

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“Plan de Negocios de una Empresa que Construirá y  
Comercializará un Sistema de  
Pesaje Dinámico Aplicado a Bandas Transportadoras”

**TÓPICO DE GRADUACIÓN**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

Presentada por:

Joe Xavier Benítez Moreno

Mabel Verónica Espín Noboa

Jorge Roberto Hoyos Zavala

GUAYAQUIL – ECUADOR

2006

# DEDICATORIA

A DIOS

A NUESTROS PADRES

A NUESTROS HERMANOS

## AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ingeniero Víctor Bastidas, Director del Tópico de Graduación por su invaluable guía.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Holger Cevallos U.  
SUBDECANO DE LA FIEC  
PRESIDENTE

---

Ing. Víctor Bastidas B.  
DIRECTOR DE TÓPICO

---

Ing. Miguel Yapur A.  
VOCAL

---

Ing. Sara Ríos O.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este trabajo en modalidad Tópico de Graduación, nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

Jorge Hoyos Zavala

---

Mabel Espín Noboa

---

Joe Benítez Moreno

## RESUMEN EJECUTIVO

El mejoramiento de la productividad y la competitividad a través del uso de herramientas tecnológicas adaptables y flexibles es una necesidad de las empresas actuales ante la apertura global de mercados y la existencia de competidores cada vez más fuertes.

Por ello, Prisma Solutions, una compañía anónima ecuatoriana, planea ingresar al mercado con una oferta de productos y servicios concebidos bajo los conceptos de la electrónica y las telecomunicaciones. El primero de ellos es Dynaweight, el primer sistema de pesaje dinámico creado en el Ecuador, diseñado para empresas del Ecuador. El precio base de este producto ha sido calculado en \$ 4.756.

Entre sus ventajas se destacan una significativa reducción en el número de componentes electrónicos en comparación a sistemas empleados en empresas locales. Gracias a su versatilidad y flexibilidad, puede atender hasta 16 puntos de pesaje al mismo tiempo, y tiene la capacidad de guardar parámetros de peso para un posterior análisis de productividad.

El mercado objetivo de este producto lo forman las empresas del sector industrial que emplean bandas transportadoras en sus procesos productivos

y que requieren un pesaje continuo de los materiales que pasan sobre ellas. Ejemplos de estas empresas son las concreteras, hormigoneras, de agregados, entre otras, las cuales en su mayoría son productores, poseen infraestructura propia y necesitan del pesaje tanto de materia prima como de productos finales. La demanda estimada para el primer año de operaciones es de cinco sistemas de pesaje.

La inversión de arranque de este negocio ha sido calculada en \$ 8.270, lo que contempla los activos de la compañía y gastos de operación y administración del primer mes.

Del análisis económico financiero realizado para un período de 5 años, se obtuvo que el Valor Actual Neto (VAN) del negocio es de \$ 12.918, y la Tasa Interna de Retorno del 69,7%. Estos valores suponen un negocio rentable.

Una de las debilidades del negocio es su sensibilidad a las ventas, dado que a un 10% de reducción en las ventas, el Valor Actual Neto (VAN) del negocio es negativo, lo que supone falta de rentabilidad.

## RESUMEN TÉCNICO

El sistema de pesaje dinámico basado en adquisición por computadora propuesto, está diseñado para acondicionar el voltaje a la salida de dos celdas de carga, transmitir esta señal a largas distancias para su posterior muestreo por medio de una tarjeta de adquisición de datos instalada en un computador.

Las muestras de voltaje adquiridas se convierten a peso, y éstas a su vez ingresan a un modelo matemático que representa el comportamiento del sistema de pesaje.

La aplicación presenta en pantalla la carga resultante, carga acumulada, peso muerto del sistema de bandas y la velocidad de producción. El usuario está en la capacidad de configurar ciertos parámetros que pueden cambiar a lo largo de la vida de la banda como son: velocidad, longitud de la plataforma de pesaje, número de celdas instaladas, inclinación de la banda.

El porcentaje de error promedio del sistema de pesaje propuesto es de 5,62%, menor al 10% que actualmente especifican la mayoría de los fabricantes de firmas extranjeras para sus productos similares.

TEMA: PLAN DE NEGOCIOS DE UNA EMPRESA QUE CONSTRUIRÁ Y  
COMERCIALIZARÁ UN SISTEMA DE PESAJE DINÁMICO APLICADO A  
BANDAS TRANSPORTADORAS

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN EJECUTIVO .....	I
RESUMEN TÉCNICO .....	III
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIV
INTRODUCCIÓN .....	16
CAPÍTULO 1	
1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	17
1.1. Misión.....	17
1.2. Visión .....	18
1.3. Objetivos del emprendimiento.....	18
1.4. Valoración global del negocio.....	18
1.4.1. Oportunidades.....	18
1.4.2. Fortalezas.....	19
1.4.3. Facilidades .....	19

## CAPÍTULO 2

2. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO.....	20
2.1. Justificación.....	20
2.2. Objetivos .....	21
2.3. Ventajas competitivas .....	21
2.4. Funcionalidad .....	22

## CAPÍTULO 3

3. EL MERCADO .....	23
3.1. Clientes potenciales .....	23
3.2. Volumen estimado de ventas .....	24
3.2.1. Decisión de compra de los clientes .....	25
3.3. Análisis de la competencia .....	26
3.3.1. Competidores indirectos.....	27

## CAPÍTULO 4

4. ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE LA EMPRESA.....	28
4.1. Estrategia de introducción al mercado .....	28
4.2. Estrategia de precios.....	29
4.3. Estrategia de ventas.....	30
4.4. Estrategia de promoción .....	31
4.5. Estrategia de distribución .....	31
4.6. Procesos críticos en costos.....	32
4.7. Recomendaciones para control de costos .....	32

4.8. Políticas de servicio.....	33
CAPÍTULO 5	
5. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA Y PLAN DE TRABAJO .....	34
5.1. La compañía y sus socios .....	34
5.2. Equipo directivo.....	35
5.3. Organización de la empresa.....	36
5.4. Personal ejecutivo .....	37
5.5. Empleados .....	38
5.6. Planta de personal .....	38
5.7. Políticas de administración de personal .....	40
5.7.1. Tipo de contratos.....	40
5.8. Bonificaciones, décimos .....	40
5.9. Política salarial .....	42
5.10. Participación de utilidades.....	42
5.11. Marco legal y social de la organización.....	43
5.11.1. Aspectos legales .....	43
5.12. Análisis ambiental .....	44
5.13. Plan de trabajo .....	44
5.13.1. Políticas para el desarrollo de proyectos.....	45
CAPÍTULO 6	
6. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	46
6.1. Equipos, software y maquinaria .....	46

6.2. Distribución de planta.....	47
6.3. Departamentos y talleres .....	48
6.4. Inversiones necesarias.....	49
6.5. Análisis de costos.....	50
6.6. Presupuesto de compras .....	52
6.7. Presupuesto de personal .....	54
6.8. Presupuesto de Ingresos .....	55
CAPÍTULO 7	
7. ANÁLISIS FINANCIERO.....	56
7.1. Flujo de caja proyectado sin financiamiento.....	56
7.2. Flujo de caja con financiamiento .....	57
7.3. Rentabilidad del proyecto.....	58
7.4. Estado de resultados.....	58
7.5. Punto de equilibrio.....	59
7.6. Período de recuperación .....	60
7.7. Balance general .....	61
CAPÍTULO 8	
8. ANÁLISIS DE RIESGOS E INTANGIBLES.....	63
8.1. Riesgos de mercado .....	63
8.1.1. Debilidades.....	63
8.1.2. Amenazas .....	63
8.1.3. Riesgos financieros .....	64

8.2. Análisis de sensibilidad .....	64
CAPÍTULO 9	
9. INTRODUCCIÓN A LA ADQUISICIÓN DE DATOS .....	65
9.1. Transductores .....	65
9.2. Circuito de acondicionamiento de señales .....	66
9.2.1. Excitación .....	67
9.2.2. Amplificación .....	67
9.2.3. Conversión voltaje-corriente .....	68
9.2.4. Filtrado .....	68
9.3. Sistemas de adquisición de entrada analógica .....	69
9.3.1. Resolución.....	69
9.3.2. Rango de entrada.....	70
9.3.3. Ganancia .....	70
9.3.4. Tasa de muestreo.....	71
9.4. Software de desarrollo .....	72
9.4.1. Ambiente de programación .....	72
CAPÍTULO 10	
10. SISTEMAS DE PESAJE DINÁMICO .....	74
10.1. Conceptos y principios generales.....	74
10.2. Transductor de peso - celda de carga.....	76
10.2.1. Parámetros de selección de las celdas de carga .....	78
10.2.2. Capacidad del sistema de pesaje con celdas de carga.....	80

10.2.3. Función de transferencia de la celda de carga.....	80
10.3. Generalidades de los sistemas de bandas transportadoras.....	81
10.3.1. Balanzas en bandas transportadoras .....	81
10.3.2. Plataforma de pesaje.....	82
10.3.3. Medición del peso sobre una banda transportadora.....	83
CAPÍTULO 11	
11. IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS .....	85
11.1. Modelamiento de sistemas.....	85
11.2. Formas de identificar un sistema.....	86
11.3. Definición del método de identificación .....	88
11.3.1. Identificación por respuesta al escalón.....	88
11.3.2. Modelo ideal .....	89
11.3.3. Modelo real.....	91
11.4. Optimización en la identificación .....	92
CAPÍTULO 12	
12. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	93
12.1. Diagrama de bloques .....	93
12.2. Diseño del hardware .....	95
12.2.1. Fuente de alimentación .....	95
12.2.2. Celdas de carga .....	97
12.2.3. Amplificador de instrumentación.....	99
12.2.4. Convertidor de voltaje a corriente.....	102

12.2.5. Convertidor de corriente a voltaje.....	105
12.2.6. Tarjeta de adquisición de datos Daq board 500 .....	106
12.2.7. Diagrama esquemático del circuito.....	114
12.3. Diseño del software.....	115
12.3.1. Requerimientos del computador.....	115
12.3.2. Flujos del programa.....	116
CAPÍTULO 13	
13. FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA.....	120
13.1. Programa principal .....	121
13.1.1. Panel frontal .....	121
13.1.2. Diagrama de bloques .....	121
13.1.3. Controles e indicadores.....	132
13.1.4. Lista de subVIs.....	135
CAPÍTULO 14	
14. DESARROLLO DE PRUEBAS Y RESULTADOS.....	137
14.1. Área de trabajo.....	137
14.2. Requerimientos .....	140
14.2.1. Personal .....	140
14.2.2. Materiales y equipos.....	140
14.3. Prueba 1.....	140
14.3.1. Objetivo .....	140
14.3.2. Procedimiento.....	141

14.4. Prueba 2.....	141
14.4.1. Objetivo .....	141
14.4.2. Procedimiento.....	142
14.5. Prueba 3.....	143
14.5.1. Objetivo .....	143
14.5.2. Procedimiento.....	143
14.6. Análisis .....	143
14.6.1. Prueba 1 .....	144
14.6.2. Prueba 2.....	146
14.6.3. Prueba 3.....	149
14.7. Comentarios sobre las pruebas.....	150
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	151
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA .....	154

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 6.1. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.....	47
FIGURA 6.2. DISTRIBUCIÓN DEPARTAMENTAL .....	48
FIGURA 9.1. EFECTOS DE LA RESOLUCIÓN EN LA PRECISIÓN.....	70
FIGURA 9.2. EFECTOS DEL RANGO EN LA PRECISIÓN DEL ADC. ....	70
FIGURA 9.3. EFECTOS DE LA GANANCIA EN LA PRECISIÓN.....	71
FIGURA 10.1. SENSOR DE PESO AFECTADO POR RUIDO.....	75
FIGURA 10.2. PUENTE DE WHEATSTONE.....	76
FIGURA 10.3. SOBRECARGA ESTÁTICA.....	79
FIGURA 10.4. SOBRECARGA DE IMPACTO.....	79
FIGURA 10.5. PLATAFORMA DE PESAJE SIMPLE .....	83
FIGURA 11.1. IDENTIFICACIÓN EXPERIMENTAL DE UN MODELO .....	87
FIGURA 11.2. RESPUESTA ANTE UN ESCALÓN.....	88
FIGURA 11.3. CARGA PUNTUAL SOBRE MODELO IDEAL.....	89
FIGURA 11.4. ESCALÓN UNITARIO EN MODELO REAL .....	91
FIGURA 11.5. VALIDACIÓN DE UN MODELO .....	92
FIGURA 12.1. DIAGRAMA DE BLOQUES PROPUESTO.....	93
FIGURA 12.3. PUENTES DE WHEATSTONE EN PARALELO.....	98
FIGURA 12.4. AMPLIFICADOR DIFERENCIAL. G VARIABLE.....	100
FIGURA 12.5. CONVERSIÓN A CORRIENTE.....	103

FIGURA.12.6. CONFIGURACIÓN DE ENTRADA SE .....	107
FIGURA.12.7. VOLTAJE vs. PESO .....	108
FIGURA.4.8. VOLTAJE vs. CORRIENTE TRANSMITIDA.....	109
FIGURA.12.9. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PRINCIPAL .....	116
FIGURA12.10 SUBROUTINA DE CONFIGURACIÓN DE CANALES DE ADQUISICIÓN .....	117
FIGURA 12.11. SUBROUTINA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	118
FIGURA 12.12. SUBROUTINA DE CONVERSIÓN VOLTAJE - PESO.....	119
FIGURA.13.1. PANEL FRONTAL DE LA APLICACIÓN .....	121
FIGURA.13.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA .....	122
FIGURA 14.1. ÁREA DE PRUEBAS.....	138
FIGURA 14.2. INSTALACIÓN DE BALANZA .....	138
FIGURA 14.3. INSTALACIÓN DEL COMPUTADOR.....	139
FIGURA 14.4. CAJA DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL.....	139
FIGURA 14.5. ADQUISICIÓN, BANDA VACÍA Y DETENIDA .....	144
FIGURA 14.6. ADQUISICIÓN, BANDA VACÍA EN MOVIMIENTO.....	144
FIGURA 14.7. DATOS ADQUIRIDOS PARA BANDA CON CARGA Y DETENIDA.....	145
FIGURA 14.8. DATOS ADQUIRIDOS PARA BANDA CON CARGA EN MOVIMIENTO.....	145

**ÍNDICE DE TABLAS**

	Pág.
TABLA 1 MERCADO TOTAL OBJETIVO .....	24
TABLA 2 MERCADO TOTAL OBJETIVO .....	25
TABLA 3 PRECIOS DEL PRODUCTO .....	30
TABLA 4 SALARIOS DE PERSONAL .....	39
TABLA 5 BENEFICIOS EN SUELDOS .....	39
TABLA 6 RECURSOS NECESARIOS SEGÚN ACTIVIDAD .....	46
TABLA 7 INVERSIÓN DE ACTIVOS FIJOS .....	49
TABLA 8 COSTO FIJO ANUAL .....	50
TABLA 9 COSTO UNITARIO DYNAWEIGHT.....	51
TABLA 10 COSTO POR PUNTO DE PESAJE ADICIONAL.....	51
TABLA 11 PRESUPUESTO DE CONSUMO SISTEMA BÁSICO.....	52
TABLA 12 PRESUPUESTO DE CONSUMO POR PUNTO DE PESAJE .....	53
TABLA 13 COMPRA DE MATERIALES, SERVICIOS E INSUMOS.....	53
TABLA 14 DESEMBOLSOS POR PERSONAL .....	54
TABLA 15 PRESUPUESTO DE PERSONAL .....	54
TABLA 16 PRESUPUESTO DE INGRESOS.....	55
TABLA 17 FLUJO DE FONDOS SIN FINANCIAMIENTO .....	56
TABLA 18 FLUJO DE FONDOS CON FINANCIAMIENTO .....	57
TABLA 19 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD .....	58

TABLA 20 ESTADO DE RESULTADOS.....	58
TABLA 21 PUNTO DE EQUILIBRIO SISTEMA ELECTRÓNICO .....	59
TABLA 22 RETORNO DE LA INVERSIÓN.....	60
TABLA 23 BALANCE GENERAL.....	61
TABLA 24 ANÁLISIS DE RIESGOS .....	64
TABLA 25 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	64
TABLA 26 TRANSDUCTORES Y VARIABLES RELACIONADAS .....	66
TABLA 27 PESO TRANSPORTADO POR METRO .....	146
TABLA 28 MUESTRAS DURANTE LLENADO DE BANDA .....	148
TABLA 29 RESULTADOS DE LA PRUEBA .....	150

# INTRODUCCIÓN

Este documento presenta el plan de negocios y la descripción técnica del sistema de pesaje dinámico aplicado sobre bandas transportadoras Dynaweight. La empresa Prisma Solutions, tiene previsto introducir este producto en el mercado ecuatoriano.

Desde el capítulo 1 al 8 del presente documento se describe el plan de negocios, en donde inicialmente se muestra la naturaleza de la empresa, así como la justificación del negocio alrededor de este producto, mediante las oportunidades, fortalezas y facilidades detectadas.

En el capítulo 2 se plantea una descripción general de Dynaweight, sus ventajas competitivas, y funcionalidad. Para luego entre los capítulos 3 y 4 analizar el mercado potencial del sistema de pesaje propuesto, decisiones de compra de los clientes así como la competencia existente. Con este análisis se plantean además las estrategias elegidas para la introducción del producto al mercado, la inversión necesaria y la rentabilidad.

La descripción técnica del sistema de pesaje propuesto se describe entre los capítulos 1 y 7 del Anexo.

# **CAPÍTULO 1**

## **DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

Prisma Solutions, es una empresa que se dedica al desarrollo de soluciones en electrónica y telecomunicaciones por medio de la creación de nuevos productos y la integración de tecnologías existentes.

Nace debido a la necesidad de la industria ecuatoriana de incrementar su competitividad a través de la inclusión de tecnología en sus procesos y cumplir así con las exigencias de un mundo globalizado.

### **1.1. Misión**

Desarrollar herramientas de hardware y software que solucionen problemas específicos de las empresas a través de un servicio directo, que garantice productos y servicios de calidad.

## **1.2. Visión**

Ser una organización con un alto nivel de conocimientos, con un personal comprometido y con capacidad para ejecutar proyectos en las áreas de electrónica y telecomunicaciones que contribuyan al desarrollo tecnológico del Ecuador.

## **1.3. Objetivos del emprendimiento**

Entre los objetivos de la empresa a corto plazo están:

- Lograr alianzas estratégicas con otras empresas del sector.
- Proteger los productos con el registro de la propiedad intelectual.
- Promocionar y comercializar nuestros productos a nivel nacional.

Entre los objetivos a largo plazo están:

- Incursionar en el mercado tecnológico del Área Andina.
- Conseguir una posición sólida en Sudamérica como fabricantes de productos tecnológicos para clientes nacionales y extranjeros.

## **1.4. Valoración global del negocio**

### **1.4.1. Oportunidades**

- El mejoramiento de la productividad y competitividad con

ayuda de la tecnología, es una necesidad que se intensifica en las empresas en la vigencia de acuerdos de libre comercio entre los países.

- Debido a la naturaleza del negocio, existe la posibilidad de diversificación de mercados y productos.

#### **1.4.2. Fortalezas**

- Prisma Solutions posee líderes con altos conocimientos en electrónica y telecomunicaciones.
- Los competidores en el mercado local son escasos.
- Los productos tecnológicos del exterior son costosos.

#### **1.4.3. Facilidades**

- Debido al uso de un sistema de adquisición de datos, se reduce la cantidad de componentes del producto, lo que aminora costos de instalación y mantenimiento.
- Independencia de mano de obra extranjera para el desarrollo y mantenimiento de los productos lo que elimina los altos costos de traslados y hospedaje.

# **CAPÍTULO 2**

## **DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO**

El sistema de pesaje propuesto “Dynaweight”, integra tecnologías existentes en un solo producto que contabiliza la cantidad de material que pasa sobre una banda transportadora en un determinado período de tiempo y muestra el resultado en la pantalla de un computador.

Para conocer la información relacionada con el diseño, elaboración e implementación del prototipo del producto, véase el capítulo 12.

### **2.1. Justificación**

En la industria de agregados para la construcción, la elaboración de productos como piedra chispa, arena fina y gruesa, involucra el procesamiento de piedras de gran tamaño cuyo transporte a lo largo del sistema se realiza por medio de bandas transportadoras.

La cantidad de piedra que ingresa al proceso se mide según el número de volquetas compradas, mientras que por lo general, el volumen de producto obtenido se calcula mediante un estudio topográfico, el cual tiene un porcentaje de confiabilidad del 90%. El 10% restante, es considerado como pérdida sin ser realmente cierto, por lo que merma la productividad de la empresa.

## **2.2. Objetivos**

- Determinar al instante la cantidad de material que procesa una planta de agregados para la construcción, a través de un sistema de pesaje dinámico.
- Implementar un sistema de pesaje continuo que no genere altos costos de mantenimiento.

## **2.3. Ventajas competitivas**

- Dynaweight reduce el número de componentes a usarse para la ejecución de procesos de pesaje.
- Almacena en un archivo de texto parámetros de peso que permitan un posterior análisis de la productividad de la planta.
- Debido a su versatilidad y flexibilidad, un solo sistema puede

atender hasta 16 puntos de pesaje al mismo tiempo.

- Fácil operación y soporte a través de personal nacional altamente capacitado.

#### **2.4. Funcionalidad**

El sistema de pesaje propuesto realiza las siguientes funciones:

- Detecta carga en movimiento.
- Indica la presencia de sobrecargas.
- Almacena el valor acumulado del peso desde el primer día de funcionamiento.
- Considera valores externos al sistema, tales como inclinación, velocidad, peso y longitud de la banda transportadora.
- Muestra fecha y hora.

# **CAPÍTULO 3**

## **EL MERCADO**

Dynaweight está dirigido a un segmento de mercado del sector industrial, formado por empresas que utilizan bandas transportadoras en sus procesos productivos y que requieren pesar el producto que pasa sobre ellas. Esto se refiere inicialmente a las empresas no petroleras de explotación de minas y canteras, hormigoneras y cementeras.

### **3.1. Clientes potenciales**

Existen 280 empresas consideradas clientes potenciales para el producto, según se detalla en la Tabla 1. Esta cifra resulta del total de empresas hormigoneras, cementeras y las dedicadas a la explotación de minas y canteras, registradas en la base de datos de la Superintendencia de Compañías y del Banco Central del Ecuador.

**TABLA 1**  
**MERCADO TOTAL OBJETIVO**

SEGMENTO	Nº EMPRESAS
1. Extracción de Minas y Canteras	181
2. Hormigoneras y Cementeras	99
Mercado Objetivo	280

La característica principal de estos clientes es que en su mayoría son productores, poseen infraestructura propia y requieren del pesaje tanto de materia prima como de productos finales.

Según estadísticas de la Dirección Nacional de Minería, la fabricación de caliza es la de mayor producción dentro de este segmento, seguido de los materiales para la construcción.

Además, la explotación de minas y canteras aportó con el 12,41% al Producto Interno Bruto (PIB) nacional entre los años 1994 al 2005, situándose como el de mayor aporte luego de la industria del Comercio al por mayor y menor, lo que supone un mercado competitivo.

### **3.2. Volumen estimado de ventas**

Considerando que tanto el producto propuesto como la empresa son

nuevos para el mercado objetivo, se considera captar una fracción de mercado conservadora durante los primeros cinco años, lo que arroja un estimado de ventas de 8 a 14 sistemas de pesaje al año.

**TABLA 2**  
**MERCADO TOTAL OBJETIVO**

DESCRIPCIÓN	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Mercado total ( Uds )	280	280	280	280	280
Volumen estimado de ventas	23	27	28	29	33
Fraccion de mercado	8%	10%	10%	10%	12%
Desgloce estimado de ventas					
# Sistema básico	8	11	11	11	14
# Puntos de pesaje adicional	15	16	17	18	19

### 3.2.1. Decisión de compra de los clientes

Luego de un estudio realizado entre las empresas antes mencionadas, se concluye que sus factores de decisión ante el producto son:

- El pesaje de materiales es un paso necesario en la fabricación de sus productos.
- El precio es un factor importante, pero no limita su decisión, además el pago a crédito es una opción para cancelación de deudas a proveedores.

### 3.3. Análisis de la competencia

En el mercado ecuatoriano no se tienen empresas productoras de sistemas de pesaje dinámico. La mayor parte de protagonistas del mercado se conforma por proveedores regionales de productos.

Según estadísticas del Banco Central del Ecuador, la partida 842320, correspondiente a “básculas y balanzas para pesaje continuo sobre transportador” tiene una balanza comercial negativa. El 100% de los productos relacionados provienen de las importaciones y las exportaciones son nulas. Colombia se situó como el mayor proveedor de estos sistemas al mercado local en el 2005. Mientras que Italia lo fue en el año anterior.

A continuación se describen uno de los sistemas referidos:

- El **Intecont Plus** realiza el pesaje del material en movimiento que pasa a través de una banda transportadora. Disponible a través de distribuidores locales, con oficinas en el exterior, lo cual aumenta su valor y dificulta el mantenimiento y asesoría.

### 3.3.1. Competidores indirectos

Actualmente en el mercado ecuatoriano existe una diversidad de proveedores de soluciones para el pesaje de productos y materia prima. Entre ellos podemos nombrar a:

- Balanzas Doran que distribuye celdas de carga, balanzas estáticas electrónicas y mecánicas.
- Ingetron S.A., que diseña sistemas de pesaje de uso general, ensacadoras y dosificadores.
- Tecnoescala, que distribuye sistemas de pesaje estático electrónico y mecánico.

Estas empresas son consideradas competidores indirectos puesto que no ofrecen un sistema completo que integre el pesaje dinámico de materiales y el monitoreo por software proporcionado por Dynaweight.

