

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO ELECTROMECÁNICO**

*“diseño y construcción de un galpón de ambiente controlado para cerdos, usando tecnología OPTO 22 como una nueva alternativa de control”*

**Por:**

**JUAN CARLOS MOLINA MORENO**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**2007**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia y a mi novia que de una u otra forma supieron apoyarme justo en el momento indicado en todos los aspectos para el desarrollo de este proyecto.

***Juan Carlos.***

## RESUMEN

La tecnología actual nos permite acceder a un sinnúmero de dispositivos de gran versatilidad y funcionalidad para mejorar las condiciones de manejo y explotación de procesos productivos; dentro de lo que respecta a manejo, cuidado y nutrición de animales usando la tecnología existente se puede obtener excelentes resultados y satisfacer las necesidades fisiológicas de los animales, para lograr brindarles condiciones de confort; tanto de, temperatura, eliminación de gases y alimentación para obtener un alto índice de productividad, reduciendo costos y optimizando recursos.

Se puede controlar el ambiente alcanzando niveles de confort para el cerdo, usando controladores, sensores y varios dispositivos necesarios para acoplar todos los elementos y controlar el proceso, para esto se usará tecnología Opto 22, (hardware y software)

Las ventajas de un galpón con ambiente controlado sobre uno convencional son:

- Taza de crecimiento más alta
- Bajo índice de aparición y contagio de enfermedades
- Reducción de estrés animal
- Carne de mejor calidad
- Disminución de enfermedades profesionales (de carácter pulmonar) en personas involucradas en el proceso

Pese a que los costos de un galpón con ambiente controlado superan los de uno convencional, la inversión vale la pena ya que a la postre se reducen costos de control de enfermedades y se logra aprovechar al máximo la capacidad metabólica del animal para absorber los nutrientes y obtener resultados satisfactorios.

En cuanto a la tecnología Opto 22, su hardware dispone de dispositivos modulares formados por: controladores, bloques de entradas y salidas análogas y digitales con valores estándar y especiales, racks (Tarjetas madre), módulos de conexión serial, relés de estado sólido, algunos de sus dispositivos disponibles con tecnología wireless.

Estos equipos son ideales para controlar procesos industriales sencillos y complejos; tales como, sistemas de seguridad con monitoreo SMS; usando: SCADA, HMI SCADA, monitoreo y control en tiempo real.

El software de desarrollo ioProject de OPTO22 se encarga del control total del sistema y ésta se compone de varios paquetes, que son: IoControl, IoDisplay, IoManager, IoUtilities y OptoOPCServer

En general la tecnología de Opto 22 es versátil y menos costosa en comparación con la tecnología NI (National Instruments) usada comúnmente.

# **CAPITULO I**

## **FUNDAMENTOS DEL CONTROL DE PROCESOS**

### **1.1- Introducción.**

#### **1.1.1- Definición de sistema de control.**

Un sistema es un ordenamiento de componentes conectados o relacionados de manera que formen una unidad completa que puedan actuar como tal.

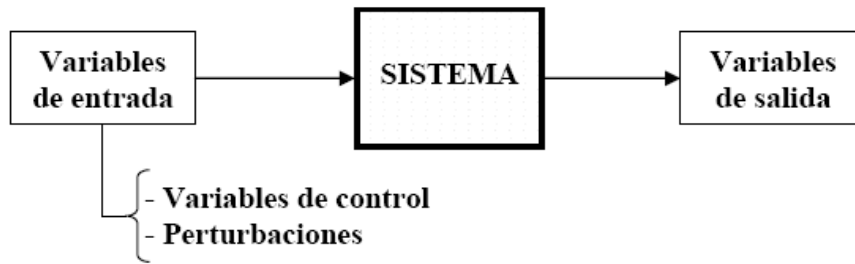
La palabra control generalmente se usa para designar regulación, dirección o comando.

Al combinar las definiciones anteriores se tiene:

Un sistema de control es un ordenamiento de componentes conectados de tal manera que el mismo pueda comandar, dirigir o regularse a sí mismo o a otro sistema.

Un sistema de control puede definirse conceptualmente como un ente que recibe unas acciones externas o variables de entrada, y cuya respuesta a estas acciones externas son las denominadas variables de salida.

Las acciones externas al sistema se dividen en dos grupos: variables de control, que se pueden manipular, y perturbaciones sobre las que no es posible ningún tipo de control. La Figura 1.1 ilustra de un modo conceptual el funcionamiento de un sistema de control.



**Figura 1.1 Esquema básico de un sistema de control**

El control es la clave tecnológica para lograr:

- Productos de mayor calidad.
- Minimización de desperdicios.
- Protección del medio ambiente.
- Mayor rendimiento de la capacidad instalada.
- Mayores márgenes de seguridad.

El control es multidisciplinario (incluye sensores, actuadores, comunicaciones, cómputo, algoritmos, etc.)

El diseño de control tiene como meta lograr un nivel de rendimiento deseado frente a perturbaciones e incertidumbre.

El control tiene una larga historia que comenzó con el deseo primordial de los seres humanos de dominar los materiales y las fuerzas de la naturaleza en su provecho.

Los primeros ejemplos de dispositivos de control incluyen los sistemas de regulación de relojes y los mecanismos para mantener los molinos de viento orientados en la dirección del viento.

Las plantas industriales modernas poseen sofisticados sistemas de control que son cruciales para su operación correcta.

De hecho, ninguno de los sistemas modernos (aviones, trenes de alta velocidad, reproductores de CD, etc.) podrían operar sin la ayuda de sofisticados sistemas de control.

El control se usa en:

- Procesos industriales.
- Transporte: Autos, Trenes, Barcos, Aviones, Naves espaciales.
- Generación de energía.
- Transmisión de energía.
- Mecatrónica.
- Instrumentación.
- Artefactos electrónicos.
- Medicina.
- Etc...

### **1.1.2 Integración de sistemas.**

El éxito del control se apoya en tener un enfoque global de los problemas. Algunos de los aspectos a tener en cuenta son:

- a) La planta o el proceso a ser controlado
- b) Los objetivos
- c) Los sensores
- d) Los actuadores
- e) Las comunicaciones
- f) El cómputo
- g) Los algoritmos
- h) Las perturbaciones e incertidumbres
- i) Homogeneidad
- j) Análisis costo-beneficio

**a) La planta o el proceso a ser controlado.-** La estructura física de la planta es una parte intrínseca del problema de control. Por lo tanto es necesario estar familiarizados con la física del proceso bajo estudio.

Esto incluye conocimientos básicos de balances de energía, balances de masas, y flujo de materiales en el sistema.

**b) Objetivos.-** Antes de diseñar sensores, actuadores, o sistemas de control, es importante conocer los objetivos de control. Estos incluyen:

- Qué es lo que se pretende alcanzar (reducción de energía, mayor producción, etc.).
- Qué variables deben controlarse para alcanzar los objetivos.
- Qué nivel de calidad se necesita (precisión, velocidad, etc.).

**c) Los sensores.-** Los sensores son los dispositivos que están en contacto con la variable a ser controlada, se puede decir que los sensores son los ojos del sistema de control, que le permiten ver qué está pasando en el proceso a controlar.

**d) Los actuadores.-** Una vez ubicados los sensores para informar el estado de un proceso, se debe determinar la forma de actuar sobre el sistema, para ir del estado actual al estado deseado.

Un problema de control industrial típicamente involucrará varios actuadores distintos (ejemplo: pistones, motores, bombas, ventiladores, etc.).

**e) Las comunicaciones.-** La interconexión de sensores y actuadores requieren el uso de sistemas de comunicación.

Una planta típica va a tener miles de señales diferentes que deberán ser transmitidas largas distancias. Así, el diseño de sistemas de comunicación y sus protocolos asociados es un aspecto cada vez más importante del control.



**f) El cómputo.-** En los sistemas de control modernos la interconexión de sensores y actuadores se hace invariablemente a través de una computadora de algún tipo.

Por lo tanto, los aspectos computacionales son necesariamente una parte del diseño general.

Los sistemas de control actuales usan una gama de dispositivos de cómputo, que incluyen: PLC (controladores lógicos programables), PC (computadoras personales), etc.

**g) Algoritmos.-** Finalmente, el corazón de los sistemas de control son los algoritmos (software) que enlazan sensores y actuadores.

**h) Perturbaciones e incertidumbre.-** Uno de los factores que hacen del control interesante es que todos los sistemas reales están afectados por ruido y perturbaciones externas.

Estos factores pueden tener un impacto significativo en el rendimiento del sistema.

**i) Homogeneidad.-** Finalmente, todos los sistemas interconectados (sensores, transductores), incluyendo sistemas de control (hardware y software), deben ser tan buenos como el elemento más débil.

Las consecuencias de este hecho en el diseño de control son que debe tenderse a que todos los componentes (planta, sensores, actuadores, comunicaciones, cómputo, interfaces, algoritmos, etc.) sean de una precisión y calidad aproximadamente comparable.

**j) Análisis costo-beneficio.-** Es importante saber justificar los gastos asociados. Esta justificación usualmente toma la forma de un análisis costo-beneficio. Las etapas típicas incluyen:

- Evaluación de un rango de oportunidades de control.
- Selección de una lista corta para examinar con más detalle.
- Decidir entre un proyecto de alto impacto económico o de protección al medio ambiente.
- Consultar personal adecuado (gerencial, de operación, de producción, de mantenimiento, etc.).
- Identificar los puntos claves de acción.
- Obtener información de desempeño de un caso base para comparación posterior.
- Decidir modificaciones a las especificaciones de operación.
- Actualizar actuadores, sensores, etc.
- Desarrollar algoritmos. (Programación)
- Prueba de algoritmos vía simulación.
- Prueba de algoritmos sobre la planta usando sistemas de desarrollo rápido de prototipos.
- Obtener información de desempeño para comparar con el caso base.
- Realizar la implementación definitiva.
- Obtener información de desempeño final alcanzado.
- Realizar el informe final del proyecto.

## **1.2- Función del control automático y clasificación de los sistemas de control.**

### **1.2.1 Función del control automático.**

El control automático de procesos es parte del progreso industrial desarrollado durante lo que ahora se conoce como la segunda revolución industrial. El uso intensivo de la ciencia de control automático es producto de una evolución que es consecuencia del uso difundido de las técnicas de medición y control. Su estudio intensivo ha contribuido al reconocimiento universal de sus ventajas.

El control automático de procesos se usa, fundamentalmente, porque reduce el costo de los procesos industriales, lo que compensa con creces la

inversión en equipo de control. Además hay muchas ganancias intangibles, como la eliminación de mano de obra pasiva, la cual provoca una demanda equivalente de trabajo especializado. La eliminación de errores es otra contribución positiva del uso del control automático.

El principio del control automático o sea el empleo de una realimentación o medición para accionar un mecanismo de control, es muy simple. El mismo principio del control automático se usa en diversos campos, como control de procesos químicos y del petróleo, control de hornos en la fabricación del acero, control de máquinas herramientas, control de trayectoria de un proyectil, etc.

El uso de computadoras ha posibilitado la aplicación de ideas de control automático a sistemas físicos que hace apenas pocos años eran imposibles de analizar o controlar.

Es necesaria la comprensión del principio del control automático en la Ingeniería moderna, por ser su uso tan común, como el uso de los principios de Electricidad o Termodinámica, siendo por lo tanto, una parte de primordial importancia dentro de la esfera del conocimiento de la Ingeniería. También son temas de estudio los aparatos para control automático, los cuales emplean el principio de realimentación para mejorar su funcionamiento.

### **1.2.2 Clasificación de los sistemas de control.**

Los sistemas de control se clasifican en:

- Sistemas de lazo abierto
- Sistemas de lazo cerrado

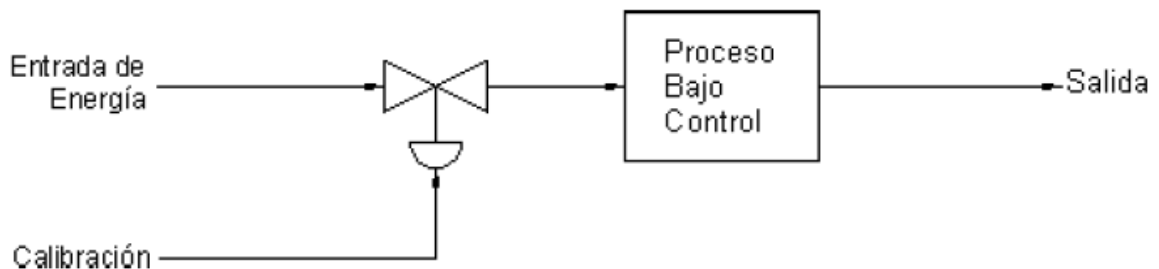
La distinción la determina la acción de control, que es la que activa al sistema para producir la salida.

**Sistema de control de lazo abierto.-** Es aquel en el cual la acción de control es independiente de la salida.

Los sistemas de control a lazo abierto tienen dos características sobresalientes:

- La habilidad que éstos tienen para ejecutar una acción con exactitud está determinada por su calibración. Calibrar significa establecer o restablecer una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada.
- Estos sistemas no tienen el problema de la oscilación, que presentan los de lazo cerrado.

