOAL
OPERACIONES	MIN	TS/EFC.	TS X % DE DAÑOS,AUST, CALIBR.	T. TEAL + T. PERDIDO	PEDIDO X PZ. DEFECTUOSAS	T.REQUERIDO X UN. TOTALES PROD.
TROQUELADO	1.371	1.613	0.073	1.685	7245	12211.197

Tabla 7.5: Cálculo del tiempo necesario para cumplir satisfactoriamente con el pedido.

Fuente: Autores.

Si se divide el tiempo requerido total para el tiempo disponible, se obtendrá el número necesario de máquinas, cabe aclarar que a pesar de resultar un número con cifras decimales este debe ser redondeado al número superior o en su defecto asignar horas extra de trabajo con el fin de incrementar el tiempo disponible.

Al determinar la capacidad de la producción podremos calcular la utilización del sistema de producción. La capacidad, como se comentó en capítulos anteriores, se divide en teórica, práctica y real.

La capacidad teórica se obtiene dividiendo el producto de número de máquinas por el tiempo disponible y por el pedido, sin considerar el desperdicio por piezas defectuosas, para el producto entre el tiempo estándar y el pedido.

La capacidad práctica se obtiene al dividir el numerador de la capacidad teórica para el tiempo requerido total.

La capacidad real se calcula multiplicando el numerador de la capacidad teórica por el pedido restado de las piezas defectuosas y dividiendo este resultado para el producto del tiempo requerido por el pedido menos el número de piezas defectuosas.

CAP. TEORICA	<u>Nro. De maq. X t. disponible X pedido</u>	<u>16800000</u>	1751 un/SEMANA
	t. estandar X pedido	9596.210105	
CAP. PRACTICA	<u>Nro. De maq. X t. disponible X pedido</u>	<u>16800000</u>	1376 un/SEMANA
	t. requerido X nro. Un. Totales	12211.197	
CAP. REAL	<u>Nro. De maq. X t. disponible X (pedido-defectuosas)</u>	<u>16212000</u>	1424 un/ SEMANA
	t. requerido totoal	11385.31905	

Tabla 7.6: Cálculo de capacidad teórica, práctica y real. Fuente: Autores.

La utilización de los recursos de producción se calcula dividiendo el número de piezas del pedido para la capacidad real. Las unidades por hora que se pueden producir se calcula transformando a horas el tiempo requerido que viene dado en minutos.

nro. Maquinas	OPERACIONES	NRO. DE MAQUINAS	UTILIZACION	U/HORA
		T. REQUERIDO TOTAL/T. DISPONIBLE	PROD. REQ./ CAP. SECCION	
1	TROQUELADO	5.1	4.9	36

Tabla 7.7: Cálculo de utilización, numero de máquinas y unidades por hora. Fuente: Autores.

Multiplicando el número de unidades por hora que se puede realizar por el número de horas disponibles al día se determina las unidades realizadas a la semana, luego se puede jugar con el número de horas extras hasta lograr completar la producción. Si de esta forma no se puede completar con el pedido entonces se deberá, necesariamente, aumentar los recursos capitales.

Aumentando el número de máquinas una unidad se obtiene el siguiente programa de producción:

PROGRAMA DE PRODUCCION		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	TOTAL
	Horas						
CAPACIDAD DIARIA UN.	8	570	570	570	570	570	2848
HORAS EXTRAS	13	926	926	926	926	926	4628
						TOTAL	7476

Tabla 7.8: Programa de producción para cumplir con el pedido semanal.

Fuente: Autores.

Como podemos observar la producción sobrepasa el pedido, dependiendo del tipo de actividad productiva de la empresa, este sobrante se puede almacenar para la siguiente semana.

CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la actualidad todas las empresas buscan mejorar sus procesos y obviamente para ello se necesita controlar cada vez más la ejecución de procesos por lo que es recomendable el uso de tecnología apropiada que brinde información veraz, confiable y oportuna. El sistema desarrollado está pensado para adaptarse a cualquier tipo de proceso, pues el diseño abarca desde el procesamiento y comunicación de datos hasta la toma de los mismos.

La toma de datos del sistema se adapta a todo tipo de sensor de corriente continua lo que brinda la facilidad de adaptación al proceso. Es importante que el encargado de la producción determine la mejor manera de tomar los datos, es decir, en qué punto de la producción recoger los datos según sea la información que se quiere.

Los informes de producción deben ser elaborados por el personal encargado del control de la misma puesto que los datos se deben interpretar de acuerdo al objetivo que se persigue y conforme sea el tipo de producción que se controla.

El sistema desarrollado es una herramienta que brinda mucha ayuda al reducir el tiempo de entrega de las órdenes de trabajo al punto de producción mediante la comunicación entre el TCP, el enrutador de comunicaciones y el PC. De igual manera los datos que se envían desde el TCP hasta el PC en tiempo real brindan la posibilidad de controlar rápida y eficientemente la producción realizando estudios de eficiencia y utilización reales.

Para el desarrollo de un producto más potente es necesario que se utilice microcontroladores con más capacidad en cuanto a la memoria RAM pues la misma

está completamente utilizada en el PIC18F4480 lo que impide la utilización de variables de almacenamiento de datos de mayor capacidad.

Al momento de la instalación es recomendable que se tome en cuenta el ambiente en el que se va a desempeñar el sistema puesto que la transmisión CAN puede ser más inmune al ruido según la velocidad de transmisión.

BIBLIOGRAFÍA:

FOGARTY, Donald, y otros, *Administración de la producción e inventarios*, Segunda Edición, Compañía editorial Continental S.A. de C.V., México, 1999.

NIEBEL, Benjamín, *Ingeniería Industrial*, Segunda Edición, Editorial Alfaomega, México, 1990.

PHILIP, Hicks, *Ingeniería Industrial y Administración: Una nueva perspectiva*, Editorial CECSA, 1999.

GARCÍA, Criollo Roberto, *Estudio del Trabajo: Medición del trabajo*, Editorial Mc Graw Hill, 1998.

ALLEN, Roy, *Manual de Ingeniería y Organización Industrial*, Editorial Reverté, 1987.

IBRAHIM, Dogan, *Microcontroller Projects in C from USB to ZIGBEE with the PIC 18F Series*, Editorial Newnes, 2008.

HYDE, John, *USB Design by Example a practical Guide to Building I/O Devices*, Intel.

BLANCO, Luis Miguel, *Programación en Visual Basic .NET*, Grupo Eidos, España ,2002