# **CAPÍTULO 4**

## **ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE LA EMPRESA**

En este capítulo se definen las estrategias que le permiten a la empresa captar la atención del mercado y atender de forma más rentable y mejor que la competencia.

### **4.1. Estrategia de introducción al mercado**

Para introducir nuestro producto al mercado, se toman las siguientes consideraciones:

- Productos similares a Dynaweight se encuentran en el mercado internacional.
- Los productos actuales se diseñan para cubrir una serie de necesidades presentes en empresas extranjeras los cuales difieren con los requerimientos encontrados en empresas

ecuatorianas.

- Los productos existentes tienen un alto costo y están disponibles por canales de distribución muy lentos.

#### 4.2. Estrategia de precios

**Precios de la competencia.-** Los productos de pesaje dinámico que ofrecen competidores extranjeros, tienen un precio promedio de 6.000 dólares en el país. Este valor incluye los costos de instalación, el equipo electrónico de pesaje y una estructura de hierro. La instalación y configuración la realiza personal extranjero.

**Precio de Dynaweight.-** El precio base para el sistema de pesaje propuesto por Prisma Solutions, está calculado en función de los componentes necesarios para su construcción, el diseño de la aplicación, gastos de instalación y un margen de utilidad. El detalle de éste cálculo se describe en la sección 6.5.

Debido a que por cada sistema de pesaje propuesto se pueden atender varios puntos de pesaje, se establece un precio de venta para el sistema propiamente dicho y otro por cada punto de pesaje adicional, tal como se detalla en la Tabla 1.

**TABLA 3**  
**PRECIOS DEL PRODUCTO**

<b>Descripción</b>	<b>Precio de venta</b>
1. Sistema de pesaje básico	\$ 4.756
2. Punto de pesaje adicional	1.790

#### **4.3. Estrategia de ventas**

Mediante las visitas a empresas del sector industrial que utilicen bandas transportadoras en sus procesos de producción es posible dar a conocer el servicio y la calidad de nuestros productos, así como permitir al cliente la familiarización con Prisma Solutions.

Debe hacerse énfasis en dirigir la estrategia de ventas al mercado objetivo con trabajos confiables y rápidos, que generen confianza en los clientes.

Durante los primeros años del negocio, la fuerza de ventas la conformarán los tres socios gestores. Para esto es necesario dedicar días y hora específicos para la visita a empresas y para las actividades de mercadeo.

#### **4.4. Estrategia de promoción**

A continuación se presentan diferentes medios a emplearse para la promoción y presentación de nuestros productos:

- Sitio Web con la descripción de la empresa y las ventajas competitivas de sus productos.
- Entrega de folletos a color que describan a la empresa y el portafolio de productos que brinda.
- Presencia en ferias empresariales dirigidas al mercado industrial.
- Contacto con empresas distribuidoras de bandas transportadoras.

#### **4.5. Estrategia de distribución**

El canal de distribución a utilizar se integra directamente con personal de la empresa, sin el uso de distribuidores ni agentes externos. La naturaleza del producto permite que el trato al cliente sea personalizado.

#### 4.6. Procesos críticos en costos

Es necesaria la intervención de talleres especializados en la construcción de las estructuras metálicas, por lo que es muy importante mantener un buen control sobre los gastos que se incurren en este rubro. Además, se debe someter a concurso a los proveedores y así se asegura que se cumplan con los requerimientos de calidad y costos de la empresa.

#### 4.7. Recomendaciones para control de costos

**Proveedores:** Es recomendable mantener alianzas con los proveedores, sin descuidar los intereses de la compañía. Se mantendrán acuerdos con al menos tres proveedores por insumo, para evitar inconvenientes de dependencia.

**Registro de transacciones y pago de impuestos:** Es necesaria la contratación de 1 contador que registre y controle las transacciones comerciales con nuestros clientes y proveedores, y que además sea puntual en las aportaciones de impuestos.

**Costos:** Es indispensable la realización de un sondeo mensual que indique la variación de precios en los productos que ofrecen nuestros

proveedores, y así escoger la mejor alternativa.

#### **4.8. Políticas de servicio**

Prisma Solutions S.A. ofrece a sus clientes un servicio de calidad garantizado que incluye las siguientes ventajas:

- Atención al cliente personalizada, rápida y sin intermediarios.
- Garantía de un año en todos los equipos y de seis meses en la mano de obra.
- Todo producto se vende en conjunto con la capacitación al usuario.

# CAPÍTULO 5

## ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA Y PLAN DE TRABAJO

### 5.1. La compañía y sus socios

**Constitución.-** Prisma Solutions S.A., se constituirá según el régimen de sociedad anónima. La sociedad estará integrada por: Jorge Hoyos, Joe Benítez y Mabel Espín, como socios gestores y capitalistas. Cada uno aportará el 33,33% del capital inicial.

**Participación de los socios.-** Los socios gestores, participarán de forma activa en la gestión técnica y administrativa de los proyectos realizados por Prisma Solutions. Recibirán un sueldo establecido de acuerdo a la situación actual del mercado laboral y acorde a sus habilidades y responsabilidades.

**Reparto de utilidades.-** El 65% de las utilidades recibidas durante el año, serán reinvertidas en la empresa. El 35% restante, se repartirá entre los tres socios gestores en partes iguales.

## 5.2. Equipo directivo

**Gerente de Diseño:** Jorge Roberto Hoyos Zavala, 26 años. Egresado de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones con estudios en Gestión Empresarial, ESPOL Guayaquil-Ecuador y un pregrado en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), Campus Monterrey – México.

**Gerente de Investigación y Desarrollo:** Joe Xavier Benítez Moreno, 26 años. Egresado de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, ESPOL Guayaquil-Ecuador.

**Gerente de Gestión de proyectos:** Mabel Verónica Espín Noboa, 25 años. Egresada de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, ESPOL Guayaquil-Ecuador y un pregrado en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), Campus Monterrey – México.

### 5.3. Organización de la empresa

Prisma Solutions S.A. posee una estructura jerarquizada entre las diferentes áreas de trabajo de la empresa. La figura 5.1 muestra el organigrama de la empresa.

Los gerentes son los ejes principales de la compañía y toman las decisiones tanto en la parte administrativa como en la técnica. Les siguen sus colaboradores en igualdad de condiciones. El contador, la secretaria y el técnico de la compañía poseen el mismo trato laboral, no así los valores de sus respectivos sueldos, los cuales se detallan en la Tabla 2.

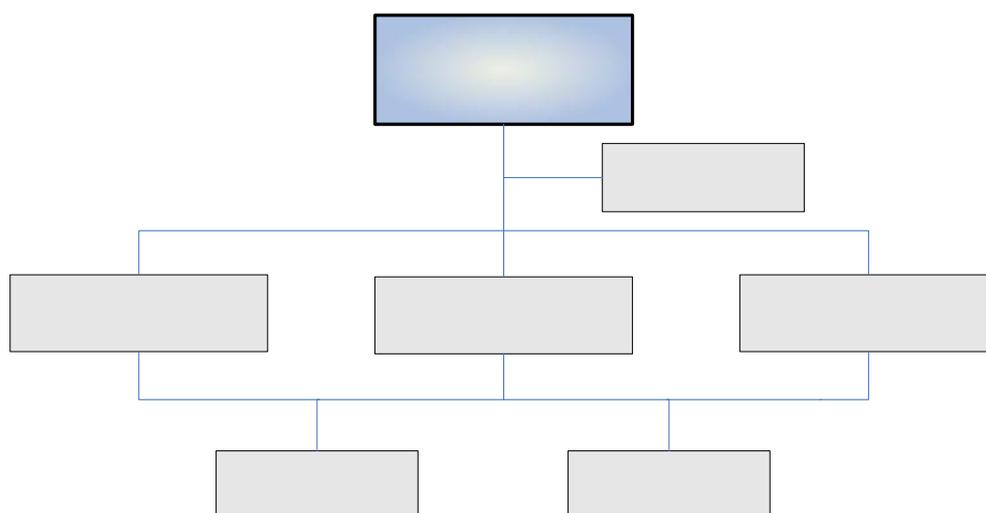


FIGURA 5.1. ORGANIGRAMA DE PRISMA SOLUTIONS S.A.

Las decisiones estratégicas del negocio que modifiquen su situación actual, tales como un cambio de giro, inversiones en proyectos de capital, crecimiento, nuevas fuentes de financiamiento, nuevos proveedores, adquisición de materia prima, etc., requieren presentar un estudio de factibilidad económica para ser sometido a análisis y aprobación de la junta directiva, la cual es la cabeza de la empresa Prisma Solutions.

#### **5.4. Personal ejecutivo**

**Gerente Gestión de Proyectos**, es el responsable de analizar y conjugar todas las variables involucradas en un proyecto de ingeniería de tal forma que se llegue a su realización de manera óptima. Además es el responsable de la logística de la empresa (recursos humanos y materiales) para que ésta pueda cumplir con los objetivos planteados en los proyectos a realizar.

**Gerente de Investigación**, es el responsable de evaluar las nuevas ideas de producto que se detecten. Investigará y analizará los recursos tecnológicos necesarios para el desarrollo de los nuevos proyectos.

**Gerente de Diseño**, es el responsable por el diseño del producto. Trabaja de forma conjunta con el personal técnico de la empresa para implementar las diversas etapas del proyecto.

### 5.5. Empleados

**Contador**, será contratado por honorarios y laborará un día al mes; sus funciones son el manejo contable y financiero del negocio y la actualización de políticas tributarias y fiscales.

**Técnico**, tendrá conocimientos en electrónica e instalaciones eléctricas industriales y estará involucrado en la ejecución de los proyectos en conjunto con los gerentes.

**Secretaria**, laborará tiempo completo y sus funciones son la recepción de documentos, atención al cliente, actualización de la contabilidad diaria, planificación de citas.

### 5.6. Planta de personal

La definición de los sueldos a percibir por parte de los empleados se

dispone a continuación:

**TABLA 4**  
**SALARIOS DE PERSONAL**

Área laboral	Mensual	Anual	# personas	Subtotal anual
1. Dirección				
Gerente	\$ 600	7200	3	21.600
2. Administración				
Secretaria	160	1.920	1	1.920
Contador	50	600	1	600
3. Operación				
Técnico	250	3.000	1	3.000
<b>Total salarios al año</b>				<b>\$ 27.120</b>

También se describen los beneficios sobre sueldos y el responsable:

**TABLA 5**  
**BENEFICIOS EN SUELDOS**

Concepto	Descripción	Cargo a
13° sueldo	Todo lo ganado / 12	Empleador
14° sueldo	Un sueldo básico	Empleador
Vacaciones	Todo lo ganado / 24	Empleador
Seguro social	9,35% del sueldo	Empleado
Seguro social	11,15% del sueldo	Empleador
Fondo de reserva	13° sueldo a partir del 2° año	Empleador

## **5.7. Políticas de administración de personal**

### **5.7.1. Tipo de contratos**

- **Contrato Expreso:** Se establecen las condiciones entre el empleador y el trabajador de manera escrita. Este contrato tendrá, según lo estipulado por el Código de Trabajo, una duración mínima de un año, cuando la actividad sea de manera estable. Se exceptúan de lo anterior los contratos por obra cierta, que no sean habituales en la actividad de la empresa.
- **Contrato por Obra Cierta:** Se aplica cuando el trabajador toma a su cargo la ejecución de una labor determinada por una remuneración que comprende la totalidad de la misma, sin tomar en consideración el tiempo que se invierta en ejecutarla. Los trabajadores gozarán de todos los beneficios y deberán cumplir con sus obligaciones tal como lo especifica el Código de Trabajo.

## **5.8. Bonificaciones, décimos**

Los trabajadores tienen derecho a que les sean pagados, hasta el 24

de diciembre de cada año, una remuneración equivalente a la doceava parte de los pagos que hubieren percibido durante el año calendario [19]. Para el pago de esta 13<sup>o</sup> remuneración (y para el pago de vacaciones, fondo de reserva e indemnizaciones) a que tiene derecho el trabajador, se contemplará todo lo que éste reciba en dinero, inclusive lo que percibiere por trabajos extraordinarios y suplementarios, a destajo, comisiones o cualquier otra retribución pecuniaria que tenga carácter normal y permanente.

Se exceptúan: el porcentaje legal de utilidades, los viáticos, bonificaciones voluntarias, el sobresueldo navideño (13<sup>o</sup> sueldo) y el sobresueldo escolar (14<sup>o</sup> sueldo), el valor no incorporado de los componentes salariales en proceso de unificación hasta que éste concluya; así como los beneficios de orden social (ropa, alimentación, transporte, implementos de trabajo, educación, cultura, deporte, recreación, salud, protección social y el servicio de comisariato).

Los empleados recibirán -sin perjuicio de las remuneraciones a las que tienen derecho-, una bonificación adicional anual equivalente a una remuneración básica mínima unificada, la misma que será pagada hasta el 15 de abril. Además de los 15 días de vacaciones remuneradas que corresponden por ley.

Si por cualquier causa un empleado fuese separado de su puesto de trabajo, recibirá un proporcional de la 14<sup>o</sup> remuneración al momento del retiro o separación.

### **5.9. Política salarial**

Los sueldos y salarios se estipularán libremente, pero en ningún caso podrán ser inferiores a los mínimos legales, de conformidad con lo prescrito en el artículo 119 del Código del Trabajo, el cual define la remuneración unificada. Esta remuneración unificada se establece en \$160, a la que se adicionará el componente salarial y los beneficios que por ley merece el trabajador.

### **5.10. Participación de utilidades**

Se reconocerá, en beneficio de los empleados, el 15% de las utilidades líquidas, el cual será distribuido de la siguiente manera:

El 10% se dividirá para los trabajadores de la empresa, sin consideración a las remuneraciones recibidas por cada uno de ellos durante el año correspondiente al reparto y será entregado directamente al trabajador.

El 5% restante será entregado directamente a los trabajadores en proporción a sus cargas familiares (cónyuge, hijos menores de dieciocho años y los hijos minusválidos de cualquier edad).

## **5.11. Marco legal y social de la organización**

### **5.11.1. Aspectos legales**

La compañía se constituirá como una Sociedad Anónima, integrada por los tres socios capitalistas antes mencionados y que conformarán la Junta General de la empresa. Por Sociedad Anónima, se entiende a una “sociedad cuyo capital, dividido en acciones negociables, está formado por la aportación de los accionistas que responden únicamente por el monto de sus acciones”. [15]

Para efectos de su constitución, la compañía precisará de una escritura pública inscrita en el Registro Mercantil y deberá tener suscrito totalmente su capital, pagado en una cuarta parte por lo menos (el monto mínimo de capital suscrito para este tipo de compañías es de \$ 800). [16]

## **5.12. Análisis ambiental**

Prisma Solutions S.A. es una empresa de servicios de Ingeniería en el campo de la electrónica. Toda actividad en ella desarrollada, en cuanto al empleo de equipos electrónicos de medición, pruebas, reparaciones y demás, no tiene incidencia en el medio ambiente, pues en ningún caso se emplean procesos que involucren combustión, residuos tóxicos o desechos orgánicos.

Aunque es posible el uso de sustancias volátiles (alcohol isopropílico para limpieza de cabezales magnéticos o limpiadores de contactos electrónicos, por ejemplo) que vienen envasados en latas (aerosoles), estos no contienen CFCs, por lo cual no son dañinos al medio ambiente.

Sin embargo, se debe tener precaución en el uso de estos químicos, pues suelen ser tóxicos para quien los usa en el caso de ingestión o inhalación e incluso resultar explosivos si se almacenan a temperaturas superiores a los 49 °C.

## **5.13. Plan de trabajo**

### **5.13.1. Políticas para el desarrollo de proyectos**

Para que se emprenda un nuevo proyecto que involucre la creación de un producto o servicio se debe cumplir con el siguiente procedimiento de análisis de la idea de negocio.

1. Definir la idea del producto o servicio
2. Investigar el mercado
3. Bosquejar diseño del producto o servicio
4. Definir proceso de producción
5. Determinar actividades a realizar
6. Asignar funciones y responsabilidades
7. Ver viabilidad global del proyecto

# CAPÍTULO 6

## ANÁLISIS ECONÓMICO

### 6.1. Equipos, software y maquinaria

Cada uno de los departamentos de la empresa tiene asignado un número determinado de personal para realizar las actividades que le corresponden. A continuación se detallan las actividades y los recursos tanto de personal como de equipos y software necesarios.

**TABLA 6**

#### RECURSOS NECESARIOS SEGÚN ACTIVIDAD

ACTIVIDAD	PERSONAL	EQUIPOS Y SOFTWARE
Diseño funcional	3 Ingenieros líderes	Software de diseño electrónico
Construcción de PCBs	1 Técnico electrónico	Software diseño + Herramientas
Soldada componentes	1 Técnico electrónico	Herram. de soldar electrónicas
Diseño de mecánica	1 Ingeniero + apoyo	Software de diseño
Construcción mecánica	1 obrero	Taller Metal-mecánico
Instalación	1 Técnicos + 1 Ing.	Osciloscopio, multímetro, herramientas eléctricas.

## 6.2. Distribución de planta

La compañía no pretende construir una planta de producción de dispositivos electrónicos por los altos costos operativos que involucraría por lo que requerirá de alianzas con otras empresas.

Para la atención a los clientes y diseño de los proyectos, se alquilará un local que cumpla con las siguientes características:

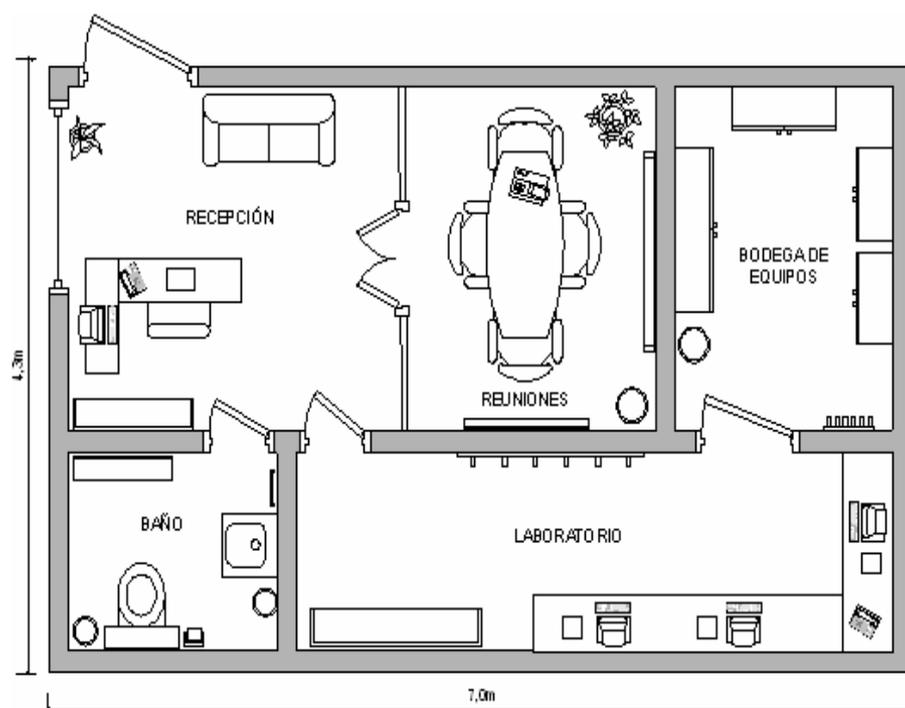


FIGURA 6.1. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

### 6.3. Departamentos y talleres

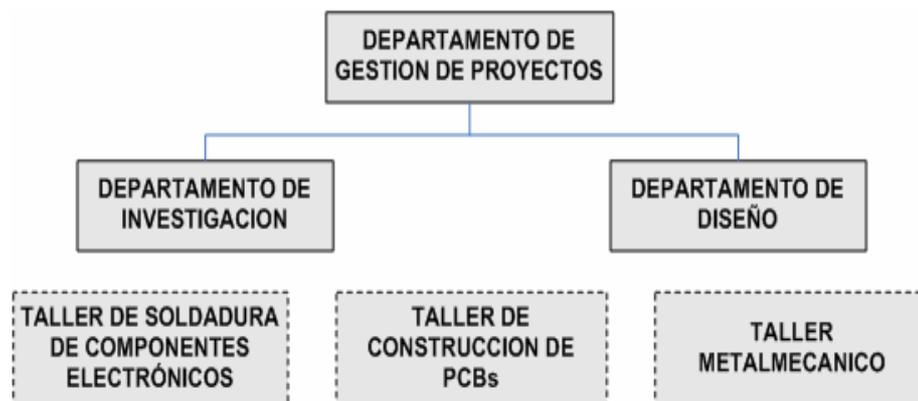


FIGURA 6.2. DISTRIBUCIÓN DEPARTAMENTAL

**Departamento de diseño.-** se encarga de la creación de los productos haciendo uso de conocimientos en electrónica y telecomunicaciones.

**Departamento de investigación y desarrollo.-** busca y desarrolla nuevas soluciones a las necesidades de los clientes.

**Departamento de gestión de proyectos.-** se encarga de conseguir los recursos necesarios para la creación de nuevos productos. Esto involucra la consecución de materia prima y el personal capacitado.

**Taller de construcción de PCBs.-** empresa externa a Prisma

Solutions, contratada bajo pedido para la construcción de circuitos impresos, cumpliendo con las normas legales y de respeto a la propiedad intelectual acordada entre ambas partes.

**Taller metal-mecánico.-** empresa externa, contratada bajo demanda y que construirá los soportes metálicos de los productos diseñados por Prisma Solutions.

#### 6.4. Inversiones necesarias

**TABLA 7**

**INVERSIÓN DE ACTIVOS FIJOS**

DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>1.- Equipos</b>			
Multímetro	1	\$ 150	150
Maletín de Herramientas	1	250	250
Osciloscopio	1	1.000	1.000
Fuente DC regulada	2	120	240
Supresor de picos	3	4	12
UPS	1	360	360
Computador	2	500	1.000
<b>TOTAL EQUIPOS</b>			<b>3.012</b>
<b>2.- Muebles y enseres</b>			
Escritorio	3	250	750
Silla para escritorio	3	30	90
Modulares para bodega	2	200	400
Ventiladores	2	25	50
Extintor	1	20	20
Varios	1	100	100
<b>TOTAL MUEBLES Y ENSERES</b>			<b>1.410</b>
<b>3.- Inversión amortizable</b>			
Licencia de Software Lab View	1	3.000	3.000
<b>TOTAL INVERSIÓN AMORTIZ.</b>			<b>3.000</b>
<b>TOTAL INVERSIÓN ACTIVOS FIJOS</b>			<b>\$ 7.422</b>

A este valor se agregan \$ 848 por gastos iniciales de constitución.

## 6.5. Análisis de costos

Antes de determinar el costo del producto se realizó un análisis cuantitativo de los costos fijos de la empresa para el primer año, así como el costo del producto en función de los materiales necesarios para su diseño y construcción. Los sueldos son el rubro que provoca mayor desembolso a la empresa. Seguidos de los gastos operativos.

**TABLA 8**  
**COSTO FIJO ANUAL**

DESCRIPCIÓN	ITEM	VALOR UNITARIO	
1. Mano de obra	Sueldos personal	1.210	
	Sueldos temporales.	50	
Total mano de obra			
2. Gastos operativos	Agua	25	
	Luz	50	
	Teléfono local	30	
	Internet	50	
	Arriendo	200	
	Avisos	500	
	Industria y comercio	50	
	Bomberos	8	
	Registro mercantil	10	
	Total Operativos		923
3. Gastos Admin.	Hosting página Web	10	
	Publicidad	200	
	Transporte	500	
	Papelería	150	
	Total Administrativos		
TOTAL COSTO FIJO MENSUAL		3.966	
<b>TOTAL COSTO FIJO ANUAL</b>		<b>47.592</b>	

Debido a que el sistema de pesaje es capaz de monitorear el material que circula por una, dos, hasta dieciséis bandas transportadoras, se tienen dos análisis de costos para construirlo: el de un sistema básico -para una sola banda transportadora- y el costo por punto de pesaje adicional.

**TABLA 9**  
**COSTO UNITARIO DYNAWEIGHT**

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Sistema Electrónico	Kit adquisición de datos	1	\$ 600	\$ 600
	Computador	1	500	500
	Subtotal			1.100
Balanza metálica	Cable STP cat 5 (50mt)	1	60	60
	Celda de carga	2	350	700
	Módulo electrónico	1	50	50
	Estructuras e instalac.	1	250	250
	Subtotal			1.060
<b>TOTAL COSTO UNITARIO DE PRODUCTO</b>				<b>2.160</b>

**TABLA 10**  
**COSTO POR PUNTO DE PESAJE ADICIONAL**

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Balanza metálica	Cable STP cat 5 (50mt)	1	\$ 60	\$ 60
	Celda de carga	2	350	700
	Módulo electrónico	1	50	50
	Estructuras e instalac.	1	250	250
<b>TOTAL COSTO POR PUNTO DE PESAJE</b>				<b>1.060</b>

## 6.6. Presupuesto de compras

Para estimar el total de compras primero se elabora un presupuesto de consumo por cada uno de los materiales necesarios para la construcción del producto.

Al combinar la cantidad necesaria de estos materiales con el volumen estimado de ventas de sistemas de pesaje básicos -descrito en la Sección 3.2-, se obtiene dicho presupuesto. Cabe recalcar que de aquí en adelante el análisis económico-financiero se realiza dentro de un período de cinco años.