El diagrama de la Figura 1.2 representa un sistema de lazo abierto básico. La energía se aplica al proceso mediante un actuador. La calibración del actuador determina la cantidad de energía aplicada. El proceso usa esta energía para cambiar su salida. Cambiando la calibración del actuador se modifica el nivel de energía en el proceso y la salida resultante. Si todas las variables que pueden afectar la salida del proceso son estables, ésta será estable.



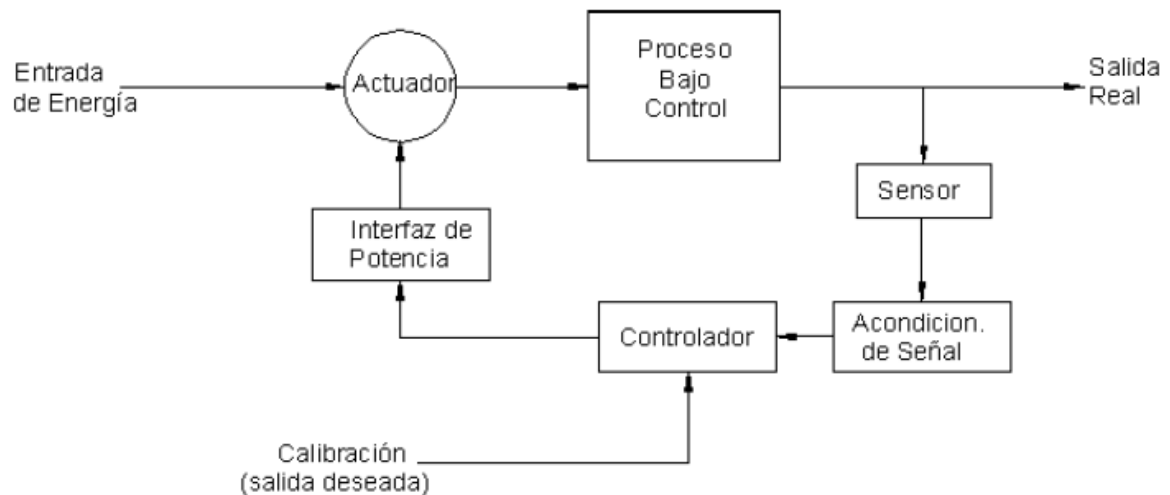
**Figura 1.2 Sistema de lazo abierto básico**

El concepto fundamental del control a lazo abierto es que la calibración del actuador se basa en la comprensión del proceso. Esto incluye conocer la relación de los efectos de la energía sobre el proceso y una evaluación inicial de todas las variables que afectan el proceso.

Basándose en este conocimiento, la salida “debería” ser correcta. En oposición a esto, el control a lazo cerrado incorpora la evaluación permanente (medición) de la salida y la configuración del actuador depende de esta realimentación de información.

**Sistema de control de lazo cerrado.**- Es aquel en el que la acción de control es en cierto modo dependiente de la salida.

Los sistemas de control de lazo cerrado se llaman comúnmente sistemas de control por realimentación, en la Figura 1.3 se describe un sistema de control de lazo cerrado.



**Figura 1.3 Control a Lazo Cerrado**

En el diagrama de la Figura 1.3, un Sensor apropiado está midiendo la salida real. El bloque de Acondicionamiento de Señal toma la salida directa del sensor y la convierte en datos que el controlador pueda interpretar. La calibración es un valor de entrada al controlador que representa la salida deseada del proceso.

El controlador evalúa las dos entradas de datos. Basándose en esta evaluación, el controlador acciona la interfaz de Potencia. Este bloque provee el acondicionamiento de señal para la salida del controlador. La interfaz de Potencia tiene la capacidad de controlar el actuador. Éste puede ser un relé, una válvula solenoide, etc. La acción tomada por el actuador es suficiente para llevar a la salida real hacia el valor deseado.

El lazo de control realimentado generalmente consta de lo siguiente:

- a) La medición.
- b) Realimentación.
- c) El actuador final.
- d) El controlador automático.

**a) La medición.-** Debe ser hecha para indicar el valor actual de la variable controlada por el lazo. Mediciones comunes usadas en la industria incluyen caudal, presión, temperatura, mediciones analíticas tales como pH, conductividad y muchas otras particulares específicas de cada industria.

**b) Realimentación.-** Es la propiedad de una sistema de lazo cerrado que permite que la salida (o cualquier otra variable controlada del sistema) sea comparada con la entrada al sistema (o con una entrada a cualquier componente interno del mismo con un subsistema) de manera tal que se pueda establecer una acción de control apropiada como función de la diferencia entre la entrada y la salida.

**Características de la realimentación.-** Las características más importantes que la presencia de realimentación imparte a un sistema son:

- Aumento de la exactitud.
- Reducción de la sensibilidad de la salida, correspondiente a una determinada entrada, ante variaciones en las características del sistema.
- Efectos reducidos de la no linealidad y de la distorsión.
- Aumento del intervalo de frecuencias (de la entrada) en el cual el sistema responde satisfactoriamente (aumento del ancho de banda).
- Tendencia a la oscilación o a la inestabilidad.

**c) El actuador final.-** En todo proceso debe haber un actuador final, que regule el suministro de energía o material al proceso y cambie la señal de medición, a menudo éste es algún tipo de válvula, pero puede ser un regulador de velocidad de motor, posicionador, etc.

**d) El controlador automático.-** El último elemento del lazo es el controlador automático, su trabajo es controlar la medición. Controlar significa mantener la medición dentro de límites aceptables. Todos los controladores automáticos usan las mismas respuestas generales, a pesar de que los mecanismos internos y las definiciones dadas para estas respuestas pueden ser ligeramente diferentes de un fabricante al otro.

Un concepto básico para que el control realimentado automático exista, es que el lazo de realimentación esté cerrado. Esto significa que la información debe ser continuamente transmitida dentro del lazo. El controlador debe poder mover a la válvula, la válvula debe poder afectar a la medición, y la señal de medición debe ser reportada al controlador. Si la conexión se rompe en cualquier punto, se dice que el lazo está abierto. Así las señales desde el controlador en respuesta a las condiciones cambiantes de la medición no afectan a la válvula y el control automático no existe.

### **1.3- Sensores, transductores y acondicionamiento de señales.**

#### **1.3.1 Sensores y Transductores.**

Se llama sensor al instrumento que produce una señal, usualmente eléctrica, que refleja el valor de una propiedad física, mediante alguna correlación definida.

En términos estrictos, un sensor es un instrumento que no altera la propiedad sensada. Por ejemplo, un sensor de temperatura sería un instrumento tal que no agrega ni ceda calor a la masa sensada, es decir, en concreto, sería un instrumento de masa cero o que no contacta la masa a la que se debe medir la temperatura.

Existe, además, el concepto estricto de transductor: un instrumento que convierte una forma de energía en otra (o una propiedad en otra). Por ejemplo, un generador eléctrico en una caída de agua es un conocido transductor de

energía cinética de un fluido en energía eléctrica. Los transductores siempre retiran algo de energía desde la propiedad medida, de modo que al usarlo para obtener la cuantificación de una propiedad en un proceso, se debe verificar que la pérdida no impacte al proceso sensado en alguna magnitud importante.

Dentro de la instrumentación y control se habla de sensores, para englobar tanto transductores como sensores, dándose por sentado que cuando se utilizan transductores, la potencia que se absorberá será mínima. Es decir, es responsabilidad del diseñador asegurar que la medición de una propiedad no altere el proceso.

### **1.3.2 Acondicionamiento de Señales**

Los sistemas de adquisición de datos basados en PC, PIC, PLC y dispositivos insertables son usados en un amplio rango de aplicaciones en los laboratorios, en el campo y en el piso de una planta de manufactura. Típicamente, los dispositivos insertables son instrumentos de propósito general diseñados para medir señales de voltaje. Un problema que comúnmente se presenta, es que la mayoría de los sensores y transductores generan señales que debe acondicionarse antes de que un dispositivo de adquisición pueda adquirir con precisión la señal. Este procesamiento conocido como acondicionamiento de señal, incluye funciones como amplificación, filtrado, aislamiento eléctrico y multiplexado. Es así que la mayoría de los sistemas basados en PC, PIC o PLC incluyen algún tipo de acondicionamiento de señal.

La mayoría de las señales requieren de preparación antes de poder ser digitalizadas. Por ejemplo, una señal de un termopar es muy pequeña y necesita ser amplificada antes de pasar por el digitalizador. Otros sensores como RTD, termistores, galgas extensiométricas y acelerómetros requieren de energía para operar. Aún las señales de voltaje puro pueden requerir de tecnología para bloquear señales grandes de modo común o picos. Todas estas tecnologías de preparación son formas de acondicionamiento de señal.



Los sistemas de acondicionamiento más comunes, incluyen las siguientes etapas:

**Aislamiento.-** Las señales de voltaje fuera del rango del digitalizador pueden dañar el sistema de medición y ser peligrosas para el operador. Por esta razón, normalmente es preciso tener el aislamiento y la atenuación para proteger al sistema y al usuario de voltajes de alta tensión o picos. También se puede necesitar aislamiento si el sensor está en un plano de tierra diferente al del sensor de medición

**Amplificación.-** Cuando los niveles de voltaje a medir son muy pequeños, la amplificación se usa para maximizar la efectividad de su digitalizador. Al amplificar la señal de entrada, la señal acondicionada usa más efectivamente el rango del convertidor analógico-digital (ADC) y mejora la precisión y resolución de la medición. Algunos sensores que típicamente requieren de amplificación son los termopares y galgas extensiométricas.

**Atenuación.-** La atenuación es lo opuesto a la amplificación. Es necesario cuando el voltaje que se va a digitalizar es mayor al rango de entrada del digitalizador. Esta forma de acondicionamiento de señal disminuye la amplitud de la señal de entrada, para que la señal acondicionada este dentro del rango del ADC. La atenuación es necesaria para medir voltajes altos.

**Multiplexado.-** Típicamente, el digitalizador es la parte más costosa del sistema de adquisición de datos. Al multiplexar, la señal se puede rutear secuencialmente un cierto número de señales a un solo digitalizador, logrando así un sistema de bajo costo y extendiendo el número de conteo de señales del sistema. El multiplexado es necesario para cualquier aplicación de alto conteo de canales.

**Filtrado.-** Los filtros son necesarios para eliminar cualquier componente de frecuencia no deseada en una señal.

Principalmente para prevenir aliasing<sup>1</sup> y reducir la señal de ruido. Algunas mediciones de termopares generalmente requieren de filtros pasabajos para remover el ruido de las líneas de fuerza. Las mediciones de vibración normalmente requieren de filtros antialiasing para remover componentes de señales más allá del rango de frecuencias del sistema de adquisición de datos.

**Excitación.-** Muchos sensores, como RTD, galgas y acelerómetros, requieren de alguna fuente de energía externa para obtener la medición. Esta excitación puede ser voltaje o corriente, dependiendo del tipo de sensor.

**Linearización.-** Algunos tipos de sensores producen señales de voltaje que no son lineales en relación con la cantidad física que están midiendo. La linearización, puede realizarse a través de acondicionamiento de señal o software. Los termopares son un ejemplo típico de un sensor que requiere linearización.

**Compensación de Junta Fría.-** Otra tecnología requerida para mediciones de termopares es la compensación de junta fría (CJC). Siempre que se conecta un termopar a un sistema de adquisición de datos, la temperatura del punto de conexión debe ser conocida para poder calcular la temperatura verdadera que el termopar esta midiendo.

**Muestreo Simultáneo.-** Cuando es crítico medir dos o más señales en un mismo instante, el muestreo simultáneo es indispensable. Esta técnica de acondicionamiento de señal es una opción de bajo costo para realizar esta operación sin tener que comprar un digitalizador para cada canal. Algunas de las aplicaciones que podrían requerir de muestreo simultáneo incluyen las mediciones de vibración y mediciones de diferencias de fase.

#### **1.4- Adquisición de datos.**

---

<sup>1</sup> Aliasing.- Es el efecto indeseable que causa que señales continuas distintas se tornen indistinguibles cuando se les muestrea digitalmente. Cuando esto sucede, la señal original no puede ser reconstruida de forma unívoca a partir de la señal digital; <http://www.babylon.com/definition/Aliasing/Spanish>

### **1.4.1 Sistema Básico de Medición.**

Está compuesto principalmente por un sensor, transductor, acondicionador de señal y una unidad de memoria, almacenamiento o indicación.

El sensor o detector primario, como ya se mencionó, es el elemento o grupo de elementos que responde a la cantidad física a ser medida, dicha respuesta puede ser utilizada como información útil y representativa de la variable en medición.

Sin embargo, esta cantidad antes de poder ser almacenada, indicada, transmitida o usada como acción de control, deberá ser acondicionada; por lo tanto, será necesaria una etapa intermedia con el objeto de producir niveles y formas de señal apropiadas para dichas tareas.

Los sistemas de adquisición de datos se utilizan para medir y registrar señales obtenidas básicamente de dos maneras:

- Aquellas que se originan a partir de la medición directa de cantidades eléctricas, que pueden incluir voltajes de DC y CA, frecuencia o resistencia; suelen hallarse en las áreas de prueba de componentes electrónicos, estudios ambientales y trabajos de control de calidad.
- Señales que se originan a partir de transductores, como galgas extensiométricas y termopares.