**TABLA 11**

### **PRESUPUESTO DE CONSUMO SISTEMA BÁSICO**

DESCRIPCIÓN	1er	2do	3er	4to	5to
	año	año	año	año	año
<b>1.- Consumo Sistema completo</b>					
Tarjeta de adquisición de datos	8	11	11	11	14
Computadora	8	11	11	11	14
Aplicación (software)	8	11	11	11	14
Cable de red STP cat 5 (100mt)	8	11	11	11	14
Celdas de carga	16	22	22	22	28
Módulo de acondicionamiento	8	11	11	11	14
Estructura metálica sobre banda	8	11	11	11	14

Adicionalmente, dado que el sistema de pesaje propuesto puede atender a más de una plataforma de pesaje, también se determina la

cantidad de materiales necesarios para esta demanda.

**TABLA 12**  
**PRESUPUESTO DE CONSUMO POR PUNTO DE PESAJE**

DESCRIPCIÓN	1er	2do	3er	4to	5to
	año	año	año	año	año
<b>2.- Consumo Punto pesaje adicional</b>					
Cable de red STP cat 5 (100mt)	15	16	17	18	19
Celdas de carga	30	32	34	36	38
Módulo de acondicionamiento	15	16	17	18	19
Estructura metálica sobre banda	15	16	17	18	19

**TABLA 13**  
**COMPRA DE MATERIALES, SERVICIOS E INSUMOS**

DESCRIPCIÓN	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Costo materias primas	32.490	41.107	43.433	45.862	55.589
Iva (12%)	3.899	4.933	5.212	5.503	6.671
Retefuente (1%)	325	411	434	459	556
<b>Costo total materias primas</b>	<b>36.389</b>	<b>46.040</b>	<b>48.645</b>	<b>51.365</b>	<b>62.260</b>
Egreso contado	19.819	25.075	26.494	27.976	33.909
Cuentas por pagar proveedores	16.245	20.554	21.717	22.931	27.794
Pago cuentas por pagar	15.730	19.356	21.620	22.830	27.389
Egresos efectivos	35.549	44.431	48.114	50.805	61.298
<b>TOTAL CUENTAS POR PAGAR</b>	<b>515</b>	<b>1.713</b>	<b>1.810</b>	<b>1.911</b>	<b>2.316</b>

## 6.7. Presupuesto de personal

**TABLA 14**  
**DESEMBOLSOS POR PERSONAL**

<b>CARGO</b>	<b>AÑO 1</b>
<b>1. GERENTE PROYECTO</b>	
Salario básico mensual	600
Salario anual	7.200
Prestaciones soc. 23.74% / 32,07%	1.709
14 avo. SUELDO	160
<b>2. AYUDANTE TÉCNICO</b>	
Salario básico mensual	250
Salario anual	3.000
Prestaciones soc. 23.74% / 32,07%	712
14 avo. SUELDO	160
<b>3. SECRETARIA</b>	
Salario básico mensual	160
Salario anual	1.920
Prestaciones soc. 23.74% / 32,07%	456
14 avo. SUELDO	160
<b>4. CONTADOR</b>	
Salario básico mensual	50
Salario anual	600
Prestaciones soc. 23.74% / 32,07%	0
14 avo. SUELDO	0
<b>5. TOTAL SALARIOS MENSUALES</b>	1.060
<b>TOTAL SALARIOS ANUALES</b>	12.720
<b>TOTAL PRESTACIONES SOCIALES</b>	3.357

**TABLA 15**  
**PRESUPUESTO DE PERSONAL**

<b>CARGO</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
Total salarios anuales	12.720	13.102	13.495	13.899	14.316
Total prestaciones sociales	3.357	4.498	4.633	4.772	4.915
<b>Total costo mano de obra</b>	<b>16.077</b>	<b>17.599</b>	<b>18.127</b>	<b>18.671</b>	<b>19.231</b>
Costo fijo mensual mano de obra	1.340	1.467	1.511	1.556	1.603

## 6.8. Presupuesto de Ingresos

**TABLA 16**  
**PRESUPUESTO DE INGRESOS**

DESCRIPCIÓN	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
VOLUMEN ESTIMADO DE VENTAS					
VALOR TOTAL DE VENTAS (\$)	64.898	82.525	85.932	89.387	108.951
Iva	7.788	9.903	10.312	10.726	13.074
Retefuente	649	825	859	894	1.090
TOTAL VENTAS CON IVA	72.686	92.429	96.244	100.114	122.025
Ventas al contado sin Iva ni Rete. fuente	32.449	41.263	42.966	44.694	54.475
Ventas a plazos sin Iva ni Rete.fuente	32.449	41.263	42.966	44.694	54.475
Ingresos por ventas de contado	39.588	50.341	52.419	54.526	66.460
Recuperación de cartera	31.554	38.719	42.824	44.550	53.660
Ingresos efectivos	71.142	89.060	95.243	99.076	120.120
Cuentas por cobrar	895	3.439	3.581	3.724	4.540

# CAPÍTULO 7

## ANÁLISIS FINANCIERO

### 7.1. Flujo de caja proyectado sin financiamiento

TABLA 17

#### FLUJO DE FONDOS SIN FINANCIAMIENTO

ITEM	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Caja inicial	0	6.730	16.130	28.950	41.096	53.537
Ingresos netos		71.142	89.060	95.243	99.076	120.120
<b>TOTAL DISPONIBLE</b>	0	77.872	105.189	124.193	140.172	173.657
Inversiones en activos fijos	7.422	-	-	-	-	-
Egresos compra materia prima	0	35.549	44.431	48.114	50.805	61.298
Egresos mano de obra	0	16.077	17.599	18.127	18.671	19.231
Egresos gastos de fabricación	0	3.900	4.842	4.997	5.156	5.479
Egresos gastos admin. y ventas		1.680	1.730	1.782	1.836	1.891
Egresos gastos diferibles	848	-	-	-	-	-
Egresos IVA	0	3.889	4.970	5.100	5.223	6.403
Egresos redefuente	0	325	411	434	459	556
Egresos impuestos locales	0	322	402	418	433	521
Egresos impuesto de renta	0	0	1.131	2.698	2.637	2.829
<b>TOTAL EGRESOS</b>	8.270	61.742	75.518	81.670	85.219	98.210
<b>NETO DISPONIBLE</b>	-8.270	16.130	29.671	42.523	54.953	75.448
Aporte de socios	15.000	-	-	-	-	-
Distribucion de excedentes	0		721	1.427	1.416	1.508
<b>CAJA FINAL</b>	6.730	16.130	28.950	41.096	53.537	73.940

Del análisis del flujo de caja proyectado para el negocio, se concluye que el valor total de la inversión inicial es de \$ 8.735. Valor que considerando un aporte societario de \$ 15.000 en el arranque del negocio, genera un flujo positivo durante todo el período.

## 7.2. Flujo de caja con financiamiento

Para comparar el desarrollo del negocio al considerar una inversión inicial, se detalla la siguiente tabla:

**TABLA 18**  
**FLUJO DE FONDOS CON FINANCIAMIENTO**

<b>FLUJO DE FONDOS CON FINANCIAMIENTO</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>0</b>	<b>1er</b>	<b>2do</b>	<b>3er</b>	<b>4to</b>	<b>5to</b>
	<b>año</b>	<b>año</b>	<b>año</b>	<b>año</b>	<b>año</b>	<b>año</b>
Caja inicial		6.730	16.130	28.950	41.096	53.537
FLUJO SIN FINAN.	6.730	16.130	28.950	41.096	53.537	73.940
Financiamiento	15.000	-3.000	-3.000	-3.000	-3.000	-3.000
Interés bancario		-188	-38	-38	-38	-38
Ahorro impuestos		68	14	14	14	14
<b>FLUJO DE FONDOS</b>	<b>21.730</b>	<b>19.740</b>	<b>42.056</b>	<b>67.023</b>	<b>91.609</b>	<b>124.453</b>

A partir de una inversión de \$ 15.000 obtenida por medio de financiamiento, se obtiene un flujo de caja mucho mayor a lo largo del período de análisis. Para esta inversión se consideró un préstamo bancario a cinco años y un interés del 15% anual.

### 7.3. Rentabilidad del proyecto

Se calcula el Valor Actual Neto del negocio (VAN), y la Tasa Interna de Retorno (TIR) para determinar saber si es rentable la inversión.

**TABLA 19**

#### **ANÁLISIS DE RENTABILIDAD**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
VAN	\$ 12.918
TIR	69,7%

Estos resultados suponen que el negocio propuesto es rentable, el VAN es positivo y la TIR es mayor a la tasa promedio del inversionista (25%) y al interés del préstamo bancario (15%) de la Sección 7.2.

### 7.4. Estado de resultados

**TABLA 20**

#### **ESTADO DE RESULTADOS**

ITEM	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
VENTAS NETAS	64.898	82.525	85.932	89.387	108.951
Costos de materia prima	32.490	41.107	43.433	45.862	55.589
Costo mano de obra	16.077	17.599	18.127	18.671	19.231
Gastos de fabricación	6.165	7.245	7.475	6.581	7.023
Gastos de administración y ventas	1.970	2.030	2.090	2.153	2.218
Gastos diferidos	848				
Corrección monetaria	227	453	822	1.226	1.459
UTILIDAD GRAVABLE	7.120	14.091	13.984	14.893	23.432
Menos: Impuesto de renta	1.780	3.523	3.496	3.723	5.858
UTILIDAD NETA	5.340	10.568	10.488	11.170	17.574
RESERVA LEGAL	534	1.057	1.049	1.117	1.757
UTILIDAD PERIODO	4.806	9.511	9.439	10.053	15.816

### 7.5. Punto de equilibrio

Para este análisis se considera por cada año, los costos totales, los costos variables y el número estimado de productos vendidos. Cabe recalcar que se considera como producto 1 al sistema de pesaje básico, y como producto 2 al punto adicional de pesaje.

**TABLA 21**

### **PUNTO DE EQUILIBRIO SISTEMA ELECTRÓNICO**

DESCRIPCIÓN	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Gastos Personal	16.077	17.599	18.127	18.671	19.231
Gastos de Fabricación	5.843	6.018	6.198	5.254	5.412
Gastos de Administración	770	794	817	842	867
Gastos Diferidos	848	0	0	0	0
<b>COSTOS FIJOS</b>	<b>23.538</b>	<b>24.411</b>	<b>25.143</b>	<b>24.768</b>	<b>25.511</b>
Materia Prima (Sin Iva)	32.490	41.107	43.433	45.862	55.589
Gasto de Fabricación	322	1.228	1.277	1.327	1.611
Gastos de Administración	1.200	1.236	1.273	1.311	1.351
<b>COSTOS VARIABLES</b>	<b>34.012</b>	<b>43.571</b>	<b>45.983</b>	<b>48.500</b>	<b>58.550</b>
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>57.550</b>	<b>67.982</b>	<b>71.126</b>	<b>73.268</b>	<b>84.061</b>
Numero productos vendidos	23	27	28	29	33
Costo promedio producto	2.502	2.518	2.540	2.526	2.547
Costo var unit producto	1.479	1.614	1.642	1.672	1.774
Precio promedio unitario (sin IVA)	2.822	3.056	3.069	3.082	3.302
Margen unitario promedio	1.343	1.443	1.427	1.410	1.527
Punto de equilibrio	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>17</b>

El punto de equilibrio del negocio se alcanza al vender 18 productos en el primer año (sistemas de pesaje y puntos adicionales), y varía en el resto del período en función de los costos. Debido a que en el 1º año se estima la venta de 23 productos, se supera el punto de equilibrio. A partir del segundo año se tendrá un margen de ganancia por producto de \$ 1.443 por producto.

#### 7.6. Período de recuperación

Con este análisis se determina el tiempo en años luego del cual el inversionista recupera la inversión (PRI). La estimación está en función del flujo de fondos nominal sin financiamiento ni inversión inicial, similar al descrito en al Sección 7.1.

**TABLA 22**

### RETORNO DE LA INVERSIÓN

PARÁMETRO	0	1er	2do	3er	4to	5to
	año	año	año	año	año	año
Flujo de caja	-8.735	1.130	13.792	25.779	38.059	58.299
Flujo de caja descontado		941	9.578	14.918	18.354	23.429

El PRI para el flujo nominal es de 1 año y 6,6 meses, dado que la suma acumulada de flujos de fondos netos iguala al valor de la inversión en ese período. Sin embargo, al considerar una tasa de descuento del 20% para el negocio, reajutable a lo largo del período de cinco años, se obtiene un período de recuperación de la inversión de 1 año y 9,2 meses.

#### 7.7. Balance general

**TABLA 23**  
**BALANCE GENERAL**

ACTIVO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
ACTIVO CORRIENTE						
Caja y Bancos	0	9.400	22.220	34.366	46.807	67.210
Cuentas por cobrar - clientes	0	895	3.439	3.581	3.724	4.540
Anticipo impuesto a la renta	0	649	825	859	894	1.090
TOTAL ACTIVOS CORRIENTES	0	10.944	26.484	38.806	51.425	72.839
ACTIVO FIJO						
Activos depreciables	4.422	4.555	4.691	4.832	1.587	1.635
Depreciación acumulada	0	1.325	2.729	4.216	1.270	1.635
Activos amortizables	3.000	3.090	3.183	3.278	3.377	3.478
Amortización acumulada	0	618	1.273	1.967	2.701	3.478
Gastos iniciales	848	0	0	0	0	0
TOTAL ACTIVOS FIJOS	8.270	5.702	3.872	1.928	993	0
TOTAL ACTIVOS	8.270	16.646	30.357	40.734	52.418	72.839
PASIVO						
PASIVO CORRIENTE						
Cuentas por pagar-proveedores	0	515	1.713	1.810	1.911	2.316
Impuesto a la renta por pagar	0	1.780	3.523	3.496	3.723	5.858
Iva por pagar	0	406	828	850	871	1.067
Impuestos locales por pagar		27	34	35	36	43
TOTAL PASIVO CORRIENTE	0	2.728	6.097	6.190	6.541	9.285
PATRIMONIO						
Capital	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Revalorización del patrimonio	0	450	1.074	2.012	3.249	4.738
Resultados ejercicios anteriores	0	0	4.085	12.170	20.193	28.738
Utilidades, pérdidas del ejercicio	0	4.806	9.511	9.439	10.053	15.816
Reserva legal		534	1.591	2.640	1.117	2.874
TOTAL PATRIMONIO	15.000	20.790	31.261	41.260	49.613	67.167
TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO	15.000	16.646	30.357	40.734	52.418	72.839

# **CAPÍTULO 8**

## **ANÁLISIS DE RIESGOS E INTANGIBLES**

### **8.1. Riesgos de mercado**

#### **8.1.1. Debilidades**

- Empresa nueva.
- Inexperiencia en el desarrollo de nuevos productos.
- Pocos contactos relacionados al negocio.
- Capital inicial insuficiente.

#### **8.1.2. Amenazas**

- Distribuidores nacionales de productos importados.
- Empresas nacionales que prefieren contratar a empresas extranjeras.

### 8.1.3. Riesgos financieros

**TABLA 24**

#### **ANÁLISIS DE RIESGOS**

<b>ESCENARIOS</b>	<b>VENTAS</b>	<b>VAN</b>	<b>TIR</b>
Mejor caso	20%	40.086	137,8%
Caso normal	-	12.918	69,7%
Pero caso	-8%	2.051	40,7%

Con un incremento del 20% en los ingresos por ventas, se observa que el VAN del negocio aumenta 210 veces con respecto al caso normal y la TIR se dispara por encima del 100%, lo que supone una relación directa entre el aumento de las ventas y la rentabilidad del negocio. En el caso opuesto, un 8% de reducción en las ventas, se vuelve un parámetro sensible pues generan un VAN y TIR menor.

### 8.2. Análisis de sensibilidad

**TABLA 25**

#### **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

<b>ESCENARIOS</b>	<b>%</b>	<b>VAN</b>	<b>TIR</b>
Aumentan las ventas en	20%	40.086	137,8%
Disminuyen las ventas en	8%	2.051	40,7%
Incrementan los costos en	15%	2.647	42,37%
Disminuyen los costos en	15%	23.189	95,81%
Aumentan la tasa del inversionista	al 40%	-1.888	-
Disminuyen la tasa del inversionista	al 40%	12.332	-

# **CAPÍTULO 9**

## **INTRODUCCIÓN A LA ADQUISICIÓN DE DATOS**

El propósito de cualquier sistema de adquisición de datos por computadora, como el planteado en el presente proyecto, es el de medir señales analógicas o digitales correspondientes a fenómenos físicos que ocurren en tiempo real. Un típico sistema de adquisición de datos de este tipo está compuesto por los siguientes elementos: transductor o sensor, circuito de acondicionamiento de señales, tarjeta de adquisición de datos, computador y el software de aplicación [10]

### **9.1. Transductores**

Son dispositivos que convierten un fenómeno físico en una señal eléctrica medible. Los transductores analógicos producen una señal continua en amplitud y tiempo, proporcional a la entrada analógica.

Algunos de los transductores analógicos más usados y las variables físicas que miden se muestran en la Tabla 27.

**TABLA 26**

**TRANSDUCTORES Y VARIABLES RELACIONADAS**

<b>Transductor</b>	<b>Fenómeno físico</b>
Tacómetro	Velocidad
Micrófono	Sonido
Celdas de carga	Presión
Galgas extensiométricas	Fuerza
Resistencia de temperatura (RTD)	Temperatura
Termocupla	Temperatura

El transductor elegido para este proyecto es una celda de carga, cuyo comportamiento lineal permite la entrega de una señal de voltaje directamente proporcional al peso aplicado.

## **9.2. Circuito de acondicionamiento de señales**

Las señales de un transductor generalmente manejan bajos niveles de voltaje susceptibles al ruido, por lo que se necesita acondicionar

estas señales para su correcta digitalización.

Entre las formas más comunes de acondicionar una señal están:

- Excitación
- Amplificación
- Conversión voltaje-corriente
- Filtrado

#### **9.2.1. Excitación**

Algunos transductores requieren voltajes externos o corrientes que estimulen sus circuitos para poder operar. Un ejemplo de ello son las celdas de carga y las resistencias variables con la temperatura (RTD), que entran en funcionamiento una vez energizados con un voltaje o corriente de excitación.

#### **9.2.2. Amplificación**

Las señales de voltaje situadas por debajo de los 100 milivoltios, como las que entrega una celda de carga, usualmente deben amplificarse antes de ingresar a un sistema

de adquisición de datos para reducir los efectos del ruido eléctrico presente en el ambiente.

Entre las ventajas de amplificar este tipo de señales se encuentran:

- Incrementar la relación señal a ruido (SNR) siempre y cuando el amplificador se encuentre cerca de la fuente de señal.
- Maximizar el uso del rango de digitalización disponible para incrementar la exactitud de la señal digitalizada.

### **9.2.3. Conversión voltaje-corriente**

Para evitar que la distancia entre el computador y la fuente de señal la degrade, es necesario implementar un conversor de voltaje a corriente ya que esta última es inmune al ruido eléctrico del ambiente a lo largo del cable, motivo por el cual se usa en aplicaciones industriales.

### **9.2.4. Filtrado**

Para evitar la adquisición de datos indeseables es necesaria la implementación de un filtro, previo a la digitalización. Una aplicación típica de un filtro elimina la señal del ruido de la línea eléctrica de 60Hz presente en la mayoría de fábricas.

### **9.3. Sistemas de adquisición de entrada analógica**

La función de estos sistemas es la de muestrear y cuantizar las señales analógicas registradas en sus canales de entrada para su posterior tratamiento digital. Entre los parámetros que afectan la calidad de la señal digitalizada están: la resolución, el rango de entrada, la ganancia y la tasa de muestreo.

#### **9.3.1. Resolución**

Se refiere al número de bits que el convertidor analógico-digital (ADC) de un sistema de adquisición usa para representar una señal analógica. A mayor resolución, mayor es el rango de valores discretos disponibles para representar la magnitud de una señal.

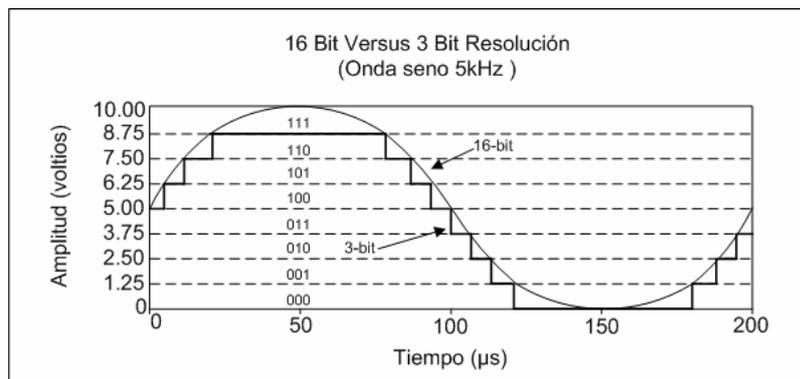


FIGURA 9.1. EFECTOS DE LA RESOLUCIÓN EN LA PRECISIÓN.

### 9.3.2. Rango de entrada

Es el conjunto de niveles de voltaje analógicos que el ADC puede digitalizar. En la mayoría de tarjetas de adquisición de datos, los ADCs tienen rangos típicamente entre 0 a 10V o entre -10 a 10V.

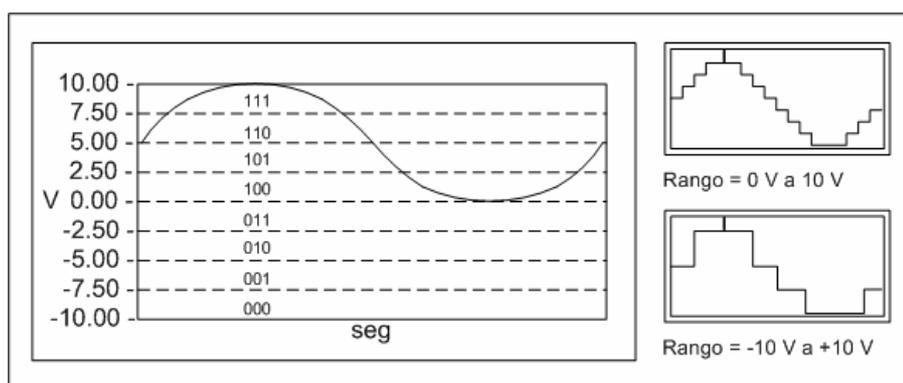


FIGURA 9.2. EFECTOS DEL RANGO EN LA PRECISIÓN DEL ADC.

### 9.3.3. Ganancia

Se refiere a cualquier amplificación o atenuación de una señal que puede ocurrir antes de que ésta se digitalice. Al aplicar ganancia a la señal, se puede reducir el rango de entrada del ADC, lo que permite usar tantas divisiones digitales disponibles como sea posible para representar una señal.

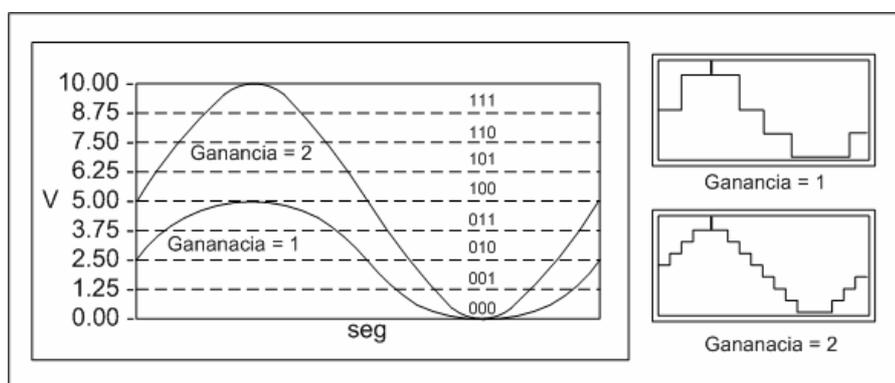


FIGURA 9.3. EFECTOS DE LA GANANCIA EN LA PRECISIÓN.

#### 9.3.4. Tasa de muestreo

Uno de los parámetros más importantes de un sistema de adquisición de datos analógicos es la tasa a la cual se capturan estos. Tasas de muestreo rápidas adquieren más puntos en un tiempo dado, lo que genera una mejor representación de la señal original. En cambio, si la tasa de muestreo resulta muy baja, puede originar a una representación muy pobre de la señal analógica [10] y que genera señales alias.

Para eliminar el alias, se recomienda:

- Establecer el ancho de banda útil de la medición.
- Escoger un transductor con suficiente ancho de banda.
- Emplear un filtro analógico pasa bajos antialias que elimine las frecuencias ajenas a ese ancho de banda.
- Muestrear los datos a una rapidez de al menos dos veces la frecuencia de corte superior del filtro (Nyquist).

#### **9.4. Software de desarrollo**

LabVIEW de National Instruments se usa para desarrollar aplicaciones que contengan procesos de adquisición, análisis, presentación y almacenamiento de datos.

Este software se ejecuta en un sin número de sistemas operativos incluyendo Windows y UNIX, siendo su código transportable de un sistema a otro.

##### **9.4.1. Ambiente de programación**

Los programas de LabVIEW se los llama instrumentos

virtuales (VIs) debido a que su aspecto y operación imitan a instrumentos reales como osciloscopios, multímetros, etc. La interfaz de usuario es el “Panel frontal”, porque simula el panel frontal de un instrumento físico y asimismo puede contener perillas, botones, gráficos, y otros controles e indicadores. Los controles se pueden ajustar usando el ratón o el teclado, y los cambios se indican en la pantalla del computador. El “Diagrama de bloques” contiene el código que controla los objetos del “Panel frontal” directamente por medio del VI o través de subrutinas llamadas SubVIs.

# CAPÍTULO 10

## SISTEMAS DE PESAJE DINÁMICO

### 10.1. Conceptos y principios generales

Un sistema de pesaje dinámico que se basa en la adquisición de datos por computadora cuantifica el peso del material en movimiento, como el producido en una planta de arena y piedra que emplea bandas transportadoras, sin necesidad de interrumpir sus procesos.