Los sistemas de adquisición de datos se utilizan en un gran número de aplicaciones, en una variedad de áreas industriales y científicas, como la industria biomédica, aeroespacial y telemetría. El tipo de sistema de adquisición de datos, analógica o digital, depende del uso de los datos registrados.

En general, los sistemas de datos analógicos se utilizan cuando se requiere un amplio ancho de banda o cuando se puede tolerar poca exactitud. Los sistemas digitales se aplican cuando el proceso físico que en estudio varía poco (ancho de banda angosto) y cuando se necesita una exactitud alta y bajo costo por canal.

#### **1.4.2 Sistema Generalizado de Adquisición de Datos.**

En muchos casos, la señal o información resultante puede requerir un procesamiento que generalmente está a cargo de un microprocesador o computadora, dependiendo esto de muchos factores que van desde las consideraciones económicas, a las puramente técnicas.

Por otra parte, un multiprocesamiento de la información proveniente de más de una parte del proceso o de varios procesos puede ser necesario.

Un sistema generalizado de adquisición de datos trabaja así:

El controlador es el centro del sistema y es responsable no solamente del procesamiento propiamente dicho de la información, sino también, se encarga del control de los demás bloques del sistema con el objeto que operen en forma coordinada. Los sensores son elementos que miden la variable física y producen una señal eléctrica (tensión o corriente) que pueda ser cuantificada y utilizada como información del proceso.

La señal eléctrica proveniente de los sensores debe ser acondicionada con el fin de que presente características adecuadas desde el punto de vista de ancho de banda, nivel, impedancia y ruido, para que pueda ser muestreada.

El convertidor Analógico/Digital (A/D), se encarga de llevar las señales analógicas presentes en el sistema, a forma digital para que puedan ser procesadas.

La información obtenida por éste, podrá ser filtrada digitalmente, así como también, puede ser almacenada, mostrada o transmitida a lugares remotos, en otros casos puede ser usada para controlar el sistema.

## **1.5- Introducción a la tecnología Opto 22, Hardware y Software.**

### **1.5.1 Introducción.**

OPTO22, desde 1974 diseña y fabrica productos de Hardware y Software para automatización industrial, telemetría y adquisición de datos. Un desarrollo de más de 25 años ha producido paquetes de Software y Hardware completos y de fácil aplicación por el cliente final, ofreciendo funcionalidad avanzada, modularidad con más de 70 tipos de módulos para conexión directa a instrumentos y sensores, conectividad basada en tecnología estándar y abierta (Ethernet, OPC, FTP, SNMP, SMTP, Modbus, DNP3-SCADA, DF1-Allen-Bradley, Profibus, PPP, IEEE 1394, RS232/ 422/485, Bases de Datos, entre otros), permitiendo así convertir mediciones físicas directas de terreno en información útil para la empresa o para otro proceso o máquina.<sup>2</sup>

OPTO22 se ha aplicado exitosamente en: Sistemas de refrigeración, equipos de telecomunicaciones, gabinetes de servidores, centros de cómputos, edificios inteligentes, servicios básicos (agua, electricidad y gas), sistemas de control de tráfico, industrias de: alimentos, forestal, farmacéutica y minería.

### **1.5.2 Hardware**

Los equipos de Opto22 tienen una amplia gama de productos para manejar señales análogas, digitales y dispositivos seriales (Como lectores de códigos de barras, etc.). La compañía usa su propia nomenclatura para clasificar sus equipos, se tiene las siguientes familias:<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> OptoInfo CD, presentación en Flash Placer, proporcionado por la empresa PROCELEC C. Ltda. distribuidor equipos Opto 22 para el Ecuador

<sup>3</sup> OptoInfo CD, presentación en Flash Placer, proporcionado por la empresa PROCELEC C. Ltda. distribuidor equipos Opto 22 para el Ecuador

**a) SNAP Ethernet systems.-** Que incluye los siguientes equipos:

- 1) SNAP-LCE
- 2) SNAP Ultimate I/O
- 3) SNAP Ethernet I/O
- 4) SNAP Simple I/O
- 5) SNAP PAC

**1) SNAP-LCE.-** Es un controlador industrial el cual no necesita tarjeta madre, se lo energiza directamente, tiene un conector RJ45 para red Ethernet y dos puertos seriales, se lo usa en combinación con otros equipos tales como módulos de entrada y salida.

**2) SNAP Ultimate I/O.-** Son controladores que funcionan acoplados a una tarjeta madre en combinación con módulos de entrada o salida análogos o digitales, son versátiles.

**3) SNAP Ethernet I/O.-** Son equipos que incluyen controlador y módulos de entrada salida, su procesador es similar al anterior con menos memoria física.

**4) SNAP Simple I/O.-** Son equipos robustos de muy bajo costo, pero con ellos tan solo se puede hacer control, mas no monitoreo en tiempo real ni adquisición de datos.

**5) SNAP PAC.-** Son los equipos más recientes, son robustos, versátiles, sus controladores por sus características y precio superan a sus predecesores.

Todas estas familias de productos cuenta con módulos normales y algunos de ellos vienen disponibles en versiones inalámbricas; muchos de estos versátiles sistemas pueden ser monitoreados remotamente vía modem o celular, enviar y recibir información a la PC a través de software, con interfaces

Hombre-máquina (HMI), e-mail systems, etc. En la Figura 1.4 se muestra un sistema compuesto por varios elementos de la familia SNAP Ethernet systems.

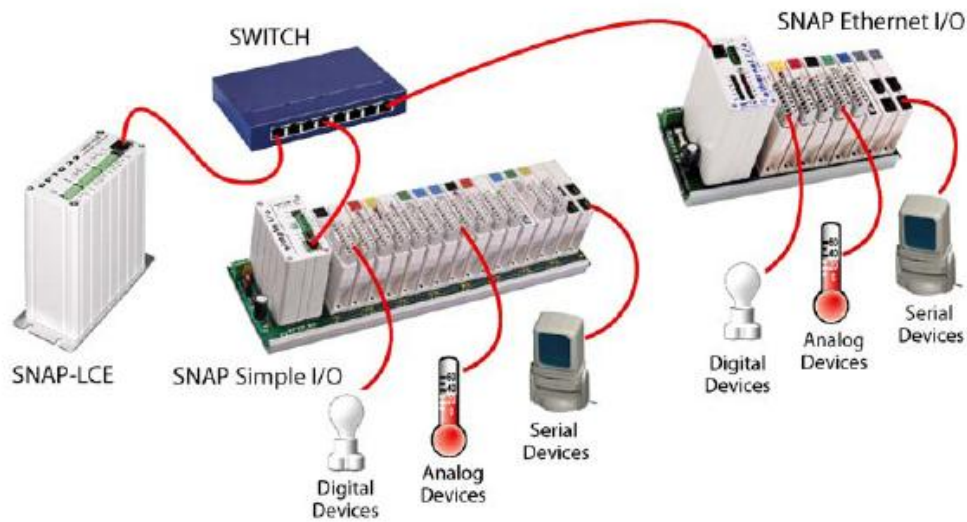


Figura 1.4 Familia SNAP Ethernet systems

**b) SNAP IT systems.-** Módulos pre-cableados encapsulados listos para ser usados, cuenta con módulos normales e inalámbricos, en la Figura 1.5 se muestra un módulo típico de los sistemas IT



Figura 1.5 Familia SNAP IT systems

**c) M2M systems.-** Enlaza sistemas computacionales con sistemas mecánicos, realizando monitoreo y control de su sistema a través de Internet o telefonía celular. La Figura 1.6 representa un sistema que usa equipos M2M

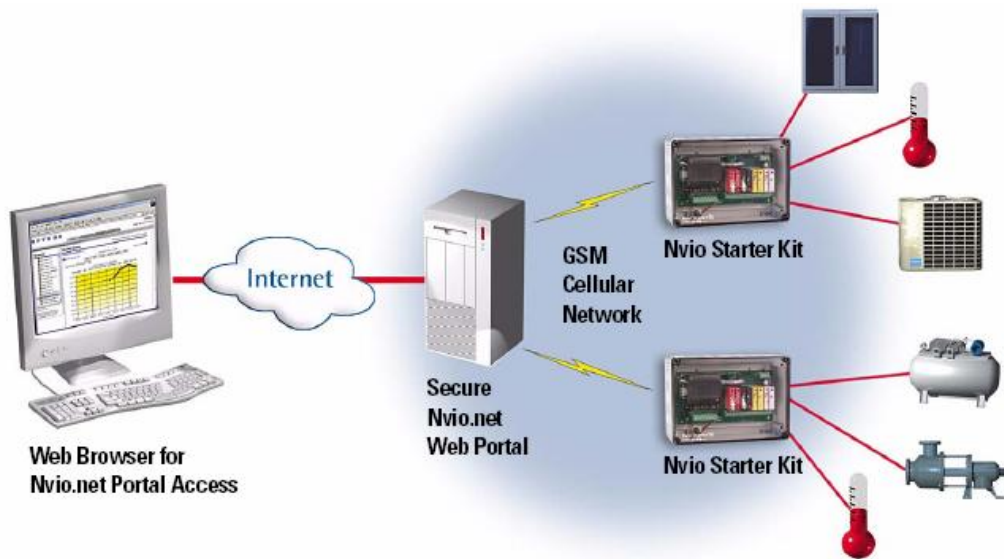


Figura 1.6 Familia M2M systems

d) **SNAP OEM systems.**- Provee alta fiabilidad y programación de procesos para manufactura de equipos originales, usando Linux y módulos Opto22 I/O. la Figura 1.7 muestra equipos SNAP OEM systems



Figura 1.7 Familia SNAP OEM systems

e) **Pamux.**- Módulos diseñados para alta velocidad y densidad de entradas y salidas, puede trabajar con más de 32 estaciones distribuidas cada una con más de 512 puntos entre entradas y salidas, estos equipos se usa



generalmente en robótica, control numérico, detección de errores en procesos de producción continua, etc. En la Figura 1.8 se muestra una tarjeta de la Familia Pamux.

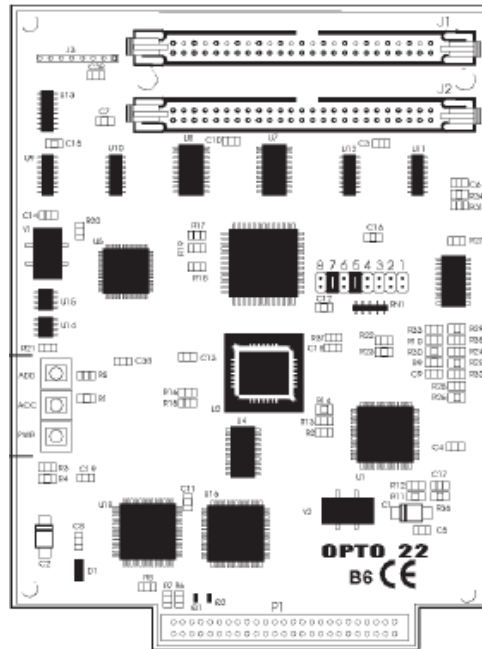
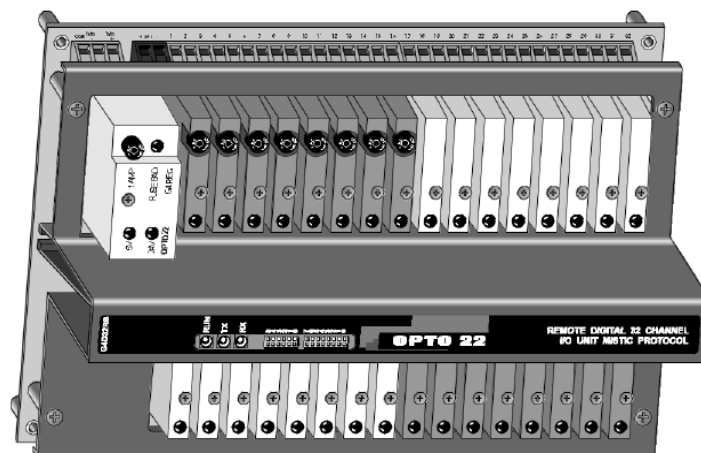


Figura 1.8 tarjeta de la Familia Pamux

f) **Mistic control systems.**- Fueron los primeros equipos usados para la automatización industrial comandados con el software FactoryFloor. Este software es la versión anterior de ioProject y son muy similares. En la Figura 1.9 se aprecia una ilustración de estos equipos.



### Figura 1.9 Equipos Mystic control systems

Estas son las familias más importantes. Además fabrican relés de estado sólido y módulos de conexión directa al computador, la mayoría de los equipos son compatibles entre si, y el consumidor final selecciona lo que más le convenga en función a costos y necesidades eminentemente técnicas. En la actualidad se esta desarrollando un nuevo software que controla todos los elementos que opto22 fabrica, ya que los primeros equipos usados para la automatización usan el software FactoryFloor y los equipos actuales usan el software ioProject; pocos equipos solo pueden usarse exclusivamente con su respectivo software, aunque en poco tiempo todo estará generalizado.

#### 1.5.3 Software

La plataforma de desarrollo ioProject de OPTO22 se encarga del control total del sistema y ésta se compone de varios paquetes de software, que son:<sup>4</sup>

**IoControl.-** Donde se incluye la programación de la lógica de control que manejará los procesos referentes al sistema. Se compone de charts de programación y variables del proceso.

**IoDisplay.** Este programa permite al usuario la creación de las interfaces gráficas hombre máquina (HMI) que permitirán tener acceso a la información del sistema

**IoManager.** Controla la configuración de los equipos que se involucran en el sistema de control. Permite asignar las diferentes direcciones y configurar los tipos de señales a manejar: digitales, analógicas, comunicaciones, etc.

**IoUtilities.** Es un conjunto de software utilitario que ayuda al programador en el manejo de aplicaciones y condiciones adicionales del sistema de control. Se dispone de utilitarios como OptoENETSniff, ioMessage viewer, ioTerminal, OptoVersion, etc.

---

<sup>4</sup> Documento pdf. Implementación de sistemas SCADA bajo Opto 22 Pág. 4

**OptoOPCServer.** Se encarga de la gestión de información sobre la red de comunicación, es un servidor OPC específico de OPTO22 que encaja en los estándares de este protocolo.

#### **1.5.4 Requisitos de hardware**

Se detallan los requisitos mínimos para instalar la plataforma de desarrollo ioProject, las características son las mínimas requeridas para el funcionamiento correcto y operación de los proyectos.

- Computador con el procesador requerido para las versiones de Microsoft Windows 2000 o Windows XP
- Capacidad Ethernet
- Monitor VGA 800x600 o superior
- Al menos 128 MB de RAM (se recomienda 256MB)
- 120MB disponibles en disco duro

Actualmente existe la versión 7.1 de ioProject. Esta versión consta de dos paquetes el ioProject Básico y el ioProject Profesional, El software profesional es útil y necesario para grandes aplicaciones industriales de gran complejidad, la versión básica es gratuita, es proporcionada por el fabricante con la compra de los equipos y se la puede descargar de Internet,<sup>5</sup> consta de los mismos componentes que la versión profesional, es decir loControl, loDisplay, loManager, loUtilities y OptoOPCServer pero algunos comandos y funciones especiales son limitados.

---

<sup>5</sup> [www.opto22.com](http://www.opto22.com)

## CAPITULO II

### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR

#### 2.1 Introducción.

Para elegir las instalaciones porcinas adecuadas hay que tener presentes varios aspectos:<sup>6</sup>

- Condiciones ambientales necesarias.
- Funcionalidad.
- Costos de las inversiones.
- Bienestar de los animales.
- Posibilidad de futuras ampliaciones.

Las condiciones ambientales contemplan; la temperatura, la concentración de gases nocivos, el ruido y la superficie y volumen disponibles para el animal.

La funcionalidad se refiere a la idoneidad de las instalaciones para obtener la máxima eficiencia de la mano de obra, particularmente en los siguientes aspectos: distribución de alimentos, eliminación de desechos orgánicos, carga, descarga, traslado y vigilancia de los animales, control del ambiente y aplicación de tratamientos higiénico-sanitarios.

El bienestar de los animales se refiere a los siguientes aspectos: conseguir cobijo y confort, agua limpia abundante y alimentación equilibrada, libertad de movimientos, compañía de los otros animales y oportunidad de que tengan comportamientos normales.

---

<sup>6</sup> BUXADÉ CARBÓ, C. Ganado porcino: sistemas de explotación e instalaciones porcinas; documento pdf. Publicado en Internet

## **2.2 Variables a controlar.**

El diseño de la instalación para los animales debe permitir ajustar los mecanismos de control del ambiente, a fin de cumplir con las necesidades de los animales. Idealmente, cada sala donde se guarden los animales debería tener su propio sistema de control. Las variables más importantes a ser controladas son las siguientes:

- Temperatura.
- Emanación de gases.
- Dosificación de alimento.

La humedad fuera de los límites tolerables también tiene incidencias negativas en los animales, siempre y cuando esté combinada con la temperatura; así se tiene; la humedad elevada combinada con baja temperatura predispone al animal a enfermedades de los aparatos respiratorio y digestivo. Si la humedad y la temperatura son elevadas provocan inapetencias y crean condiciones óptimas para la proliferación de parásitos externos e internos. Por lo tanto basta controlar una de las dos variables, en este caso la temperatura por razones económicas, además el rango de humedad relativa que soportan los cerdos es bastante amplio y va desde un 40 a 80%<sup>7</sup>

## **2.3 Temperatura.**

La temperatura en las salas de los animales debe ser controlada diariamente y, preferentemente, registradas las 24 horas del día; los cerdos se adaptan muy bien y están cómodos en una gran variedad de condiciones climáticas, siempre y cuando se les provea instalaciones apropiadas que les permitan conservar o eliminar el calor del cuerpo. Los sistemas de soporte

---

<sup>7</sup> CURTIS, S.E., ed. Guía para el cuidado de animales domésticos (309 West Clark Street, Champaign, IL 61820) 1988

ambientales deben ser adecuados para mantener una zona de confort a lo largo del año.

### **2.3.1 Temperatura de confort.**

Para los cerdos adultos y la mayoría de los cerdos en crecimiento (>30 Kg.), la zona de confort está entre 15 y 25 °C <sup>8</sup>

### **2.3.2 Beneficios del control**

Al controlar la temperatura se elimina la incidencia negativa de la humedad fuera de los límites tolerables; las temperaturas bajas no son un problema para cerdos en la etapa de engorda.

Lo que no ocurre con las crías menores de cinco semanas, para ellos es indispensable mantener temperaturas cálidas.

El proyecto en desarrollo es una granja exclusivamente de engorda, por lo tanto se analizará sólo las temperaturas de confort, por razones económicas, ya que es más fácil eliminar el calor en días calurosos que calentar toda el área del galpón cuando así lo amerite; además el galpón es cerrado esto ayudará a conservar el calor por las noches.

El cerdo fisiológicamente no transpira por lo que se hace necesario mantenerlo en un ambiente fresco, al mantener la temperatura dentro del límite recomendado se controla: sofocamiento, inapetencia, fiebre y estrés del animal.

## **2.4 Emanación de Gases.**

---

<sup>8</sup>CURTIS, S.E., ed. Guía para el cuidado de animales domésticos (309 West Clark Street, Champaign, IL 61820) 1988: [http://www.ccac.ca/en/CCAC\\_Programs/Guidelines\\_Policies/GUIDES/SPANISH/V1\\_93/CHAP/CHIV.HTM](http://www.ccac.ca/en/CCAC_Programs/Guidelines_Policies/GUIDES/SPANISH/V1_93/CHAP/CHIV.HTM)

La deficiencia de ventilación aumenta la concentración de gases con ambientes muy cargados que predispone a problemas respiratorios y baja de defensas.

Ello es debido a la repercusión que pueden tener algunos gases nocivos a determinadas concentraciones sobre los animales y seres humanos.

La alta concentración de gases tóxicos en el interior de las naves no solo afecta a los parámetros técnicos en las diferentes fases de la producción (parámetros de crecimiento y reproductivos), sino también, y dependiendo de su concentración, afecta la salud y el bienestar de los cerdos e incluso para la salud de los operarios de la granja.

Además, la presencia de gases tóxicos ocasiona un estrés ambiental en los cerdos, provocando cambios etológicos (cambios posturales para poder respirar el aire más puro) y cambios fisiológicos (aumento de las respiraciones por minuto). Estos aspectos recobran una especial importancia ya que se trata de animales con un aparato respiratorio insuficiente en relación a su masa muscular; de ahí que determinadas concentraciones de algunos gases les afecte más que a otros animales.

#### **2.4.1 Gases presentes en el proceso <sup>9</sup>**

Los principales gases nocivos que se puede encontrar en las explotaciones porcinas son:

- Gases asfixiantes: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>).
- Gases irritantes: amoniaco (NH<sub>3</sub>).
- Gases tóxicos o venenosos: sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) y monóxido de carbono (CO).

El CO<sub>2</sub> proviene fundamentalmente de la propia respiración de los animales, el NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> y SH<sub>2</sub> de la acción de determinadas bacterias sobre los desechos orgánicos de los animales y el CO suele tener su origen en procesos catabólicos de las heces.

Junto a estos gases se puede encontrar una serie de sustancias orgánicas volátiles en cantidades infinitesimales que contribuyen a caracterizar de una forma muy peculiar las naves de porcinos y el entorno donde se asientan. Entre estas sustancias se destacan: aminas, amidas, carbonilos, sulfuros, alcohol, etc.; las cuales suelen ser las responsables del olor tan característico que en determinados momentos se detectan, tanto en el interior como en el exterior de las naves.

#### **2.4.2 Valores tolerables e incidencia de los gases en seres vivos. <sup>10</sup>**

---

<sup>9</sup> Artículo publicado en Internet por: Quiles, A. y Hevia, M. Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo

<sup>10</sup> Artículo publicado en Internet por:  
Universidad de Murcia. Campus de Espinardo

#### **2.4.2.1 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).**

Proviene fundamentalmente de la propia respiración de los animales, aunque en parte también puede tener su origen en la degradación de los ácidos orgánicos. Es incoloro e inodoro. Constituye entre el 30 y el 60% de los gases presentes en la estabilización anaeróbica de los desechos orgánicos. No es un gas altamente tóxico, sin embargo puede provocar la asfixia de los animales ya que desplaza al oxígeno del aire. Por encima del 4% puede correr peligro la salud de los animales y el hombre.

Hay que mantener una concentración por debajo del 0,2% (2000 ppm), su concentración en la atmósfera es de 0,03%. No conviene sobrepasar el límite de 3000 ppm.

#### **2.4.2.2 Metano (CH<sub>4</sub>).**

Es el gas que se produce en mayores cantidades durante el proceso de estabilización anaeróbica de los desechos orgánicos, como consecuencia de la degradación de los ácidos orgánicos.

Es un gas que se elimina con relativa facilidad del interior de las naves, pero en el interior de las naves no suele crear muchos problemas.

Es incoloro, inodoro y más ligero que el aire. Se emite en cantidades considerables en condiciones anaeróbicas y mediante la acción de un grupo de bacterias muy especializadas. Aspectos que no se suelen dar con mucha frecuencia en las naves de porcino, por lo que es un gas que se detectan en pequeñas proporciones.

Su principal peligro es que se trata de un gas asfixiante y explosivo, siendo peligroso en concentraciones entre un 5 y un 15%. Aunque se trate de un gas no tóxico, puede provocar la asfixia de los animales y seres humanos a concentraciones elevadas.

#### **2.4.2.3 Amoníaco (NH<sub>3</sub>).**

Proviene de la acción de las bacterias sobre los aminoácidos de la proteína presente en las deyecciones. Se reconoce rápidamente por olor característico (olor picante).

Es incoloro y más ligero que el aire. Normalmente constituye un porcentaje pequeño (menos del 5%) de los gases procedentes de la descomposición de los desechos orgánicos. Se trata de un gas soluble en agua, por lo tanto cuanto más líquido sean los desechos orgánicos, menor será la presencia de amoníaco.

Cuando se somete a los cerdos durante la fase de cebo a concentraciones de NH<sub>3</sub> de 100 y 150 ppm, sus ganancias medias diarias se ven reducidas en un 12,3 y un 29%, respectivamente, con respecto a otros animales mantenidos a niveles por debajo de 50 ppm.



Concentraciones por encima de 100 ppm son responsables de cuadros de patología traqueal. Cuando estas concentraciones persisten durante 30 días pueden provocar una disminución del sistema inmunológico.

#### **2.4.2.4 Sulfuro de hidrógeno (SH<sub>2</sub>).**

Su origen se encuentra en la reducción anaeróbica de determinados aminoácidos azufrados (metionina y cistina).

Tiene un olor característico (olor a huevos podridos). Es incoloro y más pesado que el aire.

Aunque se produce en cantidades muy pequeñas es el gas más tóxico y nocivo en las explotaciones porcinas.

A concentraciones entre 20 y 50 ppm (ml./m<sup>3</sup>) irrita las vías respiratorias superiores y provoca nerviosismo, afecciones oculares y retraso en el crecimiento como consecuencia de la falta de apetito de los cerdos.

Entre 50 y 200 ppm provoca náuseas, vómitos y diarreas, siendo letal a concentraciones entre 800-1000 ppm, por edema pulmonar. Estas últimas concentraciones son muy difíciles de detectar en granjas porcinas; solo es posible en circunstancias muy concretas, como es el hecho de remover un estiércol que ha permanecido mucho tiempo dentro del galpón.

**Se** recomienda no sobrepasar el límite de 20 ppm.

#### **2.4.2.5 Monóxido de carbono (CO).**

Puede tener su origen en procesos catabólicos de las heces u otros desechos de los cerdos.

Es incoloro e inodoro y más pesado que el aire, se trata de un gas altamente venenoso, **se** recomienda no sobrepasar el límite de 20 ppm.