Al diseñar un sistema de pesaje dinámico su rendimiento se ve afectado principalmente por los siguientes parámetros [12]:

- Resolución de la medición: Está definido como el número de bits que se usan para representar cantidades de peso. El sistema de pesaje debe poseer la resolución necesaria y la rapidez de respuesta para discernir entre los pequeños

cambios ocurridos en el peso durante un período.

- Vibración de la banda: La vibración mecánica de la banda contamina los datos de la medición, por lo que es necesario el uso de filtros digitales para extraer los componentes de frecuencia característicos de este fenómeno en las industrias.

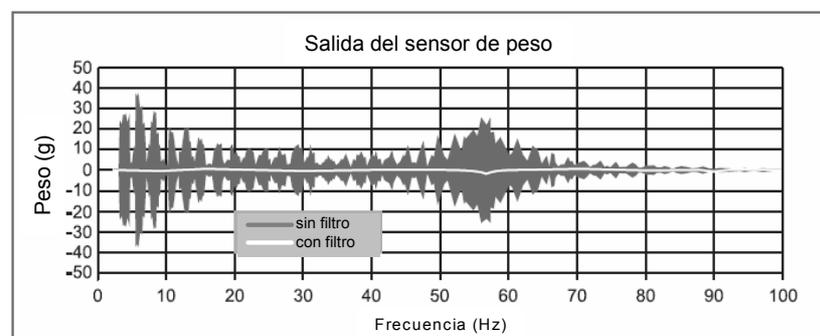


FIGURA 10.1. SENSOR DE PESO AFECTADO POR RUIDO

- Ritmo de descarga: Algunos mecanismos de alimentación de material sobre bandas suelen tener una tasa de descarga inestable, lo que resulta en un flujo pulsante. En aplicaciones críticas, este tipo de flujo puede aumentar significativamente la variabilidad entre las muestras de señal adquiridas. Una de las alternativas para minimizar este efecto es la creación de un algoritmo de modulación de la velocidad de descarga, de tal forma que facilite el ajuste de la tasa de alimentación de

material y compensar así el efecto.

## 10.2. Transductor de peso - celda de carga



La celda empleada en el presente proyecto, LCDB 200 de la firma Omega, es de acero-niquelado con centro resistivo. Está protegida por una capa de neopreno y abrazaderas de acero inoxidable. Su capacidad de carga es de 200lb, una linealidad del 0.03% y una precisión de 0.037% a escala completa, lo cual entrega mediciones con un error mínimo. Su señal de salida tiene una resolución de 2 mV por voltio de excitación.

En su interior cuatro galgas extensiométricas (strain gauge) se deflecan ante el peso, el cual es cuantificado en forma de voltaje a través de un puente de Wheatstone.

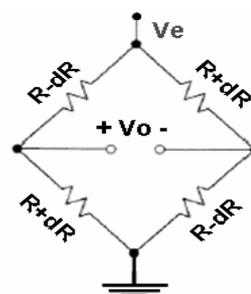


FIGURA 10.2 PUENTE DE WHEATSTONE

Esta configuración tiene una impedancia de salida de 350  $\Omega$ , y se alimenta con un voltaje continuo de +10V. A continuación se describe el principio de operación de este puente:

En el divisor de voltaje del lado izquierdo se tiene:

$$V_{o^+} = V_e \left( \frac{R + dR}{2R} \right) \quad (10.1)$$

donde  $dR$  representa la variación resistiva.

En el divisor de voltaje del lado derecho se tiene:

$$V_{o^-} = V_e \left( \frac{R - dR}{2R} \right) \quad (10.2)$$

Conjugando ambas ecuaciones, el voltaje diferencial de salida dado por  $V_o = V_{o^+} - V_{o^-}$  se define como:

$$V_o = V_e \left( \frac{dR}{R} \right) \quad (10.3)$$

En la ecuación 10.3, se observa que el voltaje diferencial  $V_o$  es directamente proporcional a la variación resistiva ( $dR$ ) a causa de un peso aplicado sobre la celda de carga.

### 10.2.1. Parámetros de selección de las celdas de carga

La selección de una celda de carga está relacionada principalmente con la determinación de su capacidad, precisión y protección ambiental, además de los principios particulares de medición como esfuerzo, compresión o torsión, según la aplicación [1].

- 1) Capacidad de la celda de carga.- Requiere de un conocimiento fundamental de la cantidad y tipo de materiales que soportará la celda, así como de los factores relacionados a la carga total de todo el sistema. Un parámetro importante a tener en cuenta es la sobrecarga. Ésta puede ser del tipo estático o de impacto y pueden ser confundidas en ocasiones, por ello se explican a continuación.

La sobrecarga estática es un incremento gradual en el peso por encima y por debajo de la capacidad definida para la celda de carga.

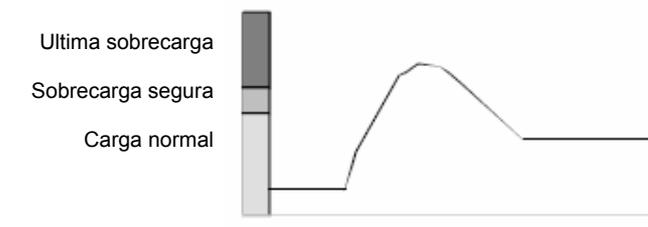


FIGURA 10.3. SOBRECARGA ESTÁTICA

La sobrecarga de impacto en cambio, ocurre de forma repentina dentro de un pequeño lapso de tiempo.

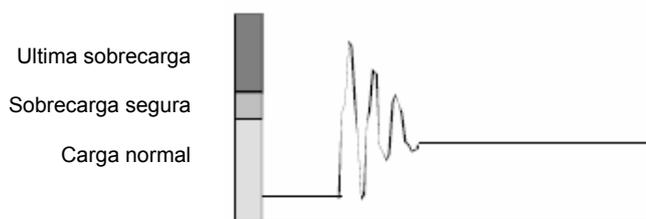


FIGURA 10.4. SOBRECARGA DE IMPACTO

Este fenómeno ocurre cuando un objeto no elástico y relativamente pequeño cae desde una altura considerable sobre la balanza de pesaje. El sistema se puede proteger mediante el uso de almohadillas de aislamiento contra impacto, o seleccionando celdas de carga que soporten mayores pesos.

2) Precisión de la celda de carga.- Las celdas de carga de

acuerdo a su desempeño tienen diferentes clases de precisión. Algunas de estas clases están relacionadas a los estándares usados en el diseño de instrumentos de pesaje, mientras que otras son definidas por el fabricante de la celda de carga.

### 10.2.2. Capacidad del sistema de pesaje con celdas de carga

La capacidad total de pesaje del sistema se define como:

$$F_o = (N + M) * C \quad (10.4)$$

Donde,

C = Capacidad de la celda (dato del fabricante)

N = Número de celdas de carga

M = Número de pivotes

### 10.2.3. Función de transferencia de la celda de carga

Se define como:

$$V_a = V_e * E * \left( \frac{F}{F_o} \right) \quad (10.5)$$

Donde,

$V_e$ = Voltaje de excitación de la celda de carga [V].

$E$ = Valor característico de la celda de carga [mV/V].

$F_o$ = Capacidad total del sistema de pesaje [Kg].

$F$ = Peso aplicado sobre la celda de carga [Kg].

### **10.3. Generalidades de los sistemas de bandas transportadoras**

Un sistema de bandas transportadoras está compuesto por el sistema mecánico que produce el movimiento, los rodillos que son los que sostienen a la banda y finalmente la banda propiamente dicha que generalmente es de un caucho reforzado. La tensión ideal de una banda para cualquier sistema de pesaje debe ser solo lo suficiente como para evitar que se mueva de su posición normal. En muchas ocasiones una tensión demasiado grande en la banda produce inexactitud en el peso medido.

#### **10.3.1. Balanzas en bandas transportadoras**

Sirven para pesar material en movimiento sobre una banda transportadora. Consiste de una plataforma de pesaje, soportada por una o más secciones de rodillos que descansan sobre un conjunto de celdas de carga [2].

La velocidad de la banda transportadora se mide con ayuda de un tacómetro (generador de pulsos) combinado con una rueda de fricción atada a la banda.

### 10.3.2. Plataforma de pesaje

En un sistema de pesaje sobre bandas transportadoras con un solo punto de medición la celda de carga o conjunto de celdas de carga, se sitúan debajo de uno de los rodillos. Esto significa que la plataforma de pesaje inicia desde el rodillo anterior hasta el rodillo posterior al que contiene la celda.

La distribución de peso que detecta la celda de carga tiene la forma detallada en la Figura 10.5. El peso es máximo en la ubicación perpendicular al transductor. Debido a esto la longitud efectiva de material que realmente actúa sobre la celda de carga está definido por:

$$L_{efectiva} = \frac{L_{plataforma}}{2} \quad (10.6)$$

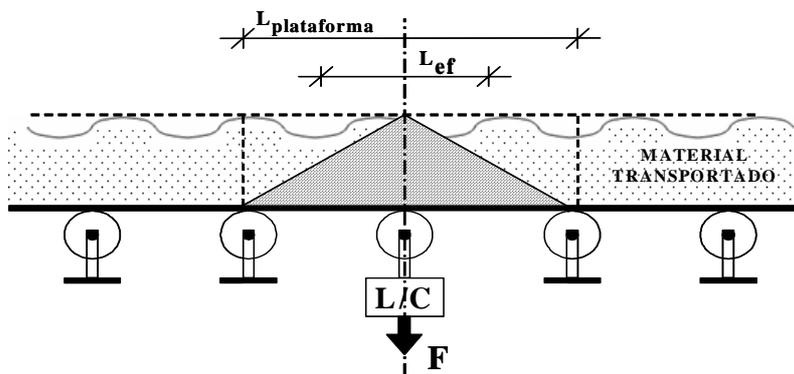


FIGURA 10.5. PLATAFORMA DE PESAJE SIMPLE

### 10.3.3. Medición del peso sobre una banda transportadora

La velocidad a la que el material circula por una banda transportadora se la denomina flujo de carga y se define como:

$$S = \left( \frac{Q}{L} \right) * V_{banda} \quad (10.7)$$

donde,

Q : Carga sobre plataforma de pesaje [Ton]

L : Longitud de plataforma [m]

$V_{banda}$  : Velocidad de la banda transportadora [m/s]

La precisión en las balanzas para bandas transportadoras depende de:

- La tensión, alineación, velocidad y ángulo de inclinación de la banda.
- La uniformidad de la carga sobre la banda.
- El material a ser transportado.
- Rodillos de apoyo.

# CAPÍTULO 11

## IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS

### 11.1. Modelamiento de sistemas

Un modelo es una representación matemática que se emplea para demostrar los fundamentos de un concepto o sistema dado. Se puede usar para representar de forma cuantitativa un fenómeno en términos de sus propiedades relevantes ya sea en tiempo pasado, presente o para predecir el futuro. [3]

La combinación de ecuaciones matemáticas y constantes usualmente resueltas en una computadora da origen al modelo. Los valores constantes caracterizan las propiedades, relaciones empíricas, y otros parámetros relacionados al proceso que se quiere modelar, obtenidos por lo general mediante experimentación debido a su complejidad.

La esencia de cualquier experimento satisfactorio de modelado es que debe ser reproducible. Si los resultados de un experimento varían constantemente sin que se dé un cambio significativo en las variables identificadas del sistema, puede ser que algún factor no identificado afecte los resultados y por consiguiente el experimento no sea reproducible [4].

Entre las razones para crear un modelo de un proceso, están:

- Conocimiento sobre el comportamiento del proceso
- Escalamiento de sistemas
- Diseño de experimentos
- Evaluación de resultados experimentales
- Control en línea del proceso y optimización
- Transferencia de tecnología

## 11.2. Formas de identificar un sistema

Es importante recalcar que para modelar sistemas hay dos enfoques:

- **Identificación analítica:** se plantean las ecuaciones que representan el fenómeno bajo estudio considerando los

parámetros que lo caracterizan y mediante manipulación matemática se obtiene el modelo. Hay casos en que esto no puede hacerse porque se desconocen los parámetros involucrados al sistema o son muy complejos.

- **Identificación experimental:** se evalúa un modelo preestablecido de algún sistema a partir de datos experimentales sobre su comportamiento. Se requiere además conocer alguna particularidad del sistema.

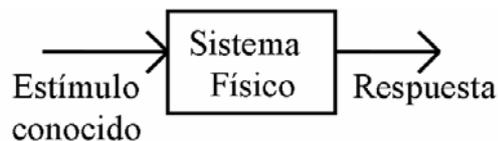


FIGURA 11.1. IDENTIFICACIÓN EXPERIMENTAL DE UN MODELO

La identificación experimental consiste en aplicar al sistema físico una entrada conocida o señal de prueba y a partir de ella, analizar la respuesta de forma matemática. Este enfoque supone la selección previa de un modelo, lo que implica un conocimiento inicial del sistema al menos en sus parámetros principales para luego validarlo.

Esta técnica presenta las siguientes características:

1. Los resultados son rigurosamente válidos sólo en las condiciones en que se realizó el experimento, aunque desde el punto de vista práctico son utilizables.
2. La mayoría de los métodos exigen que las señales de entrada que no se utilizan como estímulo en la identificación del sistema se mantengan invariables durante el experimento.
3. El sistema debe ser perturbado en su funcionamiento normal durante el experimento.

### 11.3. Definición del método de identificación

#### 11.3.1. Identificación por respuesta al escalón

Este método obtiene el modelo del sistema  $H(Z)$  en base a la salida  $Y(Z)$  obtenida al aplicar como entrada un escalón  $R(Z)$ .

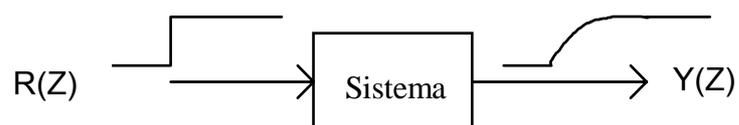


FIGURA 11.2. RESPUESTA ANTE UN ESCALÓN

El objetivo de obtener el modelo del sistema es el de poder generar  $r_n$ , con el cual es posible calcular la cantidad de material que entra recibiendo como datos de entrada los valores de  $Y_n$ .

Es importante resaltar que el orden del modelo que representa el sistema de pesaje propuesto, es mayor a uno de segundo orden, sin embargo se selecciona el método de respuesta al escalón debido a su sencillez.

### 11.3.2. Modelo ideal

Para efectos de simulación se considera que la carga aumenta o disminuye su peso en un 25% cada tiempo de muestreo a medida que entra o sale del área de influencia.

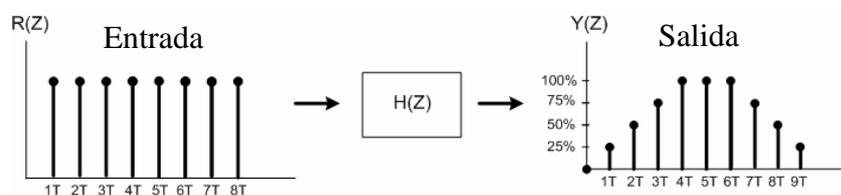


FIGURA 11.3. CARGA PUNTUAL SOBRE MODELO IDEAL.

Matemáticamente la entrada y la salida del sistema se pueden

representar de la siguiente manera:

$$R(Z) = \frac{1}{1 - Z^{-1}}$$

$$Y(Z) = 0.25Z^{-1} + 0.50Z^{-2} + 0.75Z^{-3} + 1Z^{-4} + 1Z^{-5} + 1Z^{-6} + 0.75Z^{-7} + \\ + 0.50Z^{-8} + 0.25Z^{-9} \quad (11.1)$$

Ambas se pueden relacionar de la siguiente forma:

$$H(Z) = \frac{Y(Z)}{R(Z)} \quad (11.2)$$

$$H(Z) = 0.25Z^{-1}(1 - Z^{-1}) + 0.50Z^{-2}(1 - Z^{-1}) + 0.75Z^{-3}(1 - Z^{-1}) + \\ + 1Z^{-5}(1 - Z^{-1}) + 1Z^{-5}(1 - Z^{-1}) + 1Z^{-6}(1 - Z^{-1}) + 0.75Z^{-7}(1 - Z^{-1}) + \\ + 0.50Z^{-8}(1 - Z^{-1}) + 0.25Z^{-9} \quad (11.3)$$

Relacionando 11.1 con 11.2 y despejando para R(Z):

$$Y(Z) = 0.25Z^{-1}R(Z) + 0.50Z^{-2}R(Z) + 0.75Z^{-3}R(Z) + 1Z^{-4}R(Z) + \\ + 1Z^{-5}R(Z) + 1Z^{-6}R(Z) + 0.75Z^{-7} + 0.50Z^{-8}R(Z) + 0.25Z^{-9}R(Z)$$

Multiplicando por Z y aplicando transformada Z inversa:

$$r_n = 4y_{n+1} - 2r_{n-1} - 3r_{n-2} - 4r_{n-3} - 4r_{n-4} - 4r_{n-5} - 3r_{n-6} - 2r_{n-7} - r_{n-8}$$

Una vez obtenido  $r_n$  es posible calcular para cada tiempo de muestreo la entrada real del sistema. El acumulado viene de sumar los valores  $(r_0+r_1+r_2+\dots+r_k)$ .

### 11.3.3. Modelo real

Para encontrar el modelo que asemeje el comportamiento real del sistema se debe tener las siguientes consideraciones:

- Más allá del área de influencia no existe efecto alguno sobre la báscula.
- La banda está correctamente tensionada.
- La velocidad de la banda es constante.

Debido a que el comportamiento del sistema es desconocido, es necesario adquirir muestras de peso para encontrar los coeficientes que lo modelen con exactitud.

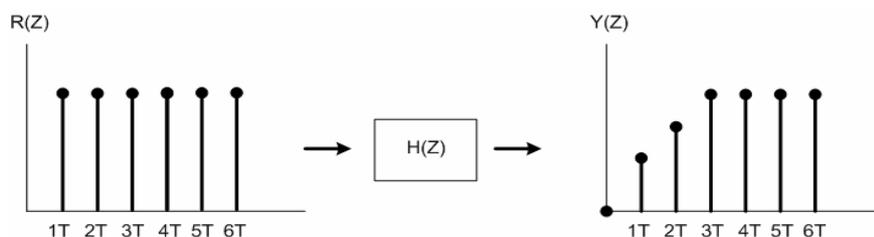


FIGURA 11.4. ESCALÓN UNITARIO EN MODELO REAL

La representación matemática de este modelo se presenta en la sección 14.6.2.

#### 11.4. Optimización en la identificación

Un método general aplicable a cualquier modelo y con cualquier estímulo es el que se ilustra en la Figura 11.5.

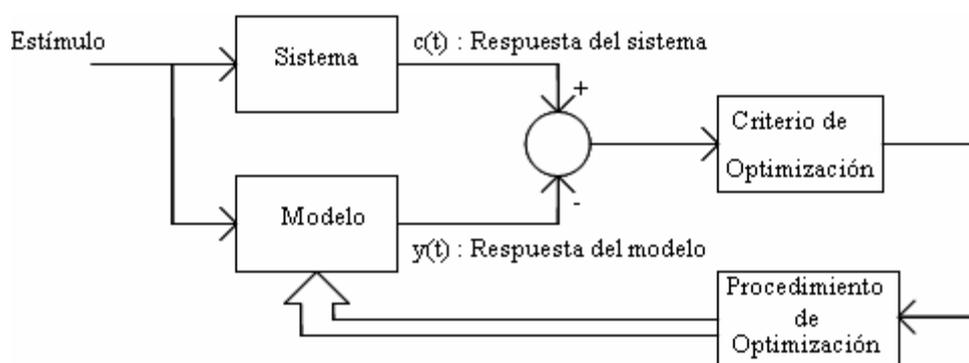


FIGURA 11.5. VALIDACIÓN DE UN MODELO

Se estimula el modelo con la misma señal con que se estimula al sistema físico y se compara la efectividad de las respuestas en función al criterio de optimización definido. Luego se ajustan los parámetros del modelo hasta obtener la respuesta más aproximada a la real.

# CAPÍTULO 12

## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

### 12.1. Diagrama de bloques

Las etapas que forman el sistema de pesaje propuesto se muestran en el siguiente diagrama de bloques:

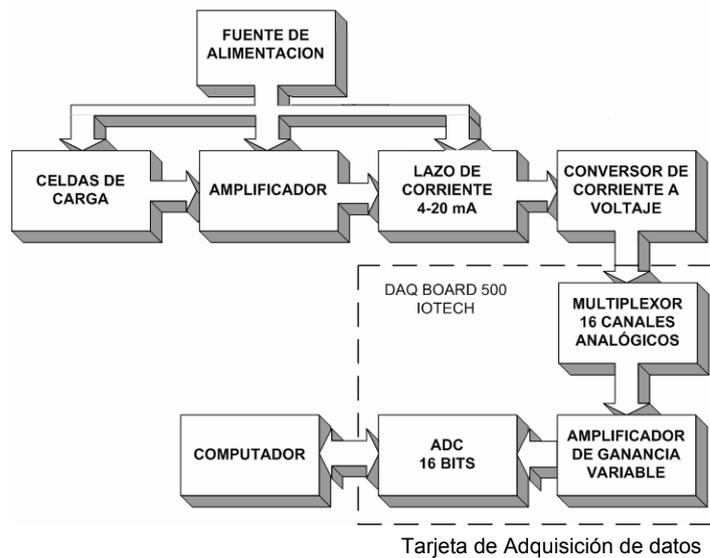


FIGURA 12.1. DIAGRAMA DE BLOQUES PROPUESTO

**Fuente de alimentación.-** Energiza las celdas de carga y demás circuitos para el acondicionamiento de señales.

**Celdas de carga.-** Transductores de peso que generan una señal de voltaje ante cualquier fuerza vertical que se aplique sobre ellos. La señal de voltaje está dada en orden los milivoltios (mV).

**Amplificador.-** Con un factor de ganancia 120, convierte la señal de salida de las celdas de carga (mV) a una señal en el orden de los voltios, incrementando así su relación señal a ruido (S/N).

**Lazo de corriente 4-20mA.-** Convierte señales de voltaje a corriente para su transporte a largas distancias, evitando los efectos del ruido.

**Convertidor de corriente a voltaje.-** Se lo coloca del lado del receptor junto al computador, y consta de una resistencia conectada a GND.

**Tarjeta de Adquisición de datos.-** Captura las muestras de voltaje que representan el peso que circula por la banda transportadora, según una tasa de muestreo dada.

**Computador.-** Este bloque provee el reloj de sincronización para el muestreo de las señales, así como también el bus de transmisión de información, señales de interrupción y todo lo necesario para que la interacción entre el hardware y el software se pueda dar mediante el puerto de comunicación PCI. Mediante la ejecución de la aplicación Sistema\_Peso.exe, se muestra en pantalla la cantidad de material que pasa a lo largo de la banda transportadora.

## **12.2. Diseño del hardware**

### **12.2.1. Fuente de alimentación**

Los circuitos que acondicionan las señales de las celdas de carga se alimentan desde dos fuentes (positiva y negativa). Las fuentes son ajustadas para proveer +10V DC y -10 V DC con una capacidad de corriente máxima de 500 mA. En la figura 4.2 se muestra el diagrama del circuito de fuente regulada. Se emplean los integrados LM317 (regulador variable positivo) y LM337 (regulador variable negativo).

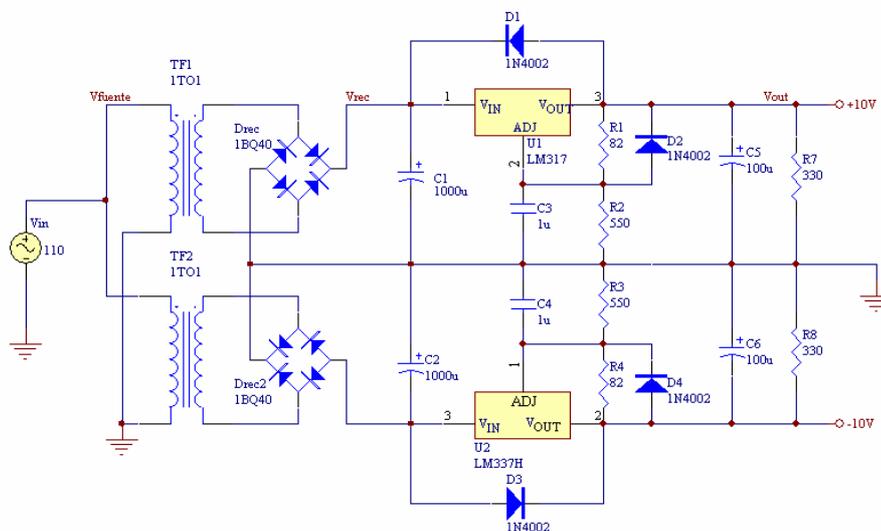


FIGURA 12.2. DIAGRAMA DE LA FUENTE DUAL DE VOLTAJE

El regulador positivo LM317 posee solo 3 terminales, como se muestra en la figura 12.2. Mantiene un voltaje de 1.29V entre sus terminales de salida y ajuste. Se conecta entre estas terminales una resistencia de 82  $\Omega$ , R1, para conducir una corriente de  $1.29 \text{ V}/82 \Omega = 15.7 \text{ mA}$  que también fluye por R2 la cual da la ganancia al voltaje de salida.