Estos gases son peligrosos en ambientes cerrados que permite su **concentración**; a pesar del elevado hacinamiento de animales por m<sup>2</sup>, en las explotaciones porcinas los gases son eliminados al exterior mediante los sistemas de ventilación. Sin embargo, en determinadas circunstancias la presencia de estos gases puede ser peligrosa y perjudicial tanto para los cerdos como para el hombre.

Ello puede ser debido a un mal diseño de los sistemas de ventilación, a una carga porcina excesiva en relación a las características constructivas de la nave o a un mal funcionamiento o interrupción en el sistema de ventilación, siendo esta última la causa más frecuente.

Este último aspecto es, además, muy peligroso cuando se produce en los meses más calurosos, ya que a elevadas temperaturas se genera mayor concentración de gases nocivos, lo que puede acarrear un incremento importante de la mortalidad animal.

Los mayores peligros se encuentran al manipular el estiércol acumulado durante periodos prolongados de tiempo, ya que en ese momento se liberan grandes cantidades de gases tóxicos, siendo el sistema de ventilación incapaz de extraer esos gases al exterior, aunque trabaje al máximo de su potencia. En este sentido, el gas más temido es el sulfuro de hidrógeno (SH<sub>2</sub>) por su alta toxicidad a bajas concentraciones y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se libera en grandes cantidades y puede desplazar al oxígeno del aire. Por ello es necesario mantener limpio el galpón y evitar inconvenientes.

La exposición al sulfuro de hidrógeno gaseoso causa daños neurofuncionales, neuropsicológicos y del carácter, que persisten a través de los años. La pérdida de conciencia durante el episodio mismo de la exposición, disminución de la audición, alteraciones del equilibrio, disminución de la memoria, alargamiento de los tiempos de reacción, fatiga, cefaleas, disminución de fuerza para el cierre del puño, alteraciones en la visión de los colores, ansiedad y depresión.

#### **2.4.3 Beneficios del control.**

El principal beneficio es evidente, se elimina el peligro y problemas que los gases a elevadas concentraciones pueden causar a los animales y los seres humanos, mencionados anteriormente.

### **2.5 Dosificación de alimento.**

#### **2.5.1 Introducción.**

Es indispensable controlar el peso de los animales en las distintas etapas de la crianza. El peso en relación con la edad y la alimentación consumida son los índices más eficientes para la evaluación individual del cerdo. Para realizar esta evaluación es indispensable una balanza.

Dosificando la cantidad exacta de alimento que necesita el cerdo de acuerdo a su peso corporal se reducen pérdidas y se optimiza el recurso más representativo dentro de la explotación porcina.

### 2.5.2 Valores recomendados de alimento en función del peso y edad.

En la tabla 2.1 se indican los valores recomendados de alimento por etapa, para la obtención de parámetros más detallados se debe interpolar los valores en la tabla.

Tabla 2.1 Consumo voluntario y parámetros por etapas.<sup>11</sup>

Peso (Kg.)	Etapas	Consumo (Kg./día)	Ganancia (Kg./día)	Índice de Conversión
1 – 10	Iniciación	0.3	0.3	1.0
11 – 30	Recría	1.1	0.45	2.4
31 – 60	Crianza	2.0	0.65	3.1
61 - 100	Engorda	3.0	0.75	4.0

El Índice de conversión es la cantidad de alimento necesaria para producir un kilogramo de cerdo. Es de gran impacto económico y es afectado por factores alimenticios y no alimenticios. Y se obtiene de la diferencia entre el consumo sobre la ganancia.

---

<sup>11</sup> Zambrano, A., 1997. Efecto asociativo de los alimentos modelo de simulación para cerdos en la fase crianza engorda. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. 94 pp.

## **CAPITULO III**

### **CONTROL DE TEMPERATURA**

#### **3.1 Introducción.**

La temperatura es una cantidad intensiva, es decir, si se unen dos cuerpos a la misma temperatura, la temperatura final es la misma, no el doble.

La temperatura permite conocer el nivel térmico de un cuerpo, su medida se basa en la ley fundamental de la Termodinámica: Cuando dos cuerpos están en equilibrio térmico con un tercero, los tres están a la misma temperatura.

Existe equilibrio térmico entre dos cuerpos en contacto cuando no se transfieren calor el uno al otro.

La medida de temperatura presupone un intercambio de calor entre el cuerpo a medir y el sensor, hasta alcanzar el equilibrio térmico. Por este motivo, hay que tener presente que el hecho de hacer una medida implica un cambio de la magnitud a medir y por tanto un error implícito en la medida.

El ambiente dentro del galpón, debe ser mantenido a niveles que no afecten de forma adversa a los cerdos.

Cuando la salud y el bienestar de los animales dependen de un sistema de ventilación artificial, deben considerarse disposiciones que garanticen acciones correctivas.

Ventilación significa introducir aire fresco adentro del galpón y sacar el aire que está dentro al exterior. Una ventilación adecuada significa remover la cantidad correcta de aire en el momento preciso y de manera tal que modifique la temperatura y otras variables ambientales, a valores óptimos para el normal desarrollo de las animales.

Lo que se debe poner en claro es que cuando se refiere a ventilación, incluye todas las épocas del año ya que los animales producen calor y evaporan agua todo el tiempo, siendo de mayor consideración en épocas de calor.

### **3.2 Definiciones.**

**Transferencia de calor.-** Es el intercambio de energía calorífica. Se puede realizar por uno o varios de los siguientes medios:

- **Conducción.-** Por difusión entre materiales sólidos o fluidos.
- **Convección.-** Por el movimiento de un fluido entre dos puntos.
- **Radiación.-** Por ondas electromagnéticas.

**Flujo calorífico.-** Es la cantidad de calor transferida a través de una superficie unidad por unidad de tiempo.

**Capacidad calorífica.-** Es la cantidad de calor necesaria para aumentar un grado la temperatura de un sistema o de un cuerpo.

**Resistencia térmica.-** Es la oposición que presenta un cuerpo a la transmisión del calor a través de él. Es igual a la diferencia de temperatura entre las caras opuestas del cuerpo dividido por el flujo calorífico que lo atraviesa.

**Conductividad térmica.-** Es la relación entre la velocidad temporal del flujo calorífico por unidad de área y el gradiente negativo de temperatura por unidad de espesor en la dirección del flujo calorífico.

**Constante de tiempo térmica:** Es el tiempo necesario para que la temperatura de un cuerpo cambie un 63.2% entre el valor inicial y final de temperatura cuando el cuerpo se somete a una función escalón.

### **3.3 Objetivo a controlar.**

La temperatura de confort para los cerdos adultos y la mayoría de los cerdos en crecimiento (>30 kg.), está entre 15 y 25 °C<sup>12</sup>

Este control será más evidente en temporadas calidas y durante el día, ya que en la noche se deberá conservar el calor al máximo, esta es la razón de la construcción cerrada del galpón.

### **3.4 Ventilación.**

---

<sup>12</sup> CURTIS, S.E., ed. Guía para el cuidado de animales domésticos (309 West Clark Street, Champaign, IL 61820) 1988 articulo publicado en Internet: CCAC Programs - Guidelines - Manual sobre el cuidado y uso de los animales de experimentación - Capítulo IV: [http://www.ccac.ca/en/CCAC\\_Programs/Guidelines\\_Policies/GUIDES/SPANISH/V1\\_93/CHAP/CHIV.HTM](http://www.ccac.ca/en/CCAC_Programs/Guidelines_Policies/GUIDES/SPANISH/V1_93/CHAP/CHIV.HTM)

La ventilación dinámica se caracteriza por la no utilización de ventanas como elementos de ventilación, consiguiéndose la evacuación de gases tóxicos, el control de la humedad y el mantenimiento de la temperatura, mediante unos ventiladores que, por sobre-presión o de-presión del ambiente, mueven el aire saturado que esta dentro del galpón

El calor emitido por los animales hace que se genere un movimiento de aire ascendente debido a que el aire más frío que ingresa tiende a descender y el aire caliente a ascender generando corrientes de aire variable. Hay distintas formas de realizar la ventilación de una nave como se indica en la tabla 3.1

**Tabla 3.1 Tipo de ventilación**

Estática Natural	Horizontal
	Vertical, tronera o lumbrera (chimenea)
Dinámica o Forzada	Depresión (Extractores)
	Sobre-presión (por impulso, ventiladores)
	Sobre-presión y Depresión (presión nula)

La ventilación dinámica o forzada se aplica en naves cerradas sin corrientes de aire donde se hace necesario controlar la renovación de aire y la temperatura al interior del galpón.

La ventilación dinámica por sobre-presión es el tipo más común de ventilación, el aire entra por aberturas ubicadas en el techo o en la parte superior de las paredes de la nave y el aire viciado se elimina; el manejo puede automatizarse.

Es conveniente que los ventiladores sean desmontables para asegurar su limpieza y se debe controlar su funcionamiento periódicamente. Una velocidad de 1.000 r.p.m. es suficiente para renovar el aire y que el ruido no moleste a los cerdos.

La cantidad de ventiladores a colocar depende del ancho de la nave y el rango de acción de los ventiladores: con 6 metros de ancho 1 ventilador es suficiente, de 6 a 10 m se deben colocar 2 ventiladores y por encima de los 12 m la efectividad del sistema disminuye.<sup>13</sup>

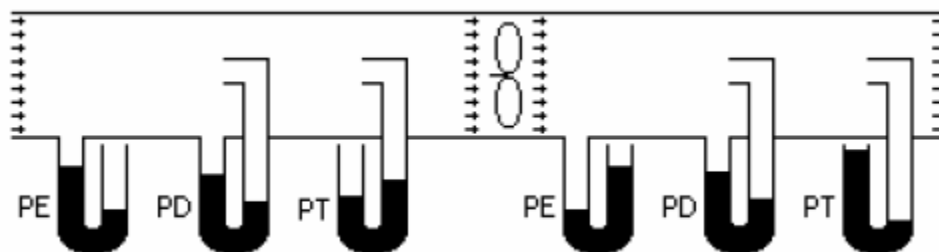
Hay que tener en cuenta algunos criterios para la implantación de un sistema de ventilación dinámica.

- Elegir tipo y modelo de ventilador.
- Criterio de colocación de ventiladores y/o chimeneas.
- Elegir ventilador con bajo nivel sonoro y que sean de calidad.
- Evitar corrientes directas a los animales.

### 3.4.1 Ventiladores.

La función principal de un ventilador es producir movimiento de aire. En los sistemas de ventilación están presentes tres tipos de presión, las cuales se representan en la Figura 3.1 y son:

- Presión estática (PE), sobre las paredes del conducto
- Presión dinámica (PD), al convertir la energía cinética en presión
- Presión total (PT), que es la suma de las dos



**Figura 3.1 Presiones en ventilación**

<sup>13</sup> BUXADÉ CARBÓ, C. Ganado porcino: sistemas de explotación e instalaciones porcinas; documento pdf. Publicado en Internet



### **3.4.2 Clasificación de ventiladores.**

#### **3.4.2.1 Por la diferencia de presión estática.**

- Alta presión:  $180 < \Delta p < 300$  mm. de columna de agua (mm. c.a.).
- Media presión:  $90 < \Delta p < 180$  mm. de columna de agua (mm. c.a.).
- Baja presión:  $\Delta p < 90$  mm. de columna de agua (mm. c.a.).

#### **3.4.2.2 Por el sistema de accionamiento.**

- Accionamiento directo
- Accionamiento indirecto por transmisión

#### **3.4.2.3 Por el modo de trabajo.**

**Ventiladores axiales.**- Mueven grandes caudales con incrementos de presión estática baja y son de dos tipos:

- Hélice
- Tubo axial: en una envolvente, dan mayores presiones, generan mucho ruido

**Ventiladores centrífugos.**- El flujo de salida es perpendicular al de entrada, y son de tres tipos principales:

- De álabes curvados hacia delante.
- De álabes curvados hacia atrás.
- De álabes rectos a radiales; captación de residuos.

**Ventiladores transversales.**- La trayectoria del aire en el rodete es normal al eje, tanto a la entrada como a la salida.

**Ventiladores helico-centrífugos.**- Son intermedios entre los centrífugos y los axiales, en ellos el aire entra como en los axiales y sale como en los centrífugos.

### 3.4.3 Leyes que rigen el funcionamiento de los ventiladores.

Todos los ventiladores funcionan de acuerdo a ciertas reglas que se detallan a continuación y que son válidas para todo tipo de ventiladores.

1.- Cuando varía la velocidad de rotación del ventilador, manteniendo la resistencia del circuito y la densidad del aire.

- El caudal varía directamente:

$$Q_2 = Q_1 \left( \frac{RPM_2}{RPM_1} \right) \quad (3.1)$$

- La presión varía con el cuadrado de la razón de cambio de la velocidad de rotación:

$$P_2 = P_1 \left( \frac{RPM_2}{RPM_1} \right)^2 \quad (3.2)$$

- La potencia varía con el cubo de la razón de cambio de velocidad de rotación, es decir:

$$HP_2 = HP_1 \left( \frac{RPM_2}{RPM_1} \right)^3 \quad (3.3)$$

2.- Cuando por alguna obstrucción en el sistema o por cambios en el circuito cambia la presión estática manteniéndose la densidad del aire:

- El caudal varía con la raíz cuadrada de la razón de cambio de presión:

$$Q_2 = Q_1 \sqrt{\left(\frac{P_1}{P_2}\right)} \quad (3.4)$$

- La potencia varía como:

$$HP_2 = HP_1 \sqrt{\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^3} \quad (3.5)$$

3.- Cuando cambia la densidad del aire, como por ejemplo el traslado de un ventilador a un nivel más bajo o viceversa, manteniendo sus RPM:

- El caudal permanece constante:

$$Q_1 = Q_2 \quad (3.6)$$

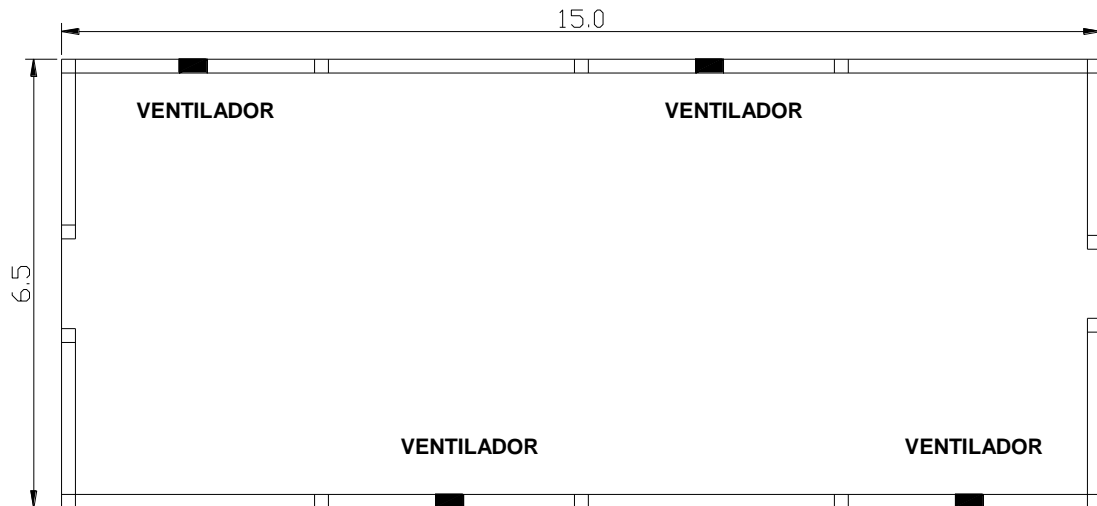
- La presión y la potencia varían directamente con la densidad del aire:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{d_2}{d_1}\right) \quad (3.7)$$

$$HP_2 = HP_1 \left(\frac{d_2}{d_1}\right) \quad (3.8)$$

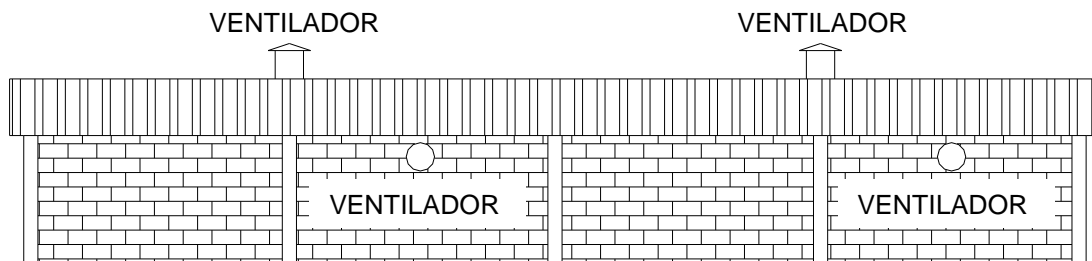
#### 3.4.4 Ubicación y selección de ventiladores.

Considerando lo mencionado en los párrafos de la sección 3.4 y por la construcción del galpón la distribución idónea de ventiladores se representa en la Figura 3.2 (medidas del galpón en metros), en donde se ha ubicado los ventiladores en zig-zag y en ambos extremos del galpón, considerando las recomendaciones mencionadas con referencia al ancho del galpón.



**Figura 3.2 Ubicación de ventiladores (vista superior)**

En la Figura 3.3 se puede apreciar la ubicación de los ventiladores en la parte superior del techo.



**Figura 3.3 ubicación de ventiladores (vista lateral)**

Tomando en cuenta las referencias anteriores por: costo y disponibilidad en el mercado se seleccionan ventiladores axiales de aspas, con las características mostradas en la tabla 3.2; a continuación se realiza una breve descripción de las características del ventilador seleccionado.

**Ventilador axial de aspas.**- Este ventilador consiste en una hélice dentro de un anillo o marco de montaje. La dirección de la corriente de aire es paralela a la flecha del ventilador. Se emplea para trasladar aire de un lugar a otro, o hacia el ambiente exterior, o para introducir aire fresco. Puede manejar grandes volúmenes de aire a una presión estática baja, raramente a presiones estáticas mayores de 25 mm. de columna de agua.

Se fabrica en muchos estilos y tipos para trabajos específicos. Los ventiladores de uso normal, pueden tener desde 2 hasta 16 aspas, dependiendo de esto del funcionamiento del ventilador.

Generalmente las unidades de poco número de aspas se usan en ventiladores de baja presión y los que cuentan con un número mayor de aspas se emplean en aquellas aplicaciones que requieren presión. El ancho de las aspas, su ángulo, su velocidad axial y número de etapas, son factores todos que determinan el diseño y la capacidad del ventilador.

**Tabla 3.2 Datos de Ventiladores instalados (a) Hélice, (b) Motor**

<b>Hélice</b>		
Diámetro (mm.)	Inclinación ( ° )	Caudal (m <sup>3</sup> /hora)
300	28	1400

**(a)**

<b>Motor</b>					
V. nominal (V.)	I. nominal (A.)	Frecuencia (Hz.)	P. entrada (W.)	P. salida (W.)	Revoluciones (R.P.M.)
220	0.75	60	115	25	1550

**(b)**

Es importante tener presente que cada uno de los ventiladores que se instalen en galpones, son capaces de mover el aire sólo en un área de dimensiones específicas, cuya forma y tamaño están determinados en cada caso por el tipo de ventilador que se use.

Como referencia, el aire que emana un ventilador axial de aspas estándar de 90 centímetros de diámetro, accionado por un motor de 0.5 caballos de fuerza, se mueve siguiendo un patrón de forma ovoide dentro de un área aproximadamente de 15.0 x 4.5 metros. Es decir abarca un área de 67.5 m<sup>2</sup>.<sup>14</sup>

Con respecto al párrafo anterior se puede considerar que los ventiladores seleccionados que son aproximadamente de un tercio de la referencia tanto en el diámetro de la hélice, como en la potencia del motor de accionamiento moverá el aire de una área aproximada de 22.5 m<sup>2</sup>.

Es recomendable sellar con malla los extremos de succión de los ventiladores para evitar que objetos extraños incluyendo pájaros, insectos, etc.; ingresen cuando el ventilador este en marcha.

Además se debe colocar las aspas en la posición correcta de giro, ya que una errada ubicación provocara mayor oposición al giro por ende un incremento innecesario en la corriente consumida por el motor.

### **3.5 Selección y ubicación de sensores.**

#### **3.5.1 Selección de sensores.**

Para la selección de sensores se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Rangos de medida.
- Exactitud.
- Costo.
- Disponibilidad en el mercado.

---

<sup>14</sup> Artículo publicado en Internet sobre ambiente controlado.  
<http://encolombia.com/veterinaria/fenavi8702separata.htm>

En el mercado existen muchos sensores de temperatura como Termocuplas (tipo E, J, K... etc.), Termistores, RTD's, ICTD (Integrated Circuit Temperature Device) etc.

Todos estos sensores cumplen la misma función, sensar temperatura; la diferencia esta en su exactitud, rango de medición, precio, etc. En la tabla 3.3 se muestran varios sensores con sus características más importantes:

**Tabla 3.3 sensores y sus valores típicos**

<b>Sensor</b>	<b>Rango</b>	<b>Exactitud</b>
Termocuplas	-270 °C a + 1820 °C	± 2 °C
RTD's	-200 °C a + 850 °C	± 0.8 °C
ICTD	273 °C a + 150 °C	± 0.8 °C

De los sensores mencionados anteriormente por su disponibilidad, rangos, exactitud y precio, se opta por las RTD's

### **RTD: Detectores de Temperatura Resistivos.**

El fundamento de la RTD es la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. En un conductor el número de electrones disponibles para la conducción no cambia apreciablemente con la temperatura. Pero si la temperatura aumenta, las vibraciones de los átomos alrededor de sus posiciones de equilibrio son mayores, y así dispersan más eficazmente a los electrones, reduciendo su velocidad media.

Esto implica un coeficiente de temperatura positivo; es decir, un aumento de la resistencia con la temperatura.

Esta dependencia se puede expresar de la forma siguiente:

$$R_T = R_0 \left( + \alpha (T - T_0) + \beta (T - T_0)^2 + \delta (T - T_0)^3 + \dots \right) \quad (3.9)$$

Donde:

$R_0$  = Resistencia a la temperatura de referencia.

$T_0$  = Temperatura de referencia.

$\alpha, \beta, \delta, \dots$  = Coeficientes de temperatura del metal de orden 1, 2, 3 ...

Para el platino, cobre y níquel, en su margen lineal, la ecuación (3.9) se reduce a la expresión siguiente:

$$R_T = R_0 \left( + \alpha (T - T_0) \right) \quad (3.10)$$

### **Materiales de fabricación de las RTD's.**

El platino es el metal que ofrece un margen lineal más amplio con una sensibilidad aceptable y una elevada precisión y exactitud. La sonda más común es la Pt100 (100  $\Omega$  a 0°C).

El níquel presenta una baja linealidad, pero ofrece un coeficiente de temperatura elevado, lo que implica una sensibilidad más alta. Por otro lado es mucho más económico que el platino.

El cobre es el metal que presenta unas características menos relevantes pero también es el más económico de los transductores de temperatura resistivos empleados.

La tabla 3.4 muestra diferentes características de los transductores mencionados:

**Tabla 3.4 Valores típicos de RTD's**



Material	Rangos típicos	Exactitud	Precio	R <sub>0</sub> (Ω)
Pt	-200 a +850 °C	0.01 °C	Alto	100
Ni	-150 a +300 °C	0.5 °C	Medio	120
Cu	-200 a +120 °C	0.1 °C	Bajo	10

### 3.5.2 Ubicación de sensores.

Por la disposición de los ventiladores y debido a que se pretende tener una temperatura uniforme en toda el área del galpón, se ubicarán dos sensores a  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{3}{4}$  de la longitud total del galpón y a 2m. del piso aproximadamente, cada uno al centro de su respectiva línea de acción, como muestra la Figura 3.4.

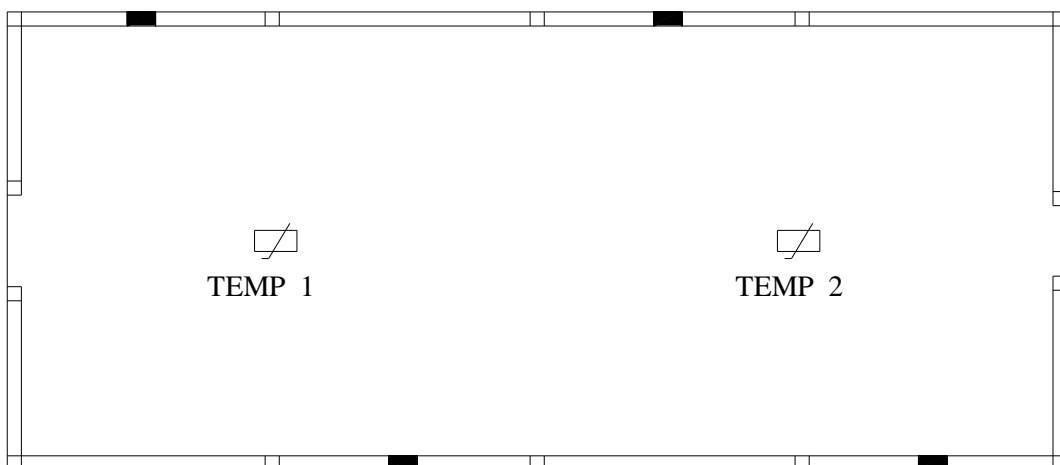


Figura. 3.4 Ubicación de sensores

### 3.6 Selección de equipos.

Para la selección de equipos se debe considerar los siguientes parámetros:

- Nivel de automatización.