El voltaje a la salida del regulador se ajusta con VR2 más la caída de 1.29 V en R1. En términos generales,  $V_o$  está expresado por

$$V_o = \frac{1.29V}{R1} (R1 + R2) \quad (12.1)$$

El regulador negativo funciona con el mismo principio que el regulador positivo. Cabe recalcar, que para el diseño se debe considerar que la diferencia de potencial entre las terminales de entrada y salida ( $V_{in}-V_{out}$ ) debe ser mínimo 3 V, por lo que se debe escoger adecuadamente el transformador para que se cumpla este principio.

Los diodos  $D_1$  y  $D_3$  protegen a los reguladores contra cortocircuitos de entrada; de lo contrario, la capacitancia de carga podría enviar corriente hacia su salida y destruirlo. Los diodos  $D_2$  y  $D_4$  los protegen contra cortocircuitos de salida. En caso que esto ocurra, el capacitor  $C_3$  intentará enviar otra vez la corriente hacia la terminal de ajuste. En cambio, el diodo  $D_2$  ( $D_4$  para el LM337) dirige esta corriente hacia el cortocircuito.

### **12.2.2. Celdas de carga**

Para tener mayor sensibilidad en la medición y duplicar el máximo valor de carga soportado, se emplea una configuración de dos celdas de carga en paralelo. Con esto se obtiene el siguiente comportamiento:

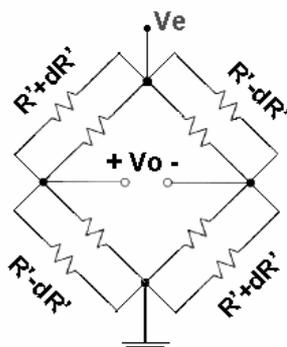


FIGURA 12.3. PUENTES DE WHEATSTONE EN PARALELO

La resistencia equivalente de esta configuración se define como:

$$R' + dR' = \frac{(R + dR)^2}{2(R + dR)} \quad (12.2)$$

$$R' + dR' = \frac{(R + dR)}{2} \quad (12.3)$$

Donde  $R$  es la resistencia equivalente del puente descrito en la sección 10.2. Si  $dR = 0$ , es decir cuando no hay carga aplicada en la celda de carga, la resistencia del puente en paralelo es:  $R' = R / 2$  ohm. Reemplazando el nuevo valor de  $R$  en la ecuación 12.3, se obtiene el nuevo valor de  $V_o$ :

$$V_o' = V_e * \left( \frac{dR'}{R/2} \right) \quad (12.4)$$

Comparando 12.3 con 12.4, se concluye que:

$$V_o' = 2V_o \quad (12.5)$$

Reemplazando 12.5 en 10.5 para conocer el cambio en el peso máximo del sistema se tiene:

$$2V_o = V_e * E * \frac{F'}{F_o} \quad (12.6)$$

Despejando para obtener  $V_o$  se tiene que el nuevo voltaje de salida para el sistema de pesaje con dos celdas de carga en paralelo es:

$$V_o = V_e * E * \frac{F'}{2F_o} \quad (12.7)$$

Donde  $E$  es el valor característico de la celda de carga en mV/V, y  $F'$  corresponde al peso aplicado sobre las celdas de carga. Dado que  $F_o$  es el valor máximo de carga que soporta cada celda, el sistema de dos celdas de carga ahora soporta una carga máxima de  $2F_o$ , lo que equivale a 400 libras (181,8 Kg).

### 12.2.3. Amplificador de instrumentación

La característica diferencial del voltaje a la salida de la celda da carga, y su magnitud en milivoltios, hace necesario el uso

de un amplificador diferencial mostrado en la figura 12.4.

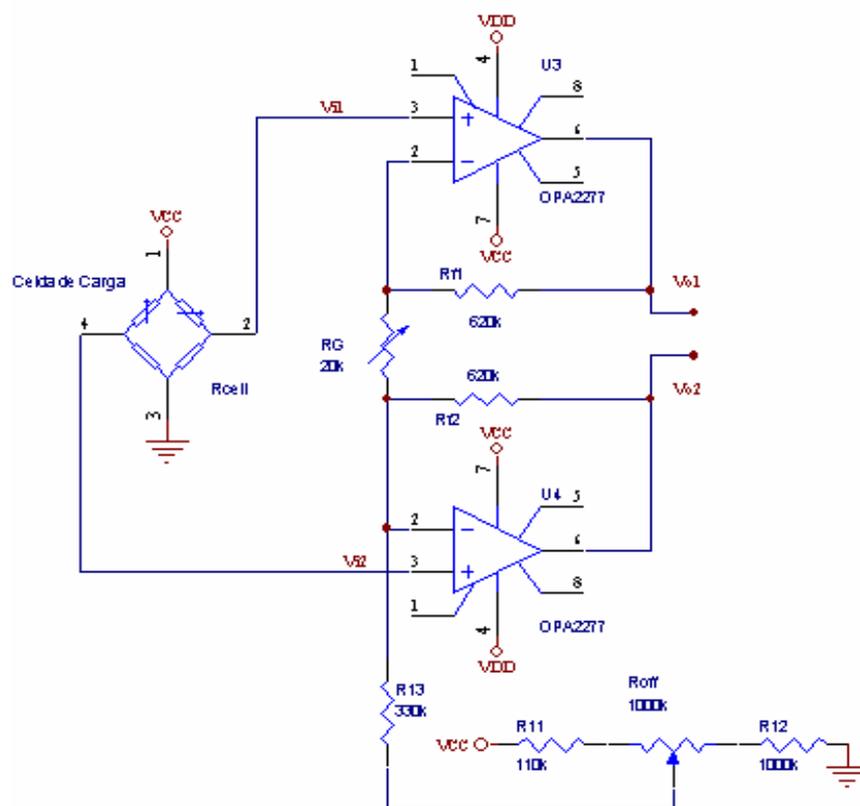


FIGURA 12.4. AMPLIFICADOR DIFERENCIAL. G VARIABLE

La alta impedancia de entrada se obtiene a través de los amplificadores operacionales empleados, mientras que la ganancia ( $G$ ) ajustable está delimitada por el potenciómetro  $R_G$  y las resistencias de realimentación  $R_{f1}$  y  $R_{f2}$ .

Para la implementación, se utiliza el amplificador operacional

OPA2277 de la empresa Texas Instruments, el cual es un doble amplificador de precisión con voltaje de Offset de  $10\mu\text{V}$ , lo cual permite tener mayor precisión, condición muy importante cuando se trabaja con voltajes bajos (mV); además, posee una corriente de polarización muy baja (1 nA máx.) y una deriva de la tensión de offset (relación de cambio de la tensión de offset en función de la temperatura) de  $\pm 0.1\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ .

La señal de la celda varía entre 0 y 20 mV, por lo que el factor de ganancia que se implementa es de 120 veces.

La corriente a través de  $R_G$  está dada por:

$$I = \frac{V_{i2} - V_{i1}}{R_G} \quad (12.8)$$

Esta corriente produce una caída de voltaje ( $V_{o1}$  y  $V_{o2}$ ) través de las resistencias de realimentación  $R_f$  definidos por:

$$V_{o1} = V_{i1} - \frac{V_{i2} - V_{i1}}{R_G} R_f \quad (12.9)$$

$$V_{o2} = V_{i2} + \frac{V_{i2} - V_{i1}}{R_G} R_f \quad (12.10)$$

Por lo tanto, el voltaje de salida del amplificador diferencial es:

$$V_o = (V_{o2} - V_{o1}) \left( 1 + \frac{2R_f}{R_G} \right) \quad (12.11)$$

#### 12.2.4. Convertidor de voltaje a corriente

Consta de un amplificador de precisión de ganancia unitaria (INA105, del fabricante Burr-Brown), el cual tiene conectado a la salida un transistor BJT (2N3904) que amplifica la corriente de salida del INA105 y evita su saturación.

A continuación se detalla el análisis de la señal de corriente obtenida del convertidor V-I. Para esto, se asume que la corriente de entrada de los op-amps es cero (en los pines +Vin y -Vin), por lo que la corriente en las resistencias de entrada es la misma que fluye por las resistencias de realimentación. Adicionalmente, por simplicidad, no se considera el transistor conectado a la salida del op-amp, pues actúa únicamente como amplificador de la corriente de salida de éste.

Se considera que el amplificador opera en zona lineal (dominio de la realimentación negativa sobre la positiva), por lo que el

voltaje en la entrada positiva del op-amp debe aparecer en la entrada negativa del mismo:

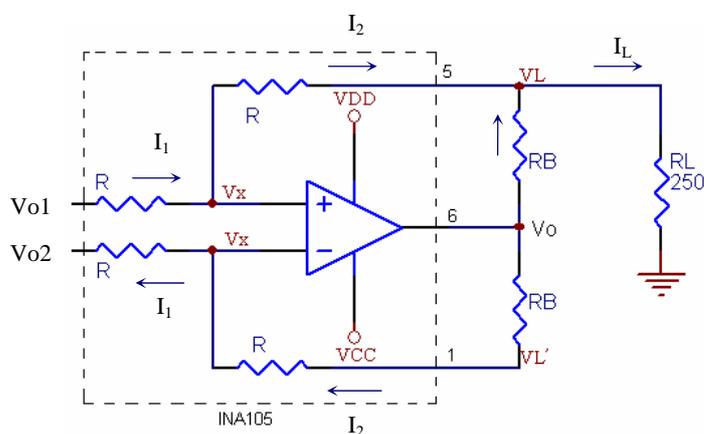


FIGURA 12.5. CONVERSIÓN A CORRIENTE

Del diagrama esquemático, se puede apreciar que

$$\frac{V_{o1} - V_x}{R} = \frac{V_x - V_L}{R} \quad (12.12)$$

de donde  $2V_x = V_{o1} + V_L$

$$\frac{V_{o2} - V_x}{R} = \frac{V_x - V_{L'}}{R} \quad (12.13)$$

de donde  $2V_x = V_{o2} + V_{L'}$

Igualando las dos formas de  $2V_x$ , obtenemos la igualdad

$$V_{o1} - V_{o2} = V_{L'} - V_L \quad (12.14)$$

La corriente en el ramal de realimentación negativa es:

$$\frac{V_x - V_{L'}}{R} = \frac{V_{L'} - V_o}{R_B} \quad (12.15)$$

resolviendo para  $V_o$  obtenemos

$$V_o = V_{L'} \left( 1 + \frac{R_B}{R} \right) - \frac{R_B}{R} V_x \quad (12.16)$$

Siendo  $V_o$  el voltaje de salida del amplificador. La corriente en la carga viene dada por

$$I_L = \frac{V_x}{R} - \frac{V_L}{R} - \frac{V_L}{R_B} + \frac{1}{R_B} \left( V_{L'} + \frac{R_B}{R} V_L - \frac{R_B}{R} V_x \right)$$

Simplificando obtenemos

$$I_L = -\frac{V_L}{R} - \frac{V_L}{R_B} + \frac{V_{L'}}{R_B} + \frac{V_{L'}}{R}$$

$$I_L = \frac{1}{R} (V_{L'} - V_L) + \frac{1}{R_B} (V_{L'} - V_L) \quad (12.17)$$

Finalmente, reemplazando (12.14) en (12.17) tenemos que

$$I_L = \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_B} \right) (V_{o1} - V_{o2}) \quad (12.18)$$

El factor  $(V_{o1} - V_{o2})$  en esta última ecuación es el voltaje de salida de la etapa anterior (amplificador diferencial, figura 12-4). Por lo tanto, la corriente en función del voltaje proveniente de la celda está dada por:

$$I_L = (V_{i1} - V_{i2}) \left( 1 + \frac{2R_f}{R_G} \right) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_B} \right) \quad (12.19)$$

La calibración del circuito se realiza mediante las resistencias  $R_{off}$  y  $R_G$ . Se emplean trimmers en lugar de potenciómetros para mayor precisión. Para el ajuste del cero de la escala, se ajusta  $R_{off}$  hasta obtener una salida de 4 mA.

### 12.2.5. Convertidor de corriente a voltaje

La corriente de salida de la etapa anterior se transporta por cable par trenzado blindado (STP) hasta la resistencia receptora  $R_L$  de 250  $\Omega$ .

El voltaje de salida se define como:

$$V_L = RL * \left[ (V_{i1} - V_{i2}) \left( 1 + \frac{2R_f}{R_G} \right) \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R_B} \right) + 4mA \right] \quad (12.20)$$

Siendo  $V_{i1}-V_{i2}$  el voltaje diferencial de la celda. El término de 4mA se debe al offset mencionado anteriormente.

#### 12.2.6. Tarjeta de adquisición de datos Daq board 500

La tarjeta para adquisición de datos (TAD) Daq board 500 tiene 16 entradas simples u 8 entradas diferenciales que se multicanalizan hacia un convertidor analógico/digital de 16 bits con un tasa de adquisición de 200 kHz, ganancias programables de 1, 2, 4 u 8, junto con dos canales de salida de temporización y 24 líneas de entrada/salida digitales. Las conexiones de la tarjeta terminan en un conector SCSI III de alta densidad (68 terminales) en la parte trasera del PC y que se conectan a una bornera de expansión.

La TAD provee una amplia gama de rangos y resoluciones programables. Para la presente aplicación, se selecciona un rango de escala completa de 5 V máximo, lo cual nos permite tener una resolución del ADC de 77.535  $\mu$ V/bit.

Una vez que se establece el tipo de señal que ingresa a la tarjeta, se debe seleccionar el tipo de configuración de entrada a la misma. En este caso, se emplea la configuración de fuente referida a tierra SE (single ended, por sus siglas en inglés), ya que la señal proviene de la resistencia receptora que posee un extremo conectado a tierra (ver figura 12.6). En esta configuración se emplean los terminales ACH0 y SGND de la bornera, que representan al canal 0 y su referencia respectivamente. La configuración SE permite utilizar hasta 16 circuitos diferentes.

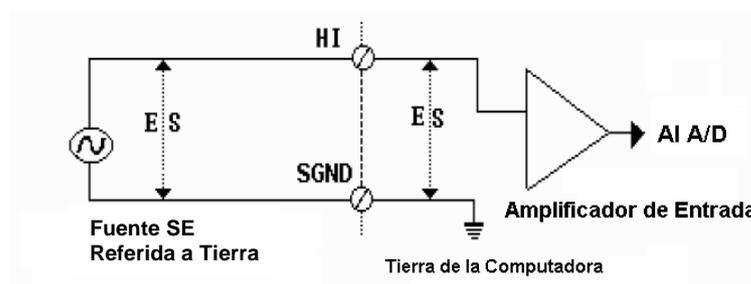


FIGURA.12.6. CONFIGURACIÓN DE ENTRADA SE

La frecuencia de muestreo, a la cual se adquieren las señales de peso, se define como:

$$f_s = \frac{N * V_{banda}}{L_{báscula}} \quad (12.20)$$

Donde:

- N** : Número de muestras a adquirir en cada iteración  
**V<sub>banda</sub>** : Velocidad de la banda [m/s]  
**L<sub>báscula</sub>** : Longitud del área efectiva [m]  
**f<sub>s</sub>** : Frecuencia de muestreo [Hz]

Para encontrar la relación de peso para cada muestra de voltaje adquirido se realiza el siguiente procedimiento:

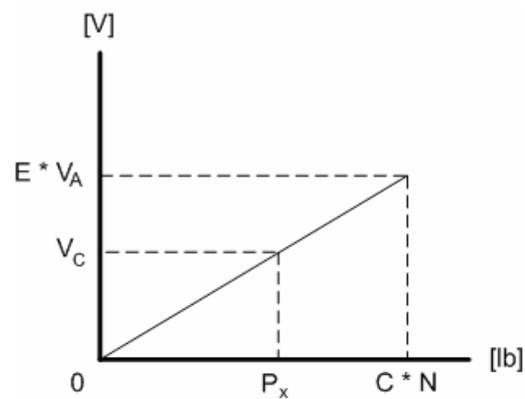


FIGURA.12.7. VOLTAJE vs. PESO

$$\frac{C * N}{E * V_A} = \frac{P_x}{V_C} \quad (12.21)$$

Donde:

- C** : Capacidad de una celda de carga [lb]  
**N** : Número de celdas de carga  
**V<sub>A</sub>** : Voltaje de alimentación de las celdas [V]  
**E** : Sensibilidad de la celda [mV/V]

$V_C$  : Voltaje de salida de la celda [mV]

$P_x$  : Peso que sensan las celdas de carga [lb]

Por lo que,

$$P_x = V_C \frac{C * N}{E * V_A} \quad (12.22)$$

Ahora bien, la relación entre el peso y la corriente de entrada se lo expresa de la siguiente manera:

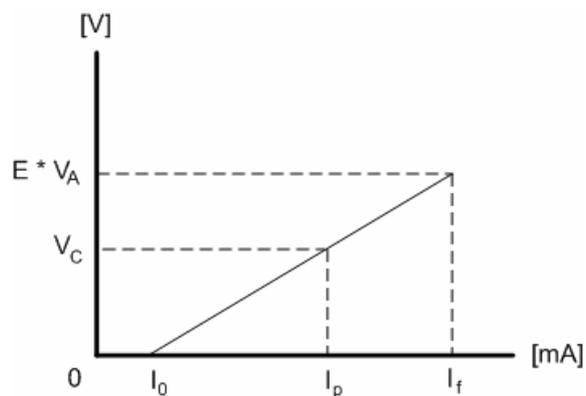


FIGURA.4.8. VOLTAJE vs. CORRIENTE TRANSMITIDA

$$\frac{I_f - I_0}{E * V_A} = \frac{I_p - I_0}{V_C} \quad (12.23)$$

Donde:

$I_f$  : Corriente para máxima carga [mA]

$I_0$  : Corriente para mínima carga [mA]

$I_P$  : Corriente resultante [mA]

Por lo que,

$$I_P = V_C \frac{I_f - I_0}{E * V_A} + I_0 \quad (12.24)$$

de la ecuación 12.22 se desprende que:

$$V_C = P_X \frac{E * V_A}{C * N} \quad (12.25)$$

Conjugando las ecuaciones 12.24 y 12.25 podemos encontrar finalmente  $I_P$ .

$$I_P = \left[ P_X \frac{E * V_A}{C * N} \right] * \left[ \frac{I_f - I_0}{E * V_A} \right] + I_0$$

$$I_P = \left[ P_X \frac{I_f - I_0}{C * N} \right] + I_0 \quad (12.26)$$

Como se explica en la sección 12.2.5, el voltaje a la entrada de la tarjeta de adquisición se la expresa de la siguiente forma:

$$V_e = R_{250} * I_P \quad (12.26)$$

donde:

$R_{250}$  : Resistencia receptora [ $\Omega$ ]

$V_e$  : Voltaje resultante antes de digitalización [V]

Por lo que el voltaje de digitalización se lo puede expresar de la siguiente forma:

$$V_e = R_{250} * \left[ \left( P_X \frac{I_f - I_0}{C * N} \right) + I_0 \right] \quad (12.27)$$

Despejando  $P_X$  se tiene que:

$$P_X = \left[ \frac{C * N}{I_f - I_0} \right] * \left[ \frac{V_e}{R_{250}} - I_0 \right] \quad (12.28)$$

Debido a que la banda tiene una inclinación  $G$ , el peso resultante se define como:

$$P_X = P * \cos(G)$$

$$P = \frac{P_X}{\cos(G)} \quad (12.29)$$

donde:

P : Peso resultante [lb]

Como se explica en la sección 10.3.2, la distribución del peso a lo largo de la plataforma de pesaje sobre las celdas de carga, siempre y cuando éstas estén colocadas en la mitad de la plataforma, se la expresa de la siguiente manera:

$$P_{real} = 2P \quad (12.30)$$

Finalmente, la ecuación que se implementa para convertir el voltaje de entrada a la tarjeta de adquisición en peso es:

$$P_{real} = \frac{\left( 2 * \left[ \frac{C * N}{I_f - I_0} \right] * \left[ \frac{V_e}{R_{250}} - I_0 \right] \right)}{\cos(G)} \quad (12.31)$$

Si se consideran las constantes:

C : 200 lb

N : 2

I<sub>f</sub> : 20 mA

I<sub>0</sub> : 4 mA

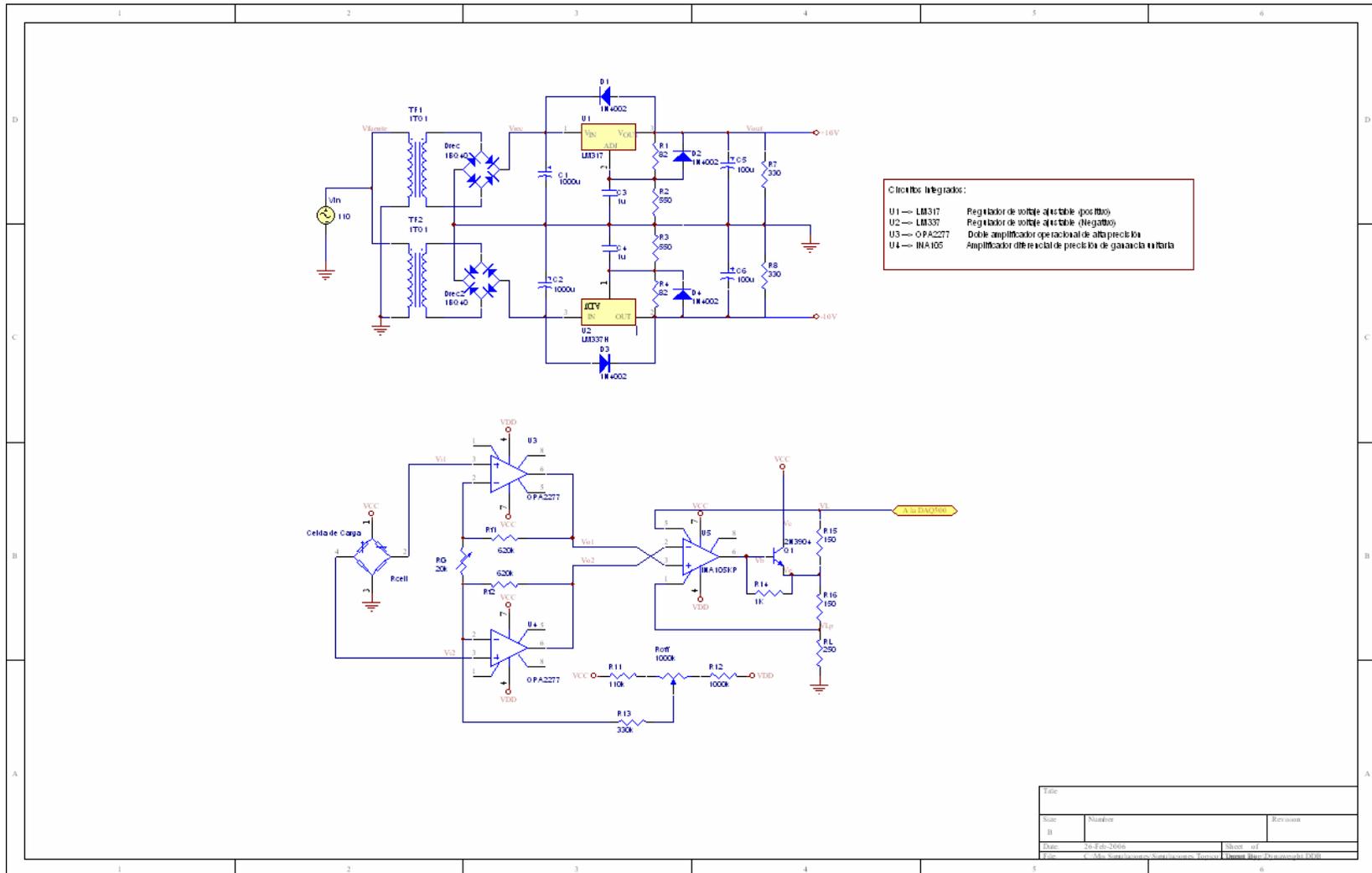
R<sub>250</sub> : 250 Ω

G : 21 °

Se tiene que:

$$P_{real} = \frac{200 * (V_e - 1)}{\cos(G)} \quad (12.32)$$

## 12.2.7. Diagrama esquemático del circuito



### **12.3. Diseño del software**

La herramienta de software gráfica LabVIEW 7.1 se usa para desarrollar la aplicación que ejecuta los procesos de: adquisición, conversión y análisis, presentación de los resultados y almacenamiento de los datos.

#### **12.3.1. Requerimientos del computador**

- Intel Pentium 4 / 2.5 GHz.
- Memoria RAM 512 MB
- 1 puerto PCI disponible
- Espacio disponible en disco duro 1GB
- Sistema operativo Windows 98/XP/2000/ME

## 12.3.2. Flujos del programa

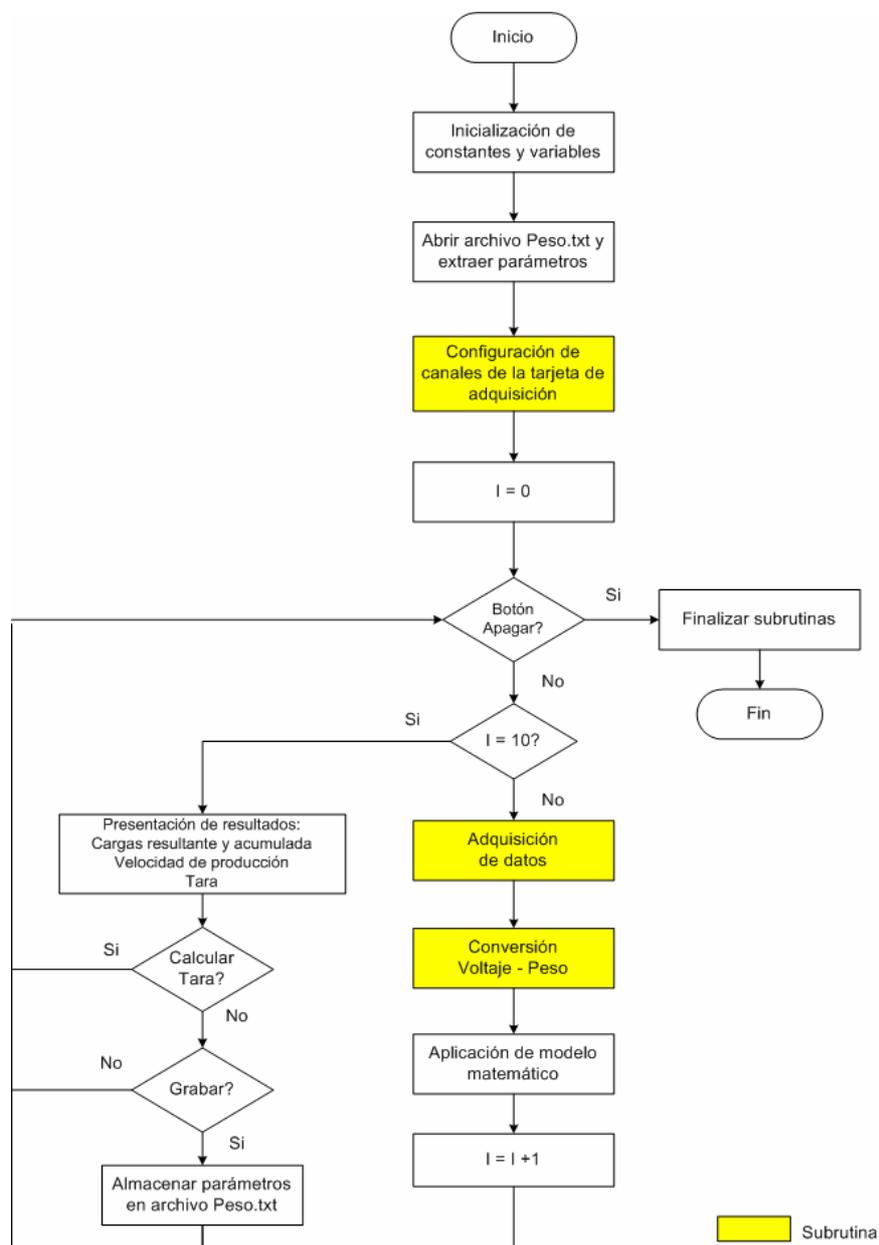


FIGURA.12.9. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PRINCIPAL

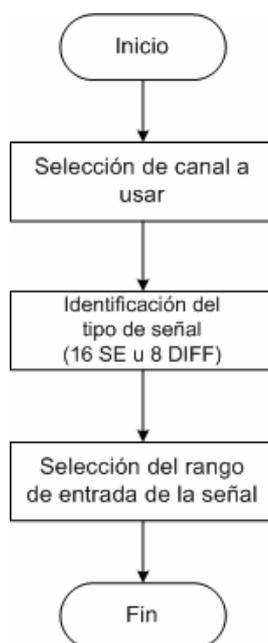


FIGURA12.10 SUBROUTINA DE CONFIGURACIÓN DE  
CANALES DE ADQUISICIÓN

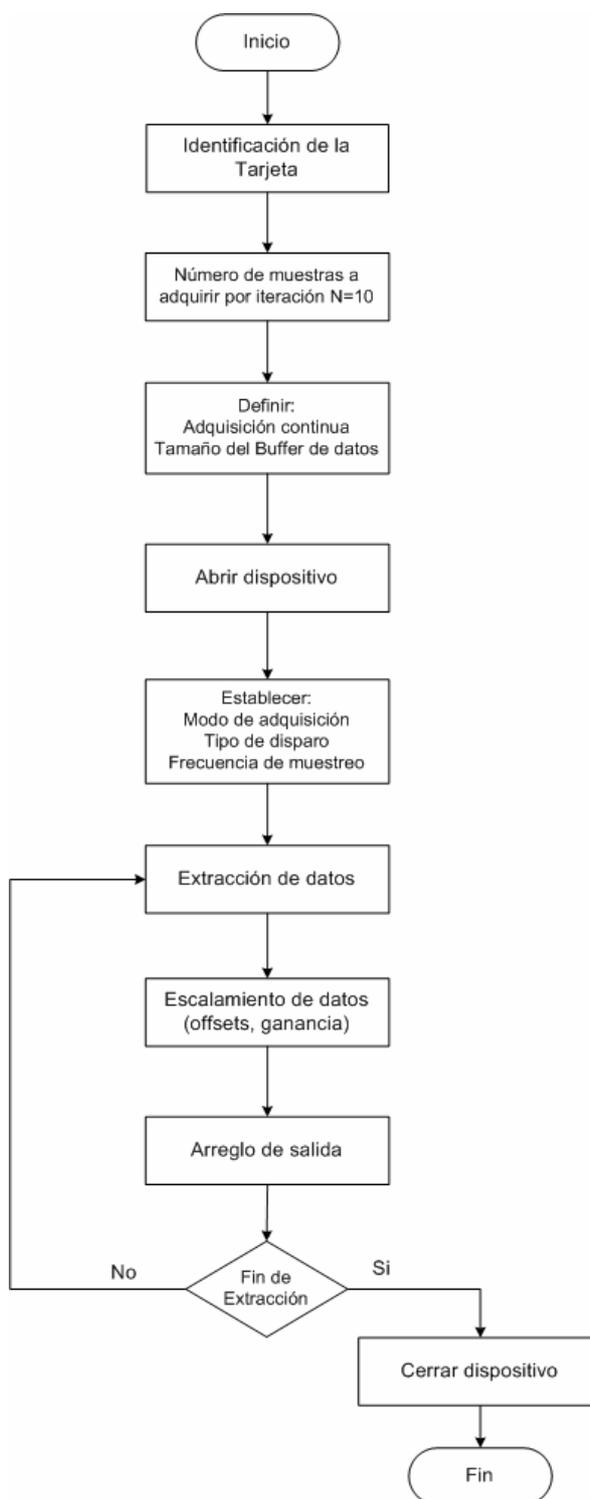


FIGURA 12.11. SUBROUTINA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

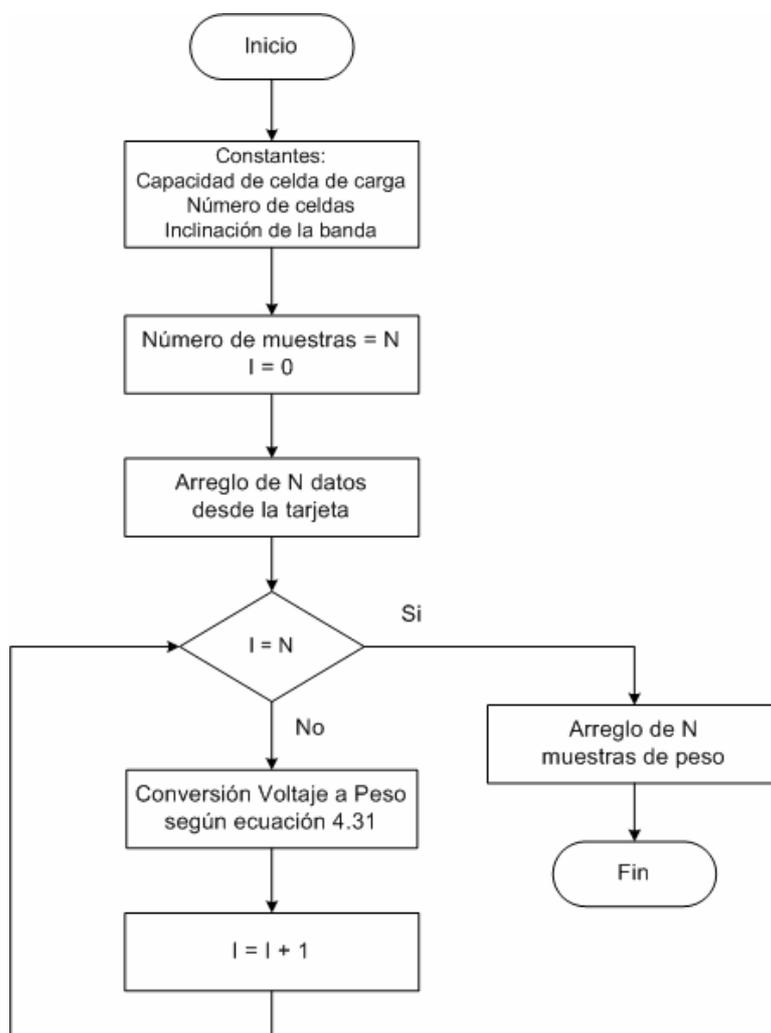


FIGURA 12.12. SUBROUTINA DE CONVERSIÓN  
VOLTAJE - PESO

# CAPÍTULO 13

## FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

El programa que calcula la cantidad de material que circula por la banda transportadora tiene el nombre de Sistema\_Pesaje.EXE. Las rutinas principales que describen el funcionamiento del programa se dividen en tres grupos.

El primer grupo consiste de subrutinas que permiten la configuración de la TAD Daq board 500 y que interactúan de manera eficiente con la misma. El segundo grupo se encarga de la adquisición y la conversión de los datos. Por último, el tercer grupo utiliza la ecuación matemática que representa al sistema de pesaje para calcular la cantidad de material que ingresa al mismo descrita en la sección 14.6.2.

Otras funciones que se utilizan y que se describen más adelante en este capítulo son: encerrar, encontrar tara y guardar.

## 13.1. Programa principal

### 13.1.1. Panel frontal

La interfaz de usuario tiene la siguiente apariencia

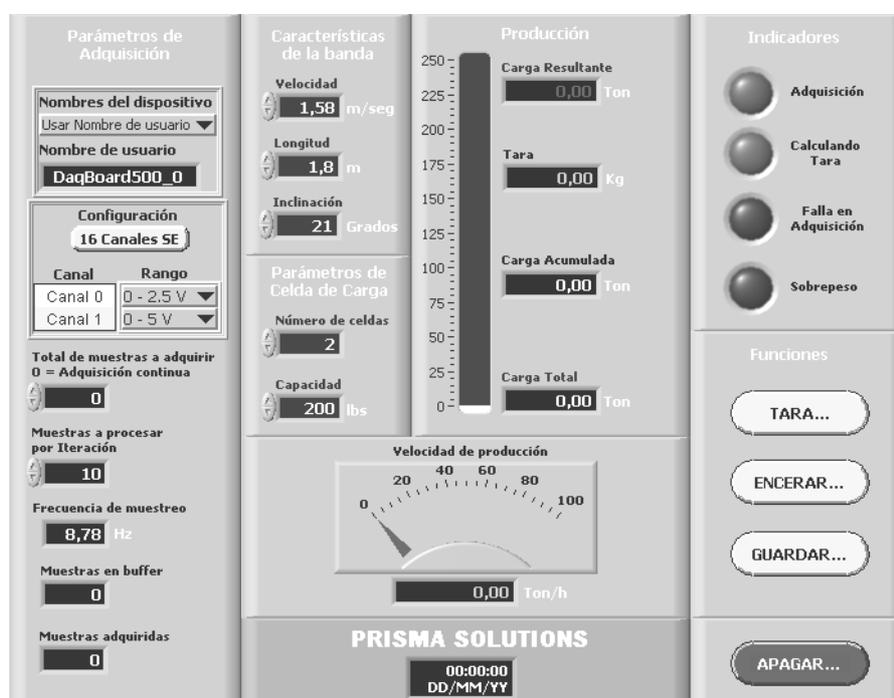


FIGURA.13.1. PANEL FRONTAL DE LA APLICACIÓN

### 13.1.2. Diagrama de bloques

El código de la aplicación o los diagramas de bloques del programa son los que se muestran a continuación:

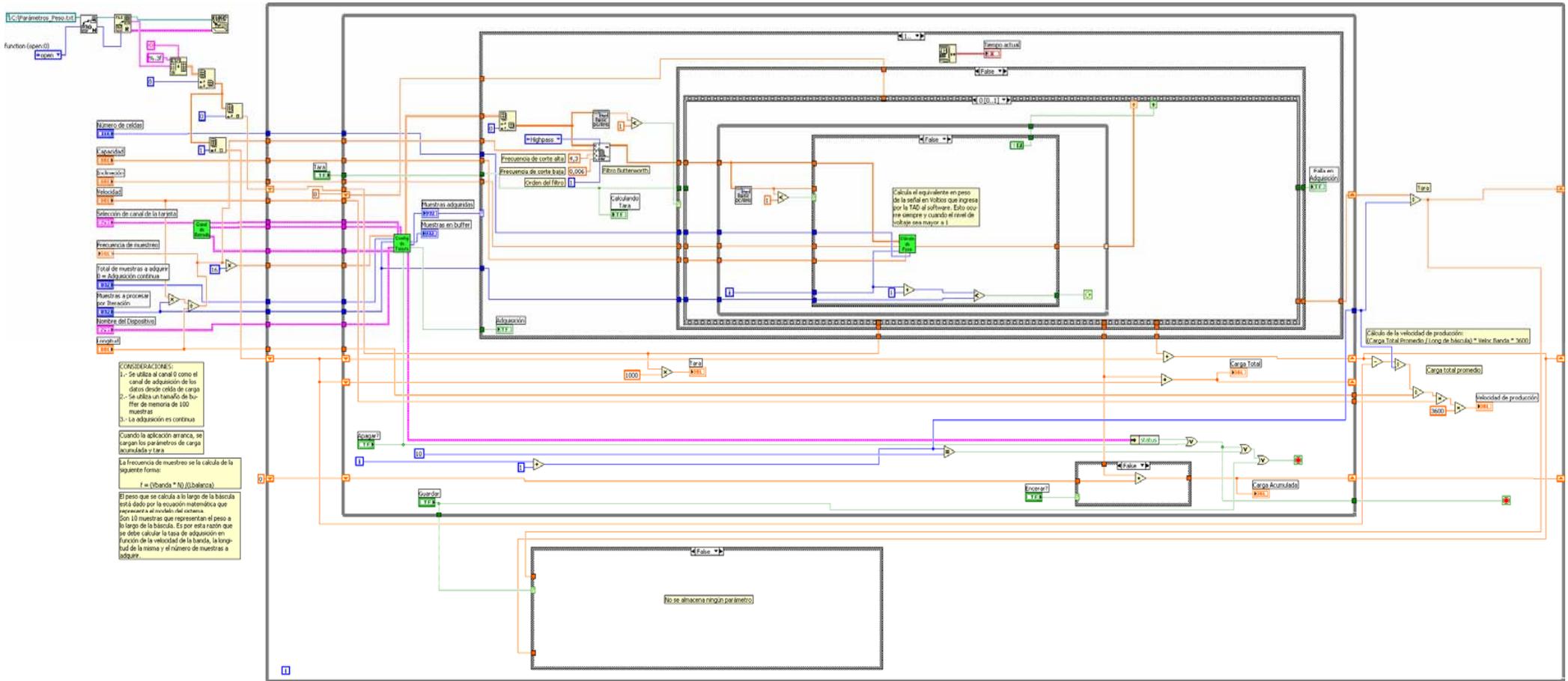


FIGURA.13.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA

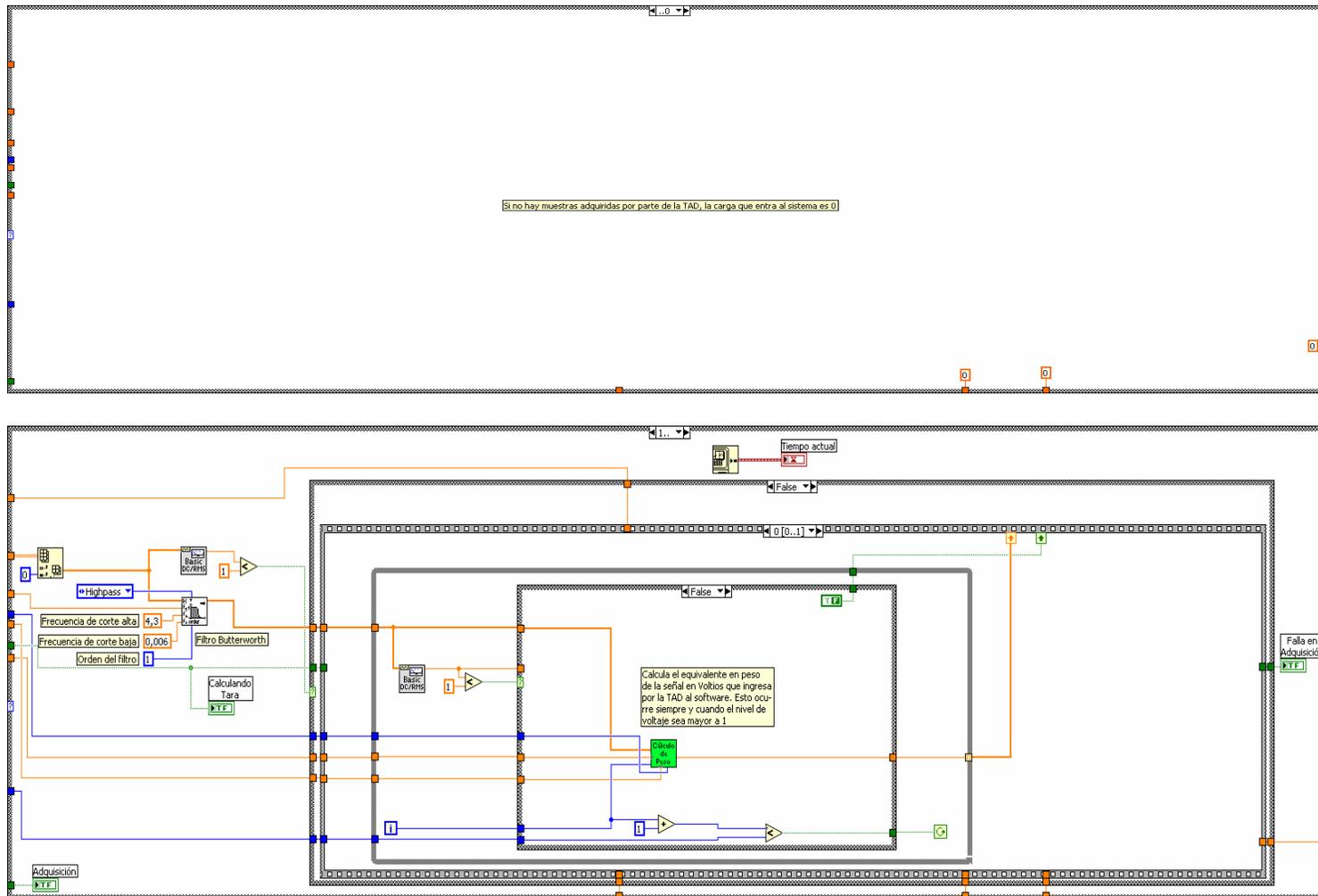


FIGURA.13.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA (CONTINUACIÓN)

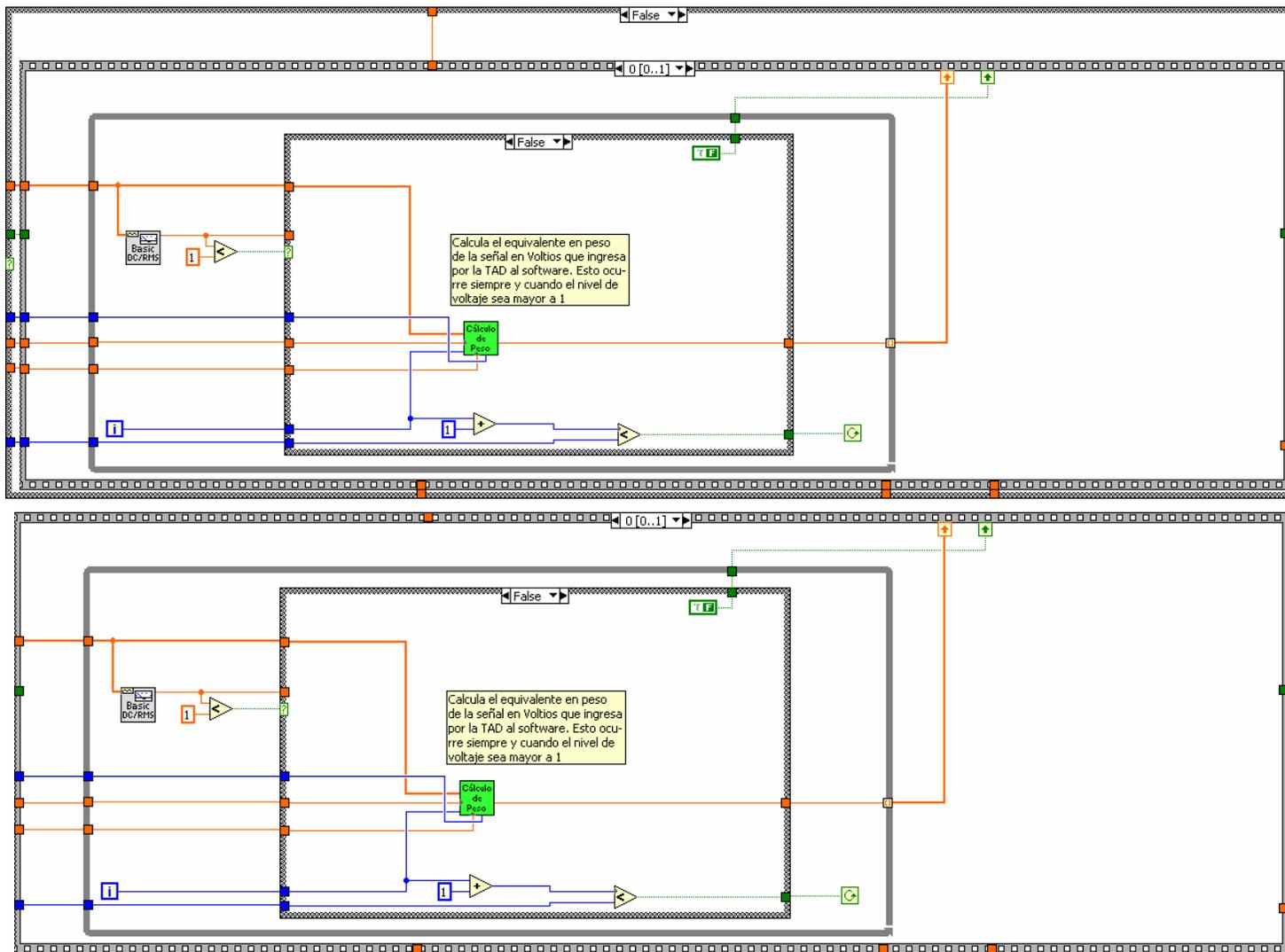


FIGURA.13.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA (CONTINUACIÓN)

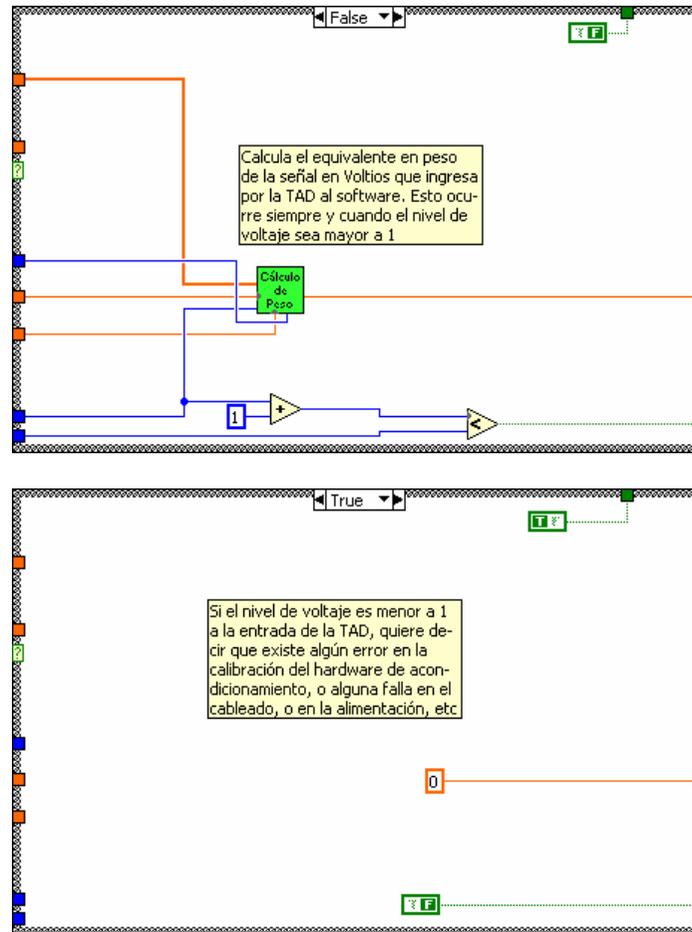


FIGURA.13.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA (CONTINUACIÓN)