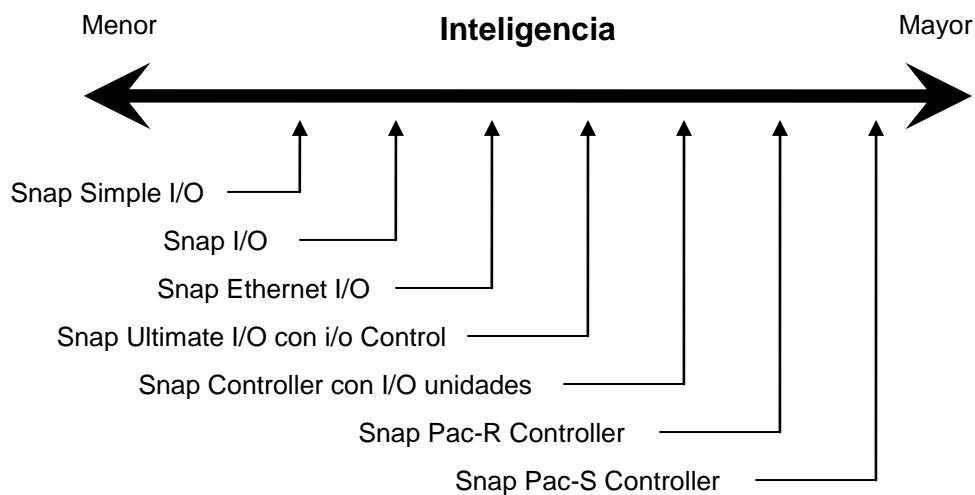
- Comunicación y protocolos a usar.
- Tipo de señales de entrada y salida.
- Condiciones ambientales a las que estarán expuestos los equipos.

### 3.6.1 Nivel de automatización.

Es un punto crucial de la selección, dependerá de los siguientes factores:

- Complejidad del sistema a controlar.
- Equipos destinados al control, monitoreo y control, monitoreo, control y adquisición de datos.
- Posibles futuras ampliaciones.
- Costos.

En la Figura 3.5 se muestra un esquema comparativo de controladores OPTO 22 en función a su capacidad e inteligencia.



**Figura 3.5 Esquema comparativo de controladores**

### 3.6.2 Comunicación y protocolos a usar.

En una red la configuración de [computadoras](#) que intercambian información éstas pueden ser de una variedad de fabricantes y es probable que tengan diferencias tanto en hardware como en [software](#), para posibilitar [la comunicación](#) entre estas es necesario un conjunto de reglas formales para su interacción. A estas reglas se les denominan [protocolos](#).

Otro criterio para la selección de equipos es el tipo de comunicación disponible, tanto en protocolos como en el medio de transmisión; es decir, a través de cables o inalámbricas. Los protocolos mas usados son UDP/IP, SNMP TCP/IP, SMTP, FTP, Modbus/TCP, serial; bajo una topología de red Ethernet, wireléss LAN, celular, radio modem, dial-up/PPP.

El [protocolo](#) TCP / [IP](#) que proporciona transmisión fiable de paquetes de [datos](#) sobre redes. El nombre TCP / [IP](#) proviene de dos protocolos importantes, el "Transmission Control Protocol" (TCP) y el "Internet Protocol" ([IP](#)). Todos juntos llegan a ser más de 100 protocolos diferentes definidos en este conjunto.

Considerando este aspecto y por versatilidad se escoge el protocolo TCP/IP; para lo cual la computadora debe estar configurada, si no lo esta se procede de la siguiente manera:

- 1.- En el menú inicio se despliega el panel de control, y se escoge la opción "asistente para configuración de red" y se sigue los pasos del asistente.
- 2.- Se ingresa al panel de control en el submenú "Conexiones de red", se encontrará un icono que representa la nueva red creada, al realizar un doble clic sobre este icono se despliega una ventana en la cual se puede cambiar sus características; los parámetros que más interesa son los que están en la sección "Protocolo Internet (TCP / IP)" como se muestra en la Figura 3.6, seleccionando esta opción y presionando el botón "Propiedades" mostrado en la misma Figura, aparecerá la ventana que se muestra en la Figura 3.7, en la que se procede a ingresar la dirección IP y la máscara de subred.

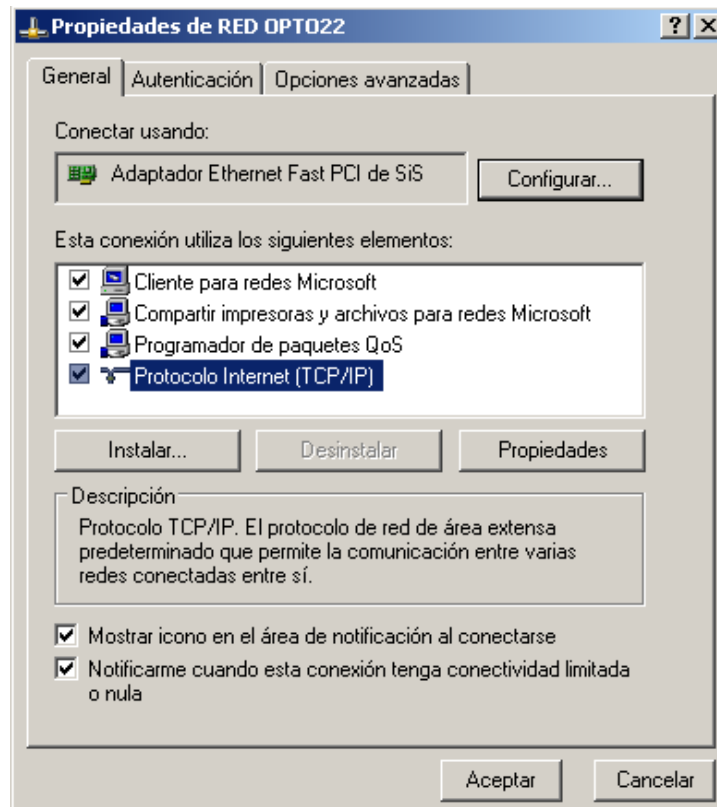
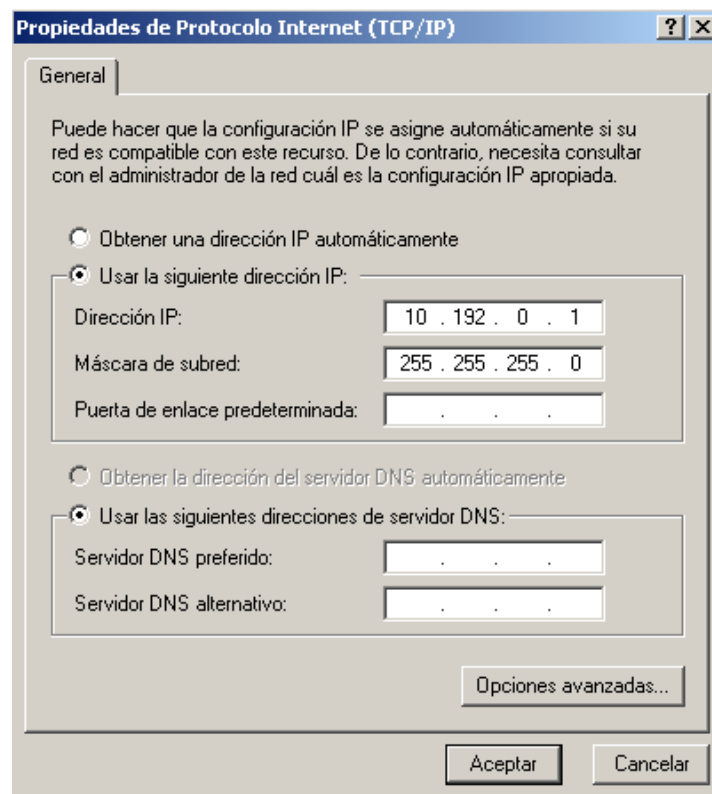


Figura 3.6 ventana de configuración de red



**Figura 3.7 Ventana de configuración de protocolo**

### **3.6.3 Tipo de señales de entrada y salida.**

Al tener módulos I/O (input/output) de conexión directa; a más de los tradicionales de corriente y voltaje estándar (4 a 20mA, 0V a 10V, 0V a 5V respectivamente), se debe conocer que variable se pretende controlar y con que se va a realizar las mediciones, para seleccionar de mejor manera los módulos.

### **3.6.4 Condiciones ambientales a las que estarán expuestos los equipos.**

Se debe considerar el ambiente donde van a funcionar los equipos y procurar que estén dentro de los rangos que recomienda el fabricante, tanto de temperatura, humedad, exposición a cualquier agente contaminante, etc.

### **3.6.5 Selección de Hardware Opto22.**

Usando todos los criterios mencionados, en función de la necesidad y considerando el costo se selecciona de la siguiente forma:

#### **1.- Selección del controlador.**

En función a la necesidad de automatización, al pretender realizar; monitoreo, control y adquisición de datos en tiempo real, usando el Anexo "A" (SNAP Controller Comparison Chart), se selecciona el controlador:

- Controlador SNAP-PAC-R1 (Ver Anexo "B")

Y sus características principales se muestran en la tabla 3.5

**Tabla 3.5 Características Snap PAC-R1**

Procesador	266 MHz 32 bit ColdFire 5475 con unidad de punto
------------	--

	flotante integrado (FPU)
Memoria	RAM 16 MB Flash 8MB
Batería de respaldo	3V CR2032
Comunicación	Ethernet: dos interfaces independientes 10/100 RJ-45 serial: Un puerto serial RS-232
Requerimientos de energía	5.0 – 5.2 Vdc. 1.2 A
Temperatura de operación	0 – 60 °C

## 2.- Selección del RACK (Tarjeta Madre).

Usando el Anexo “C” (SNAP Rack and Processor Compatibility Chart) y considerando el controlador seleccionado, se selecciona:

- Rack 8 módulos [SNAP-M32](#)

El cual soporta un total de 8 módulos de entrada o salida que pueden ser análogos, digitales, seriales y de alta densidad.

## 3.- Selección de módulos de entrada y salida.

Considerando que son RTD’s los sensores de temperatura ubicadas en el galpón, en la hoja de módulos de entrada (Analog input modules) Anexo “D” se selecciona el módulo de conexión directa:

- Módulo de entradas análogas SNAP-AIRTD (Anexo “E”)

Sus características principales se muestran en la tabla 3.6

**Tabla 3.6 Características SNAP-AIRTD**

Entrada RTD 3-hilos	100-Ω platino $\alpha=0.00385$
Rango de temperatura	-200 a 850 °C
Resolución	0.042 °C
Requerimiento de energía	5Vdc. 190mA
Exactitud	$\pm 0.6$ °C
Temperatura de operación	0 a 70 °C

Considerando que se tiene 6 ventiladores axiales de aspas ubicados en el galpón, en la hoja de módulos de salidas (Digital output modules) Anexo “F” se selecciona:

- Módulo de salidas digitales SNAP- OAC5 (Anexo “G”)

Sus características principales se muestran en la tabla 3.7

**Tabla 3.7 Características SNAP- OAC5**

Voltaje de operación	12 – 250 Vac
Mínima corriente por carga	20 mA
Frecuencia de operación	25 – 65 Hz
Canales por módulo	4
Aislamiento entre canales	4000 V

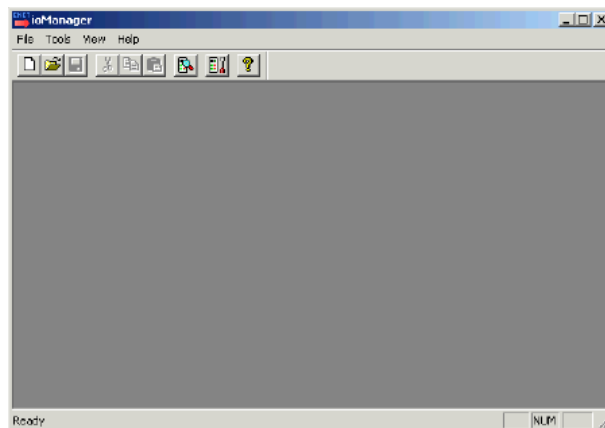
### **3.7 Control de la variable.**

#### **3.7.1 Configuración de equipos Opto 22.**

Una vez seleccionados los equipos y previamente armados según normas proporcionadas por el fabricante, se conecta el equipo a la computadora a través del puerto Ethernet número 1 por medio de un cable UTP de conexión cruzada a dos pares.

El primer paso para la configuración del equipo es proporcionarle al equipo una dirección IP que debe ser similar a la dirección IP de la computadora que se usará para desarrollar la programación, usando el paquete ioManager de la siguiente manera:

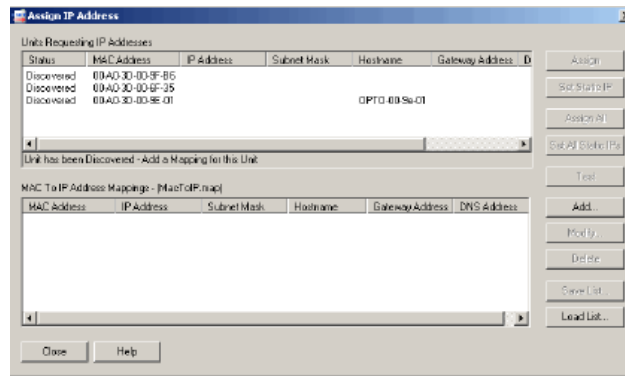
- Es importante conocer la MAC-Address de cada controlador en caso de tener más de uno conectado en red.
- Energizar los equipos conectados a la PC.
- Abrir el paquete ioManager, y aparecerá la ventana mostrada en la Figura 3.8.