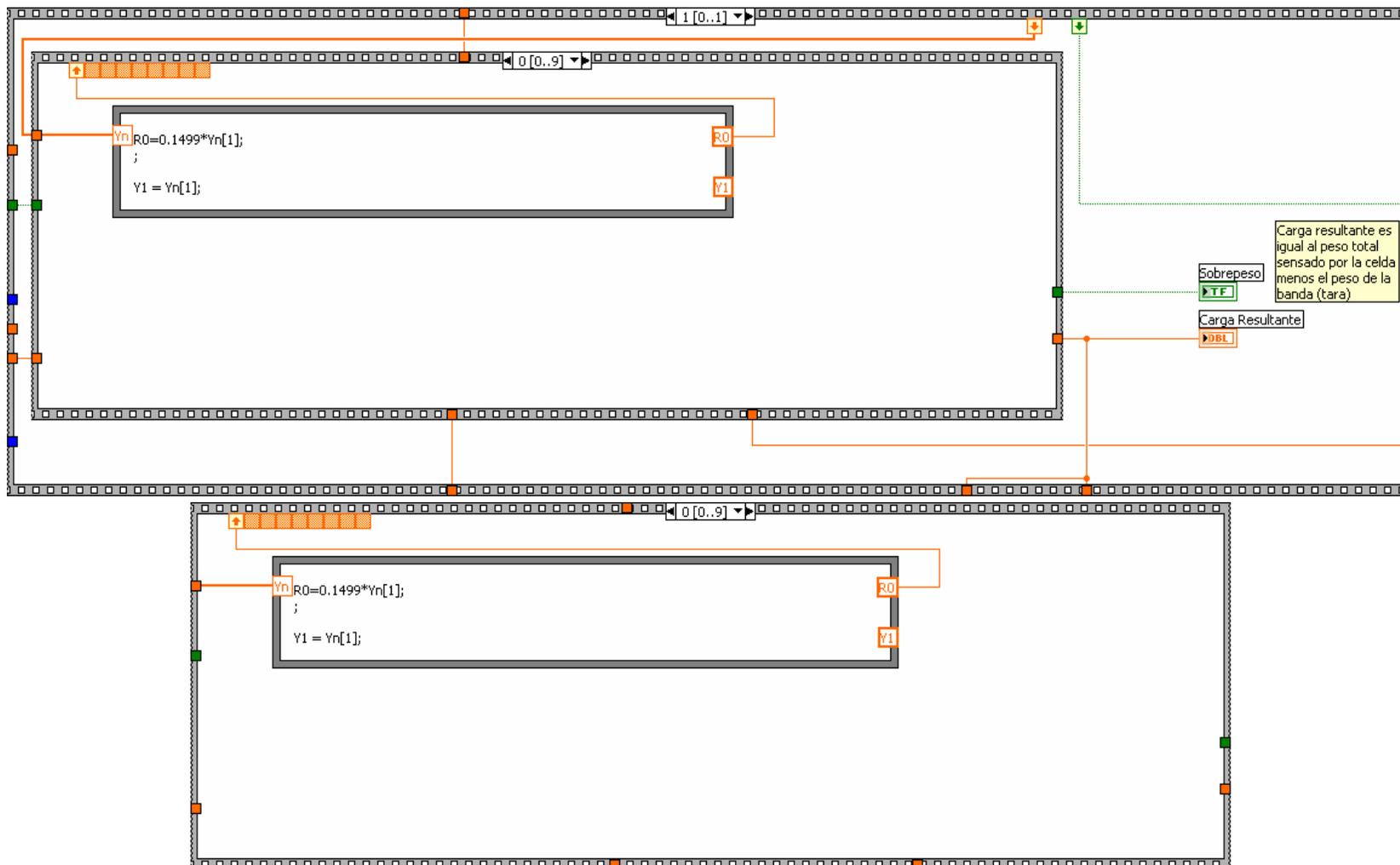


FIGURA.13.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA (CONTINUACIÒN)

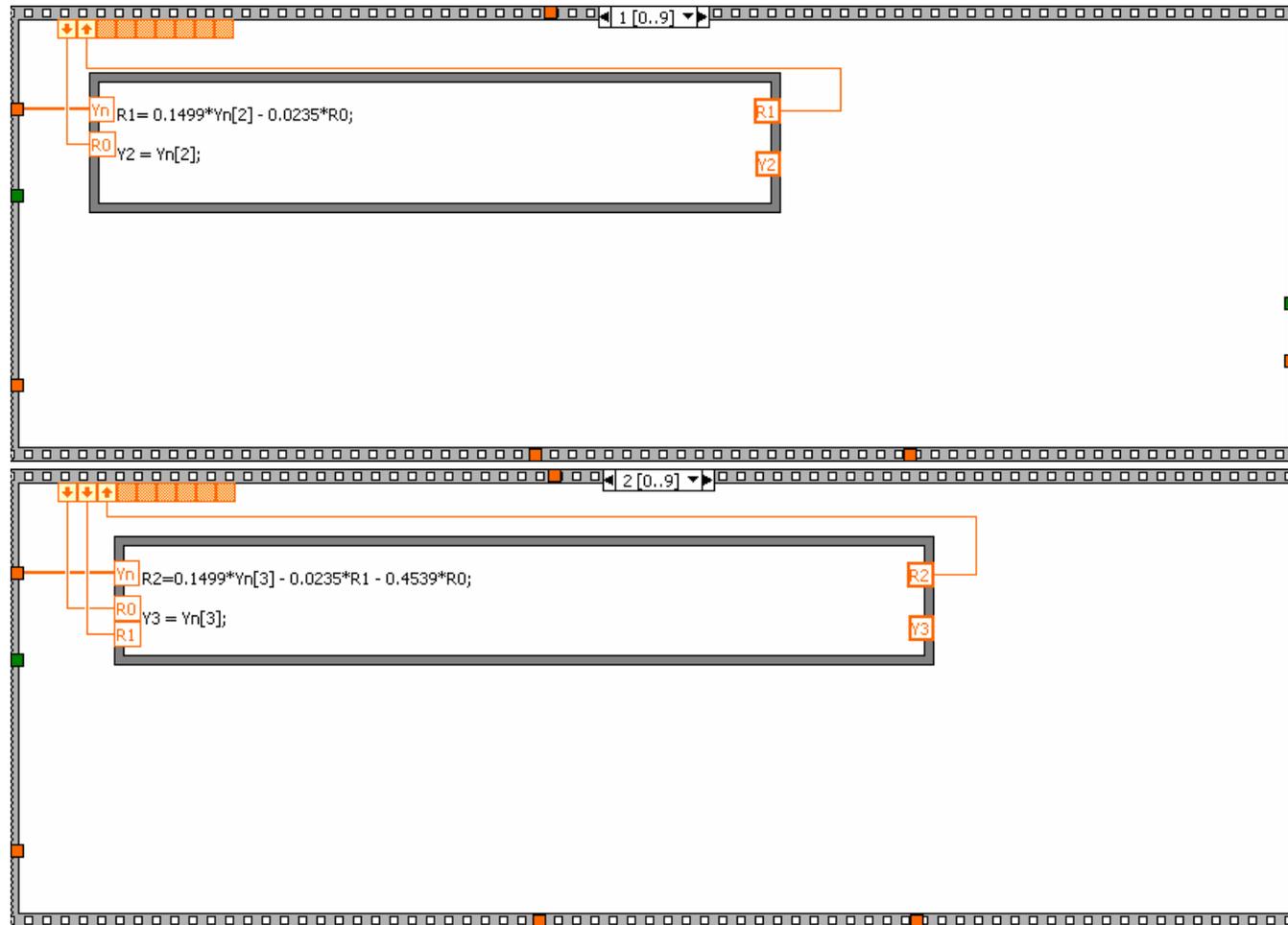


FIGURA.13.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA (CONTINUACIÒN)

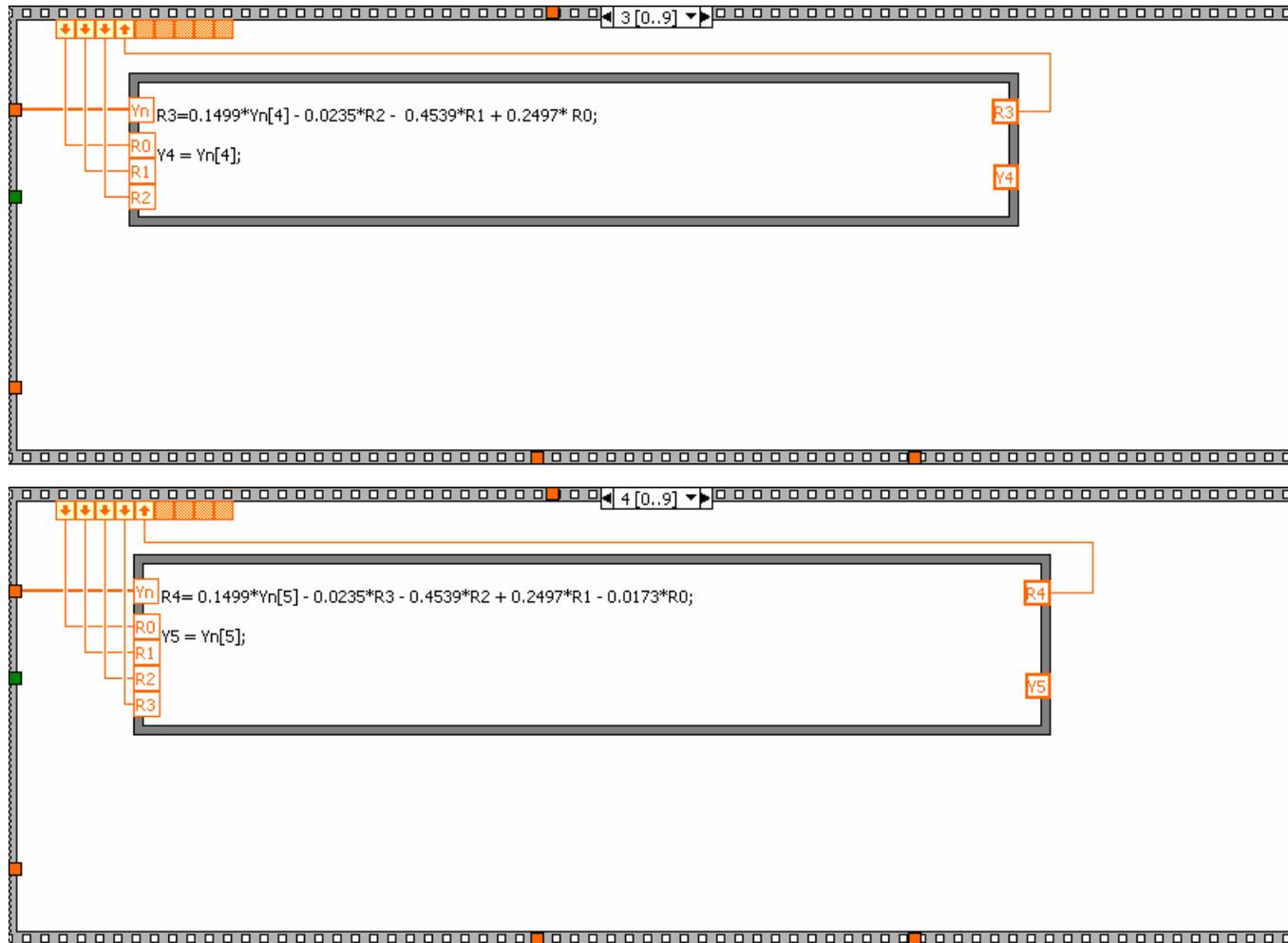


FIGURA.13.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA (CONTINUACIÒN)

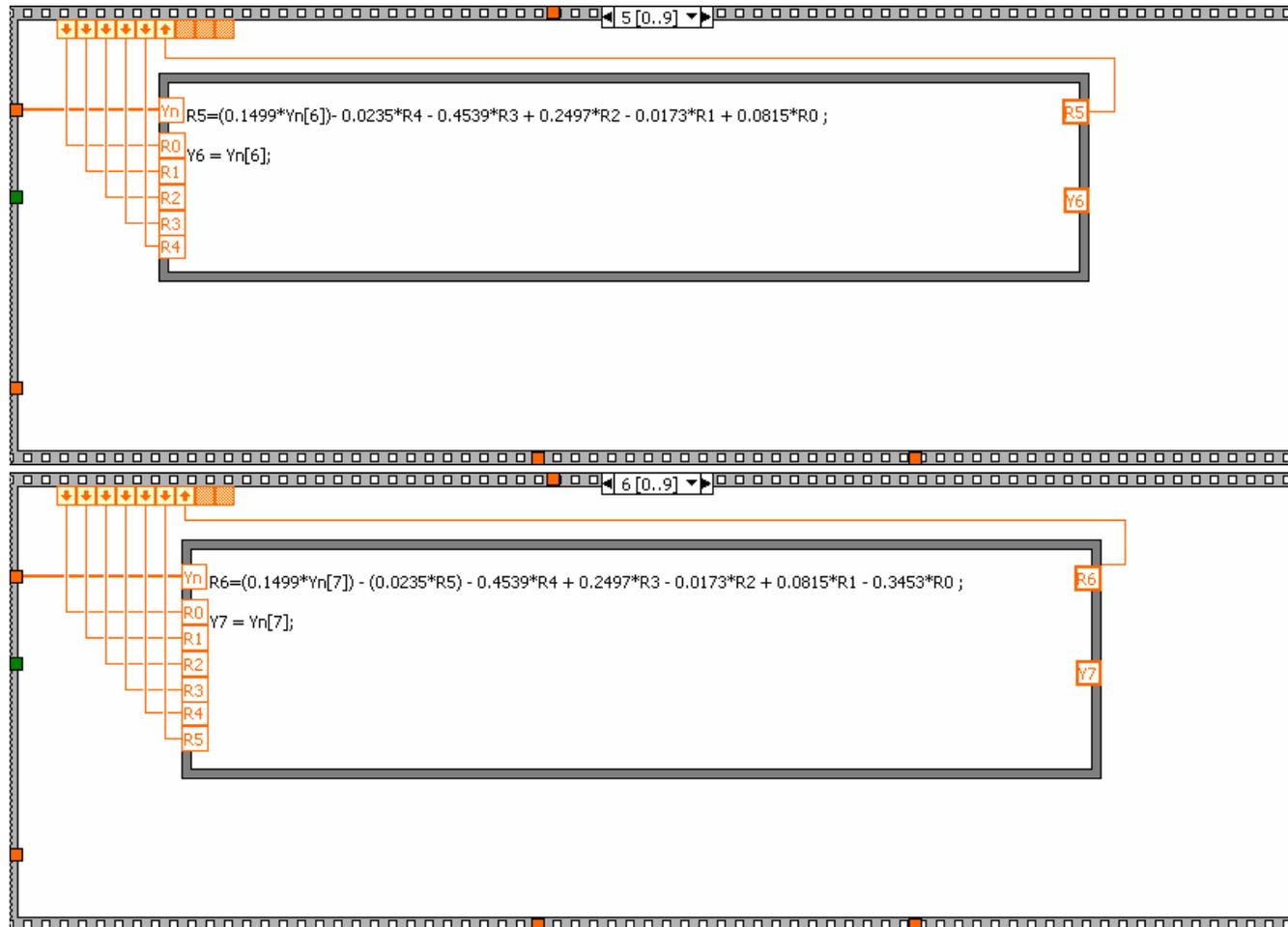


FIGURA.13.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA (CONTINUACIÒN)

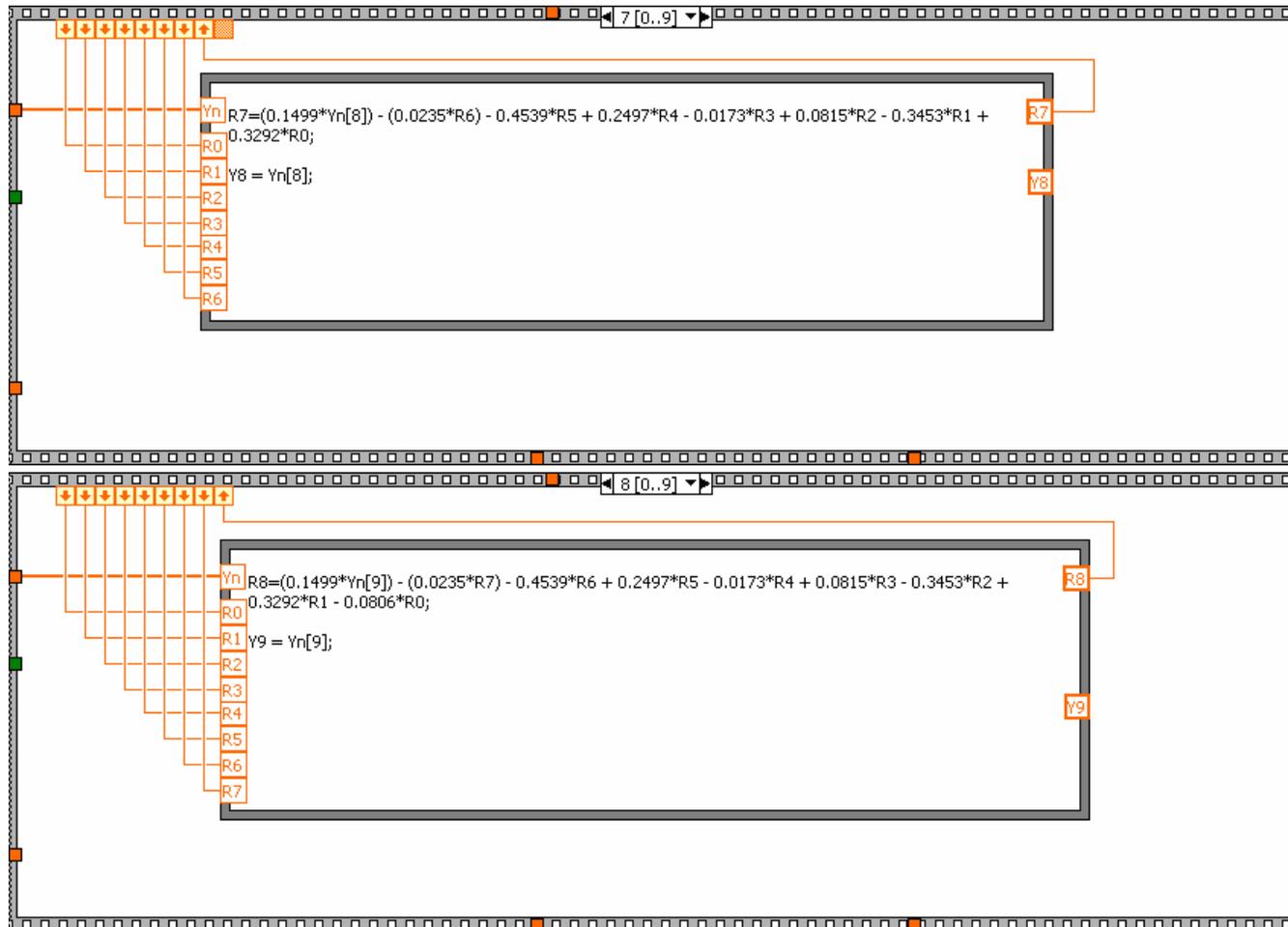


FIGURA.13.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA (CONTINUACIÒN)

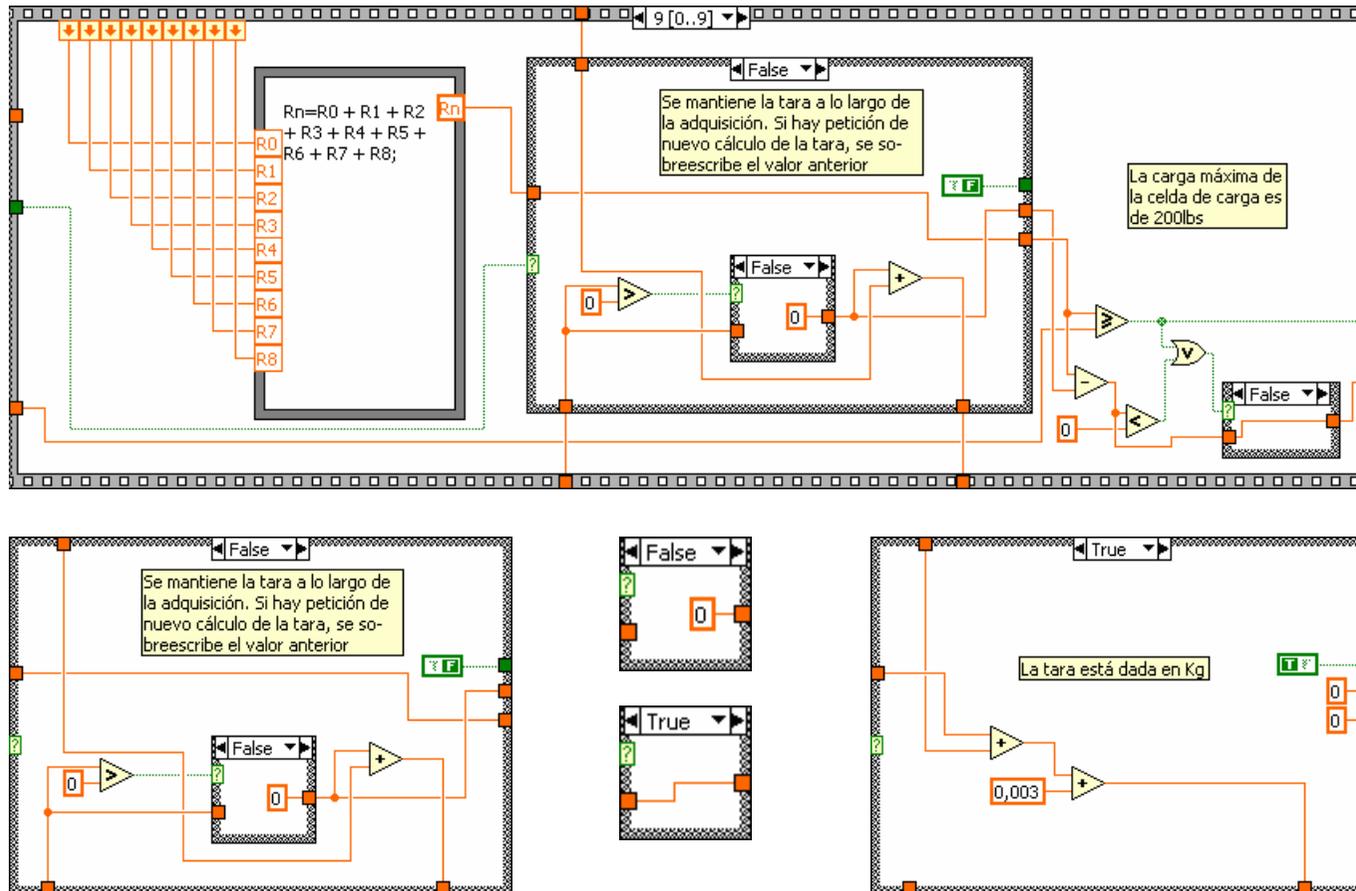


FIGURA.13.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA (CONTINUACIÓN)

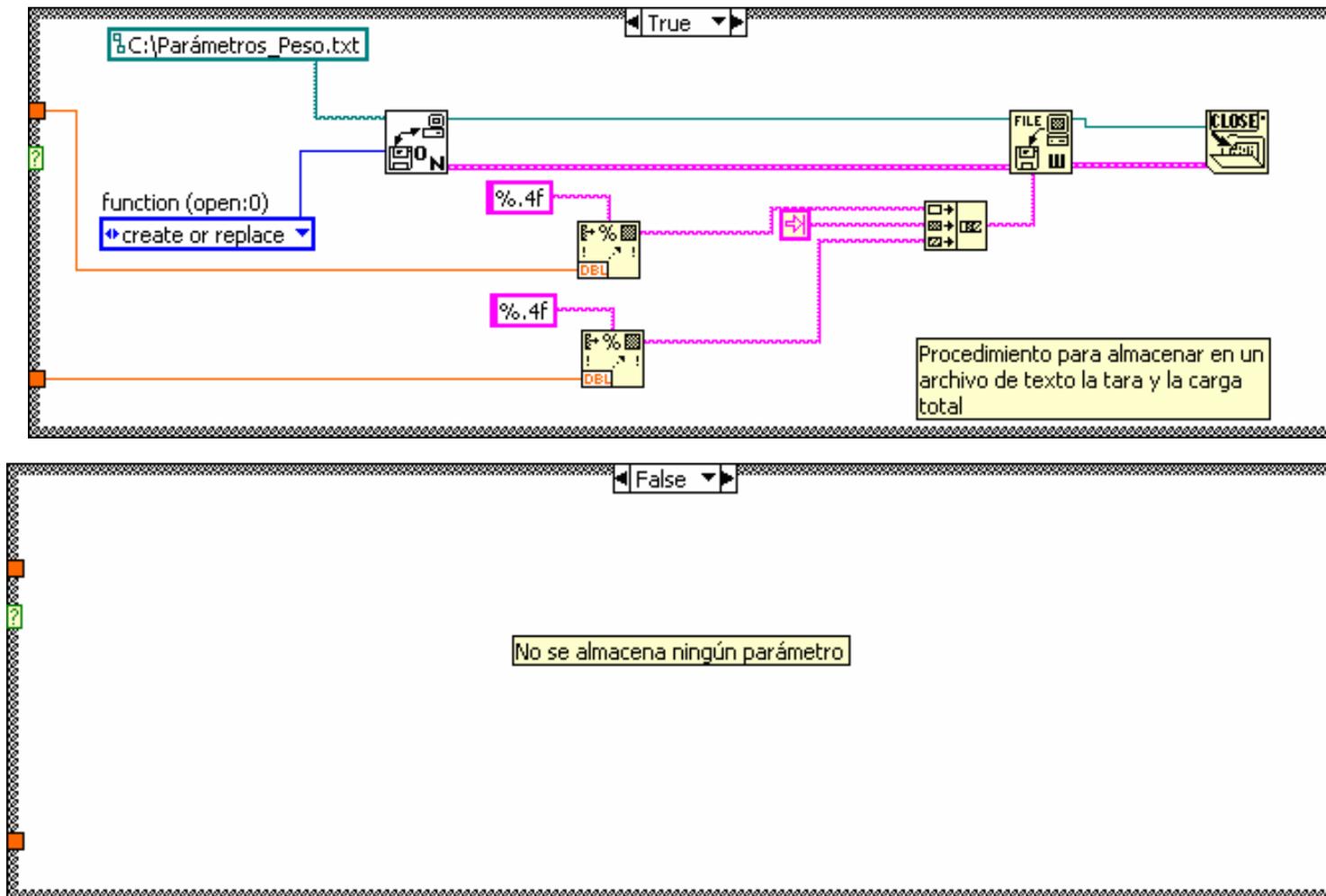


FIGURA.13.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA (CONTINUACIÒN)

### 13.1.3. Controles e indicadores

**TF** **Apagar.-** Detiene todas las subrutinas y apaga la aplicación.

**FT** **Nombre del Dispositivo.-** Nombre del dispositivo con que se realiza la adquisición de los datos.

**U32** **Total de muestras a adquirir.-** Número de muestras que la tarjeta de adquisición de datos adquiere. Se especifica "0" para adquisición infinita.

**U32** **Muestras a procesar por iteración.-** Máximo número de muestras que la subrutina retorna por cada iteración. Si el total de muestras a leer no es un múltiplo del Conteo de Muestras por iteración la última muestra será del tamaño de los datos históricos.

**FT** **Selección de canal de la tarjeta.-** Habilita los canales de entrada analógica (shift + click para selección múltiple). Al usar entradas diferenciales solo los canales del 0-7 están disponibles.

**I32** **Canal.-** Selección del canal o de los canales

**U32** **Rango.-** Selección del rango de entrada que corresponde al canal habilitado.

- TF** **Configuración.-** Establece si las señales de entrada son 16 SE u 8 DIFF.
- DBL** **Velocidad de la banda.-** Valor constante que corresponde a la velocidad de la banda transportadora. Está dada en m/seg.
- IG** **Número de celdas.-** Enumera la cantidad de celdas de carga presentes a lo largo de la longitud efectiva de la báscula.
- DBL** **Capacidad.-** Capacidad máxima que puede soportar una celda de carga.
- DBL** **Longitud.-** Especifica la longitud de la plataforma de pesaje. Está dada en metros (m).
- DBL** **Inclinación.-** Angulo de inclinación, en grados, de la banda respecto al plano horizontal.
- TF** **Tara.-** Si este controlador booleano es VERDADERO, entonces una subrutina realiza el cálculo respectivo para encontrar el peso muerto de la plataforma de pesaje (tara).
- TF** **Guardar.-** Si este controlador booleano es VERDADERO, se almacena en un archivo de texto los parámetros de peso que se necesitan para los cálculos. Estos son: la tara y el peso acumulado.

- TF1** **Encerar.-** Si este controlador booleano es VERDADERO, se encera la Carga Acumulada.
- SGL** **Frecuencia de muestreo.-** Tasa de adquisición a la cual se toman las muestras. Es proporcional al número de celdas de carga en una báscula, a la velocidad de la banda e inversamente proporcional a la longitud de la misma.
- U32** **Muestras en buffer.-** Muestras que ya están almacenadas en el buffer.
- U32** **Muestras adquiridas.-** Muestras que se acaban de leer en la presente iteración.
- TF1** **Sobrepeso.-** Si la carga resultante a la salida del modelo de pesaje es mayor a la carga máxima permitida por la celda de carga, el Indicador "Sobrepeso" se enciende.
- TF1** **Falla en Adquisición.-** Indica si existe alguna falla en el hardware de adquisición debido a alguna falla en la tarjeta, circuitos de acondicionamiento, problemas de cableado, alimentación, etc.
- TF1** **Adquisición.-** Indica que el proceso de adquisición comienza.
- DBL** **Carga Resultante.-** Valor a la salida del modelo

matemático que indica la cantidad de material que entra y sale de la plataforma de pesaje, en toneladas.

 **Tara.-** Valor correspondiente al peso muerto de la plataforma de pesaje y está dado en Kg.

 **Carga Acumulada.-** Cantidad de material que pasa sobre la plataforma en un determinado intervalo.

 **Carga Total.-** Cantidad de material procesada desde que se inició por primera vez la aplicación.

 **Tiempo actual.-** Muestra la fecha y hora actual.

 **Velocidad de producción.-** Expresa la cantidad de material producida en toneladas/hora.

 **Calculando Tara.-** Indicador que permanece activo mientras la aplicación ejecute el procedimiento del cálculo de la tara.

#### 13.1.4. Lista de SubVIs



##### **Configuración de Tarjeta.VI**

Maneja todas las tareas de adquisición de datos y aquellas que no requieren de procesos complejos de disparo.



### **Configuración de canales.vi**

Permite seleccionar la configuración del canal. Tiene dos opciones Single-ended (SE) o Diferencial (DIFF). Además permite seleccionar el rango de voltaje de entrada para cada uno de los canales analógicos.



### **Cálculo de Pesos Estáticos.vi**

Convierte el arreglo que contiene las muestras de voltaje adquiridos en un arreglo de pesos.



### **Basic Averaged DC-RMS.vi**

Obtiene el nivel DC de la señal analógica adquirida.



### **Butterworth Filter.vi**

Elimina las componentes de peso no deseadas.



### **Open/Create/Replace File.vi**

Abre, cierra y/o sobrescribe los parámetros de peso (carga total y tara) en un archivo de Excel.

# **CAPÍTULO 14**

## **DESARROLLO DE PRUEBAS Y RESULTADOS**

Las pruebas se desarrollaron en la empresa de agregados para la construcción “Calcáreos Huayco” ubicada en el Km. 12½ de la vía a la costa, quienes nos facilitaron sus instalaciones durante los aproximadamente 3 meses que duraron las mismas.

### **14.1. Área de trabajo**

Las pruebas del sistema de pesaje propuesto se ejecutan bajo las siguientes condiciones:

- a. Se cuenta con un sistema de bandas transportadoras operativo para el transporte de carga pesada.
- b. Se dispone de un lugar físico sobre la banda para el

montaje de las celdas de carga (plataforma de pesaje).

- c. Existe una cabina de control cercana a la banda, con conexiones adecuadas para el computador: toma de 110V/60Hz, regulador de voltaje.
- d. Se dispone de una báscula estática de referencia.



FIGURA 14.1. ÁREA DE PRUEBAS



FIGURA 14.2. INSTALACIÓN DE BALANZA



FIGURA 14.3. INSTALACIÓN DEL COMPUTADOR

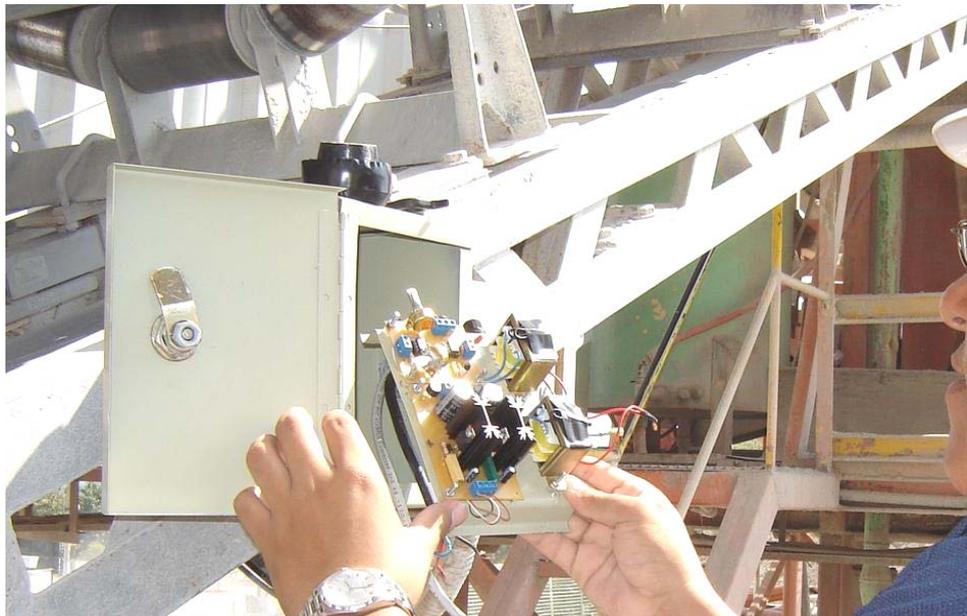


FIGURA 14.4. CAJA DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

## **14.2. Requerimientos**

### **14.2.1. Personal**

- Operador encargado de la banda transportadora
- Técnico asistente

### **14.2.2. Materiales y equipos**

- Multímetro digital
- Osciloscopio
- Tacómetro

## **14.3. Prueba 1**

### **14.3.1. Objetivo**

Adquirir los datos correspondientes a los diferentes estados en los que se encuentra la banda: vacía en movimiento, vacía detenida, con carga en movimiento y con carga detenida; y almacenarlos en un archivo de texto para su posterior análisis.

### **14.3.2. Procedimiento**

1. Apagar el motor de la banda y vaciar la misma (operador encargado).
2. Asegurar que el computador y el circuito de acondicionamiento estén conectados a 110V/60Hz.
3. Asegurar que la bornera de expansión esté conectada a la tarjeta de adquisición de datos.
4. Verificar que no existan fallas en el cableado.
5. Encender el computador y energizar el circuito de acondicionamiento de señales.
6. Ejecutar programa Sistema\_Pesaje.EXE.
7. Dependiendo del experimento, alimentar a la banda de material y encender el motor de la misma.
8. Tomar lectura del voltaje a la salida de la celda de carga y del circuito de acondicionamiento.

## **14.4. Prueba 2**

### **14.4.1. Objetivo**

Obtener el modelo del sistema de pesaje.

#### 14.4.2. Procedimiento

1. Pesar la cantidad de material presente en un metro de banda. Repetir este paso 4 veces y sacar un promedio
2. Medir la inclinación de la banda y su velocidad.
3. Apagar el motor de la banda y vaciar la misma (operador encargado).
4. Asegurar que el computador y el circuito de acondicionamiento estén conectados a 110V/60Hz.
5. Asegurar que la bornera de expansión esté conectada a la tarjeta de adquisición de datos.
6. Verificar que no existan fallas en el cableado.
7. Encender el computador y energizar el circuito de acondicionamiento de señales.
8. Ejecutar programa Sistema\_Pesaje.EXE.
9. Encender el motor de la banda y alimentar a la misma del material a pesar (operador encargado)
10. Tomar lectura del voltaje a la salida de la celda de carga, del circuito de acondicionamiento y de la bornera de expansión de la tarjeta.
11. Detener el motor de la banda y la alimentación una vez terminada la prueba.

## **14.5. Prueba 3**

### **14.5.1. Objetivo**

Validar el modelo del sistema de pesaje.

### **14.5.2. Procedimiento**

1. Seguir el procedimiento descrito en la sección 14.3.2 (pasos del 3 al 8).
2. Alimentar al silo que alimenta a la banda de material conocido.
3. Encender el motor de la banda y alimentarla del material con peso conocido.
4. Dejar corriendo el sistema hasta que todo el material haya pasado por la plataforma de pesaje.
5. Tomar apuntes.
6. Ejecutar este mismo procedimiento cuantas veces sean necesarias.

## **14.6. Análisis**

### 14.6.1. Prueba 1

#### 1) Banda vacía y detenida

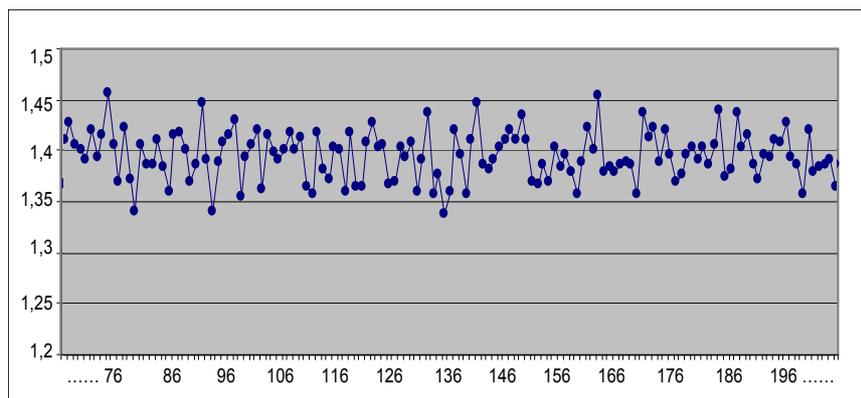


FIGURA 14.5. ADQUISICIÓN, BANDA VACÍA Y DETENIDA

#### 2) Banda vacía y en movimiento

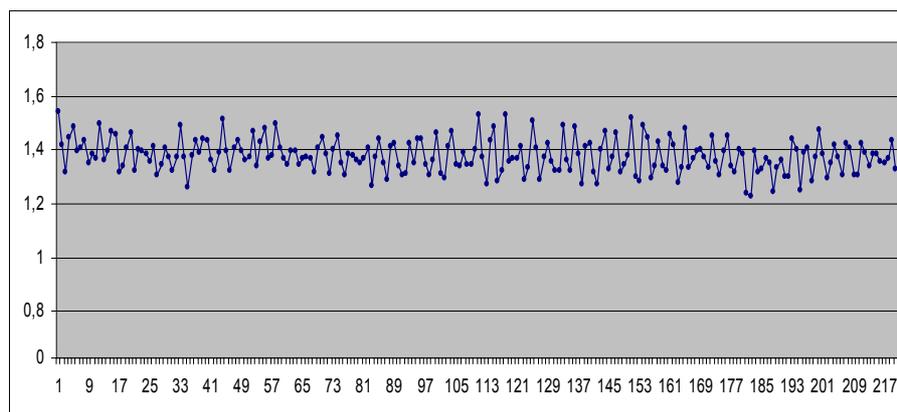


FIGURA 14.6. ADQUISICIÓN, BANDA VACÍA EN  
MOVIMIENTO

## 3) Banda con carga y detenida

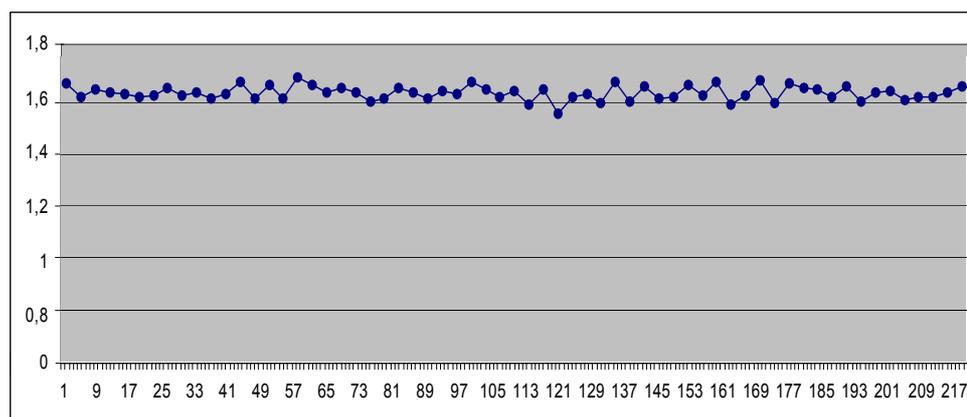


FIGURA 14.7. DATOS ADQUIRIDOS PARA BANDA CON CARGA Y DETENIDA

## 4) Banda con carga y en movimiento

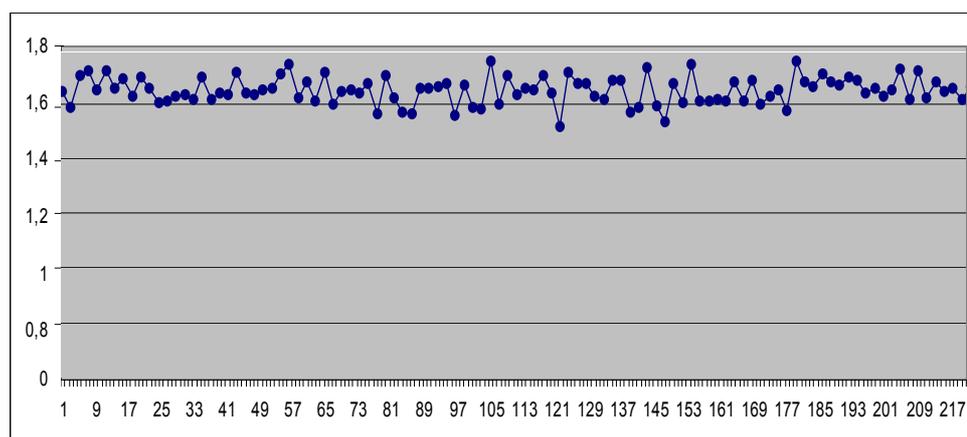


FIGURA 14.8. DATOS ADQUIRIDOS PARA BANDA CON CARGA EN MOVIMIENTO

### 14.6.2. Prueba 2

Se define el sistema  $H(Z)$  con sus entradas y salidas:

$$H(Z) = \frac{Y(Z)}{R(Z)} \quad (14.1)$$

Es necesario determinar la cantidad de material presente en la plataforma de pesaje, cuya longitud es 1,8m. Ver Tabla 23.

**TABLA 27**  
**PESO TRANSPORTADO POR METRO**

<b>Medición</b>	<b>Peso [Kg]</b>
1	11,757
2	11,858
3	11,977
4	11,934
<b>Promedio [1m]</b>	<b>11,880</b>
<b>Promedio [1,8m]</b>	<b>21,380</b>

Para determinar el modelo que represente a  $H(Z)$ , es necesario saber el tamaño del escalón de la señal de entrada.

Para determinar el peso total presente sobre las celdas de

carga (incluido el peso muerto), es necesario medir el voltaje a la salida del circuito de acondicionamiento cuando la banda está llena, que según la ecuación 12.20 significa un voltaje de:

$$V_L = 250 * [(3,25mv)(120)(0,0067) + 4ma]$$

$$V_L = 1,653v$$

Haciendo uso de la ecuación 12.32 se obtiene el valor en kilogramos correspondiente a ese voltaje:

$$P_{real(Kg)} = \frac{\left( \frac{200 * (1,653 - 1)}{\cos(21)} \right)}{2,2} = 63,58$$

Dado que el número de muestras que se adquieren a lo largo de la plataforma de pesaje es 10, el tamaño del paso escalón queda como 6,358Kg.

Para encontrar el peso muerto de la plataforma:

$$P_{real(Kg)} = P_{material(Kg)} + P_{tara(Kg)}$$

$$P_{tara(Kg)} = P_{real(Kg)} - P_{material(Kg)}$$

$$P_{tara(Kg)} = 63,58 - 21,38 = 42,2$$

R(Z) queda expresada de la siguiente manera:

$$R(Z) = 6,358 \frac{1}{(1 - Z^{-1})} \quad (14.2)$$

Las muestras de peso adquiridas durante el proceso de carga del material sobre la banda transportadora son:

**TABLA 28**  
**MUESTRAS DURANTE LLENADO DE BANDA**

<b>Muestra</b>	<b>Dato adquirido [V]</b>	<b>Equivalente [Kg]</b>
1	1,42223	90,4539
2	1,43215	92,5791
3	1,62381	133,6382
4	1,51837	111,0499
5	1,52569	112,6180
6	1,49129	105,2486
7	1,63708	136,4810
8	1,49807	106,7010
9	1,53210	113,9913
10	1,58932	126,2494

$$\begin{aligned}
Y(Z) = & 90,4539Z^{-1} + 92,5791Z^{-2} + 133,6382Z^{-3} + 111,0499Z^{-4} + \\
& 112,6180Z^{-5} + 105,2486Z^{-6} + 136,4810Z^{-7} + 106,7010Z^{-8} + \\
& 113,9913Z^{-9} + 126,2494Z^{-10} \quad (14.3)
\end{aligned}$$

de esta forma, reemplazando las ecuaciones 6.2 y 6.3 en la ecuación 6.1, el modelo del sistema  $H(Z)$  se define como:

$$\begin{aligned}
H(Z) = & 6,6687Z^{-1} + 0,1569Z^{-2} + 3,0271Z^{-3} - 1,6653Z^{-4} + 0,1156Z^{-5} - \\
& 0,5433Z^{-6} + 2,3026Z^{-7} - 2,1956Z^{-8} + 0,5375Z^{-9} \quad (14.4)
\end{aligned}$$

Aplicando la transformada inversa de  $Z$  se obtiene la serie  $r_n$  que define la ecuación diferencial del modelo en función de las salidas del sistema.

$$\begin{aligned}
r_n = & 0,1499Y_{n+1} - 0,0235r_{n-1} - 0,4539r_{n-2} + 0,2497r_{n-3} - 0,0173r_{n-4} + \\
& 0,0815r_{n-5} - 0,3453r_{n-6} + 0,3292r_{n-7} - 0,0806r_{n-8} \quad (14.5)
\end{aligned}$$

### 14.6.3. Prueba 3

Las pruebas realizadas entregan los siguientes valores:

**TABLA 29**  
**RESULTADOS DE LA PRUEBA**

<b>Prueba #</b>	<b>Peso introducido [Ton]</b>	<b>Peso resultante [Ton]</b>	<b>% Error promedio</b>
1	18,6	17,38	6,56
2	6,6	6,00	9,09
3	13,2	13,513	2,37
4	18,5	19,326	4,47

El error promedio del experimento es de  $\pm 5,62\%$ .

#### **14.7. Comentarios sobre las pruebas**

- Se introducen componentes de peso no deseados debido al movimiento de la banda, por lo que es necesario la implementación de un filtro por software para eliminarlos.
- El filtro que se implementó es un Butterworth pasa altos de 1º orden, con frecuencia de corte 0,006Hz. Su finalidad es eliminar las componentes negativas de peso que se añaden por el movimiento de la banda y de las uniones mecánicas de la cinta.
- El porcentaje de error obtenido es menor al 10%, por lo que se cumplen las expectativas de este proyecto.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La rentabilidad del negocio para el diseño, y construcción del sistema de pesaje dinámico Dynaweight, está respaldada por los resultados favorables del análisis financiero proyectado. Con una inversión inicial de \$ 8.735, y un período de análisis de cinco años, el Valor Actual Neto (VAN) del negocio fue positivo, es decir, se tienen utilidades.
- El punto de equilibrio se alcanza con dieciocho unidades vendidas de producto al año, lo que significa que todos los ingresos por encima de esos niveles de ventas, significan una ganancia.
- Dada la funcionalidad que tiene DYNAWEIGHT de almacenar parámetros de peso en un archivo de texto, se podrá implementar algún procedimiento que permita analizar la producción de la planta, monitorear la eficiencia en la producción y obtener datos históricos de la cantidad de material producida.
- El método de identificación por respuesta al escalón es capaz de calcular de una manera sencilla la cantidad de material que se encuentra en circulación por la banda transportadora y la velocidad de producción de la misma.

- Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas cumplen las expectativas de este trabajo, pero sin lugar a dudas pueden ser mejores si se trabaja en algunos aspectos en la manipulación del software, obteniendo así una reducción considerable del porcentaje de error.
  
- Hay que considerar que los sistemas de bandas difieren uno del otro ya que existen una serie de factores mecánicos y eléctricos que afectan el comportamiento de estos y que ocasionan que el modelo implementado no represente fielmente al sistema de pesaje. Estos son:
  - Alineación de la banda
  - Tensión de la banda
  - Tipos de unión de la cinta
  - Vibración
  - Velocidad variable de la banda
  
- Dado que la tarjeta de adquisición de datos lotech tiene 16 canales de entrada analógicas, es posible utilizar el mismo sistema de pesaje dinámico para monitorear otras 15 bandas más, con el mínimo cambio en los circuitos. Adicionalmente, es posible enviar señales de alarma o controlar circuitos actuadores ya que esta tarjeta también cuenta con

canales de salidas analógicas y digitales.

- Se recomienda que el computador se instale en una sala dedicada para el monitoreo de las bandas transportadoras y así evitar funcione bajo condiciones a las cuales no fueron diseñados los computadores personales. Además, el sistema de pesaje dinámico está diseñado para soportar transmisión de señales de corriente a largas distancias.

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] Load Cell Technology in Practice; Revere Transducers; Application Note 07/6-13/01
- [2] Dynamic Weighing
- [www.weighing-systems.com/TechnologyCentre/dynamic.html](http://www.weighing-systems.com/TechnologyCentre/dynamic.html)
- [3] Edwin M. Bartee, Engineering Experimental Design Fundamentals, Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall, 1968, página # 1.
- [4] Edwin M. Bartee, Engineering Experimental Design Fundamentals, Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall, 1968, página # 6.
- [5] Msc. Héctor Garcini, Modelación e Identificación de Sistemas: Apuntes de clase Prentice-Hall, 1968, página # 61.
- [6] Apuntes clase de Modelación e Identificación de Sistemas. Msc. Héctor Garcini Leal. Enero 2005
- [7] Data acquisition for instrumentation and Control Systems. John Park, Steve Mackay. Elsevier.
- [8] Lab View Data Acquisition Course Manual. Edición de agosto de 1999. Nacional Instruments Corporation.
- [9] Metal Strain Gauges. Process Control Instrumentation Technology, Prentice Hall PTR. Curtis D. Johnson.
- [10] The issues associated with loss in weight feeders. Artículo publicado en la revista Processing. Putman Media. Marzo 2003.

- [11] Hispeed check weigher, fabricante de Sistemas con Bandas Transportadoras; [www.hispeedcheckweigher.com](http://www.hispeedcheckweigher.com)
- [12] Sistema de pesaje continuo, SPC; [www.sipel.com.ar](http://www.sipel.com.ar)
- [13] Industrias del ecuador; [www.explored.com.ec](http://www.explored.com.ec)
- [14] Guía de la ciudad de guayaquil, edición 2004-2005. PUBLICAR.
- [15] Ley de compañías, Legislación Conexa, Concordancias. Edición Septiembre 2004.
- [16] Proceso legal para iniciar un negocio, Colección “Cómo Crear Empresas”, Tomo 2. Cámara de Comercio de Guayaquil. Febrero 2004.