**Figura 3.8 pantalla ioManager**

- En el menú “Tools” se selecciona la opción “Assign IP Address”, aparecerá la ventana mostrada en la Figura 3.9, en la parte superior de la ventana aparecerán todos los equipos conectados a la computadora, se selecciona buscando la dirección MAC-Address del equipo al cual se va a asignar una dirección IP





**Figura 3.9 ventana MAC-Address**

- Realizando un doble clic sobre la MAC-Address del equipo en mención aparece una ventana la cual sirve para asignar una dirección IP al controlador, la Figura 3.10 muestra dicha ventana; una vez asignada la dirección IP y su máscara se presiona OK, automáticamente el equipo aparecerá en la parte inferior de la ventana mostrada en la Figura 3.9

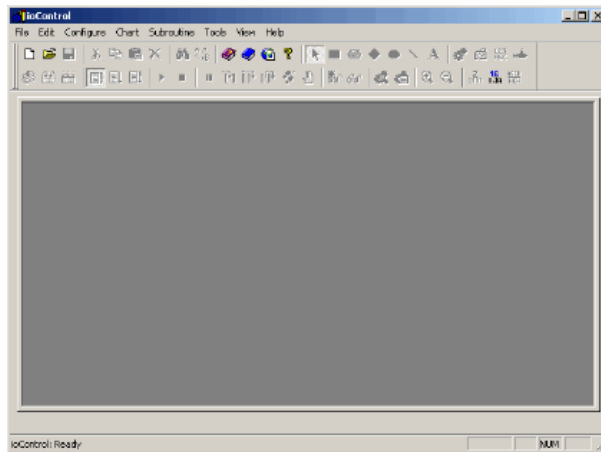


**Figura 3.10 ventana asignación IP**

- Para verificar la correcta asignación de la dirección IP, se puede realizar un “ping” a la dirección asignada.

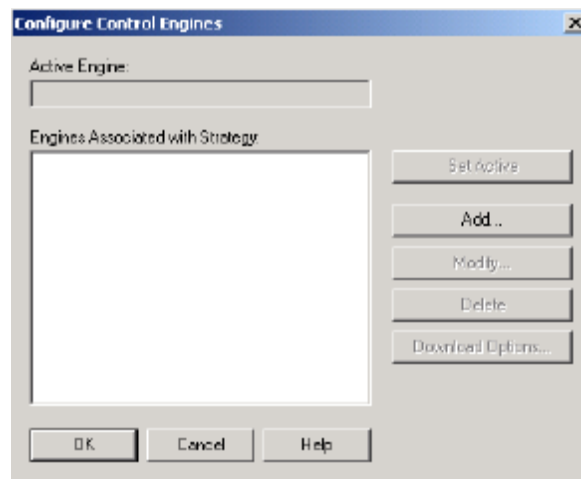
Luego de la asignación de la dirección IP, se procede a configurar el tipo de controlador y los módulos I/O conectados, de la siguiente manera:

- Con el equipo conectado a la computadora y energizado, iniciar el paquete ioControl, aparecerá la ventana mostrada en la Figura 3.11, en la barra de menús, en la opción “File” seleccionar “New Strategy” y se crea una nueva estrategia en la cual se va a realizar la programación del proceso a controlar.



**Figura 3.11** Pantalla principal ioControl

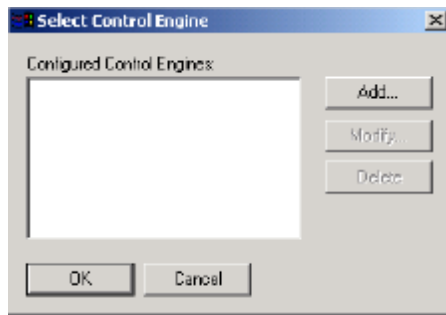
- El paso siguiente es configurar el controlador que va a regir la estrategia; es decir, con el cual se va establecer la comunicación y a descargar el programa cuando este finalizado o para realizar pruebas. En el menú “Configure” seleccionar la opción “Control Engines...” aparecerá una ventana, en esta se debe añadir un controlador; es decir, hay que presionar el botón “Add” que se muestra en la Figura 3.12



**Figura 3.12** ventana para añadir el controlador a la estrategia

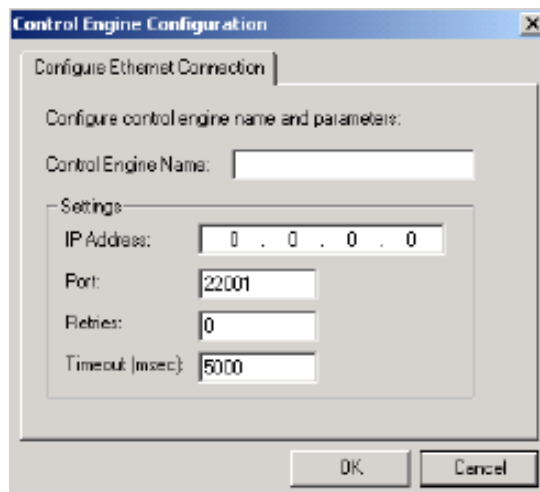
- Posteriormente aparecerá otra ventana que se muestra en la Figura 3.13, en esta ventana se despliega una lista de todos los controladores

conectados a la red y previamente configurados, para añadir uno presionar la tecla “Add”



**Figura 3.13** ventana lista de controladores en red

- Después en la ventana que se muestra en la Figura 3.14 se debe ingresar todos los datos pedidos por la misma, como: asignar un nombre al controlador, su dirección IP, el puerto, el tiempo de espera para la conexión entre otros. Se ingresan los datos correspondientes y se presiona OK, posteriormente en la ventana que se ilustra en la Figura 3.13 aparecerá el nombre que se asignó al controlador de X dirección IP; se lo selecciona, se presiona OK y ya está asignado un controlador para la estrategia.



**Figura 3.14** ventana características del controlador

Continuando con la configuración se procede a configurar los módulos de I/O acoplados en la tarjeta madre de la siguiente manera:

- Seleccionar en el menú “Configure” la opción “I/O...”, aparecerá una ventana como se ilustra en la Figura 3.15 en la que inicialmente se presionará la tecla “Add”, posteriormente aparecerá una ventana como se muestra en la Figura 3.16, se ingresan todos los datos necesarios tales como el modelo de controlador, su dirección IP y se presiona OK.

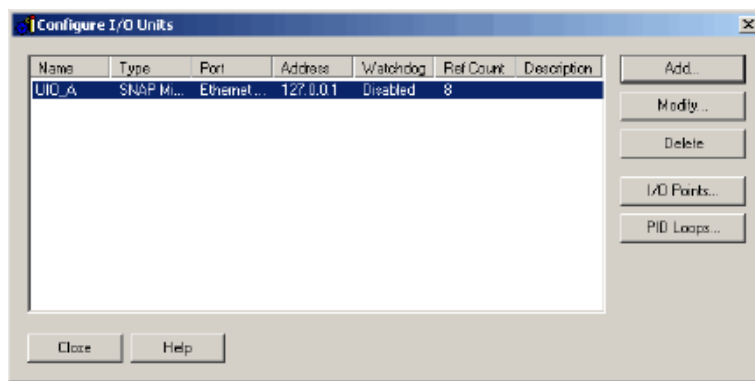


Figura 3.15 ventana características del controlador

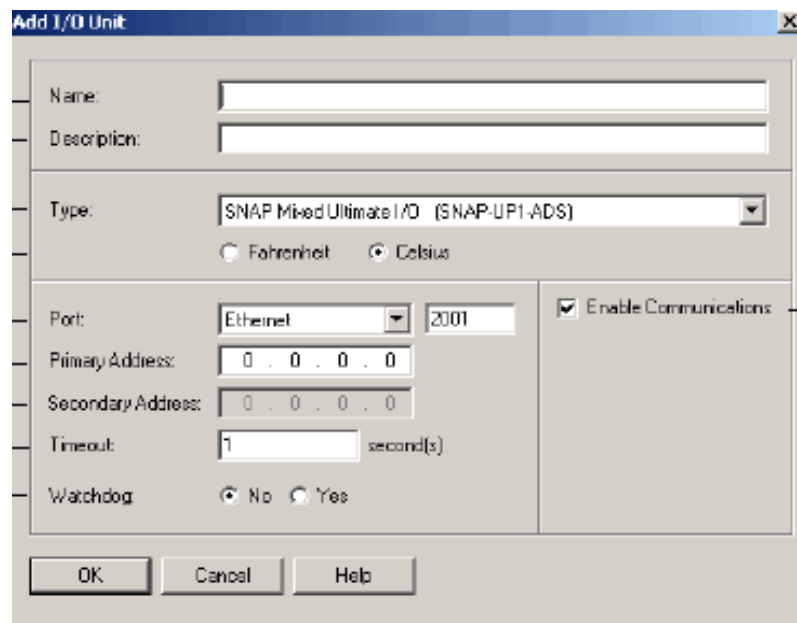
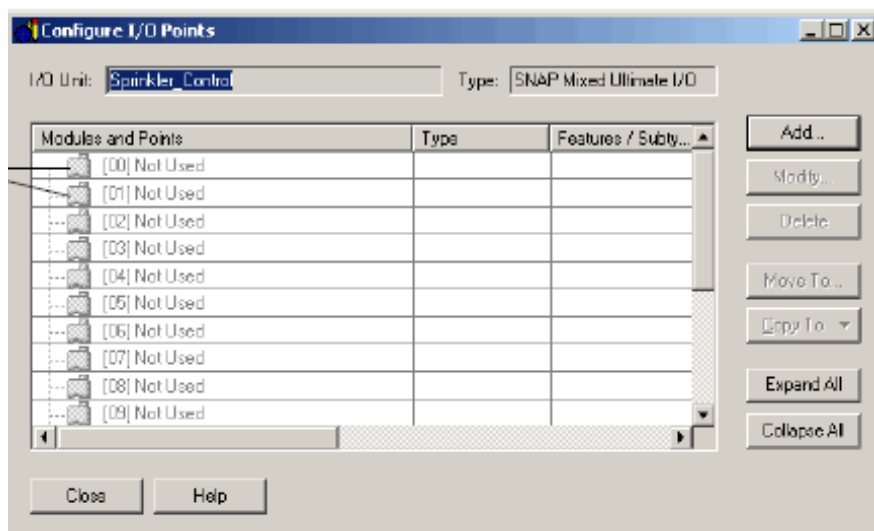


Figura 3.16 ventana datos del controlador I/O

- Luego en la ventana mostrada en la Figura 3.15 se presiona la tecla “I/O Points...” y aparece la ventana de la Figura 3.17, en ella se escoge los módulos seriales, de alta densidad (módulos de 32 salidas digitales), PID, análogos o digitales de entrada o salida que están ubicados en cada ranura de la tarjeta madre, para lo cual se debe conocer que tipo de módulo está en cada ranura; en este caso en particular, en la ranura número 0 donde esta el módulo de entradas análogas para RTD, SNAP AIRTD. Seleccionando la posición y presionando la tecla “Add” se muestra una lista de todos los módulos que Opto 22 comercializa, y simplemente hay que escoger el adecuado y presionar OK, y así sucesivamente hasta terminar de configurar todos los puntos que estén con módulos. Finalmente se presiona “Close”.



**Figura 3.17** ventana configuración de puntos I/O

- Una vez configurado los módulos que están físicamente conectados en la tarjeta madre, en la ventana que se muestra en la Figura 3.17 se puede dar nombre a cada canal de cada módulo, dando doble clic sobre el módulo, entonces se expande y se puede asignar un nombre a cada canal que contenga dicho módulo, esto servirá al instante de programar, ya que cada canal estará asignado con nombres que resulten familiares.

### 3.7.2 Programación.

Una vez configurado todo el equipo, se procede a crear variables, aunque también se las puede crear acorde a la necesidad durante la programación, estas pueden ser globales o persistentes, en ambos casos pueden ser:

- Numérica entera 32 bits.
- Numérica entera 64 bits.
- Numérica flotante.
- Strings.
- Tablas numéricas.
- Tablas de string.
- Contadores.
- Timers (ascendentes y descendentes).

Para la programación, esta se puede realizar de dos maneras diferentes:

- En bloques
- Usando comandos escritos igual a Visual Basic

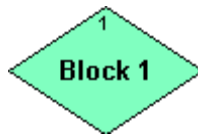
Acotando que se pueden combinar las dos, para la programación existen cuatro tipos de bloques básicos que se detallan a continuación:

**Action Block's.**- Son bloques que pueden contener una o más instrucciones que ejecutan varias acciones como cálculos, acciones de apagado o encendido, asignación de valores, comunicación, temporización, se usan comandos matemáticos, lógicos, etc. En la Figura 3.18 se muestra un Action Block.



**Figura 3.18 Action Block**

**Condition Block's.-** Son bloques que pueden contener una o más instrucciones condicionadas bajo operadores lógicos que tienen dos salidas, ejecutan varias acciones como comparaciones lógicas, de comunicación, etc. En la Figura 3.19 se muestra un Condition Block,



**Figura 3.19 Condition Block**

**OptoScript Block's.-** Son bloques que pueden usar una estructura de programación adicional que permite optimizar y simplificar el uso de bloques de instrucciones mediante comandos BASIC. En la Figura 3.20 se muestra un OptoScript Block.



**Figura 3.20 OptoScript Block**

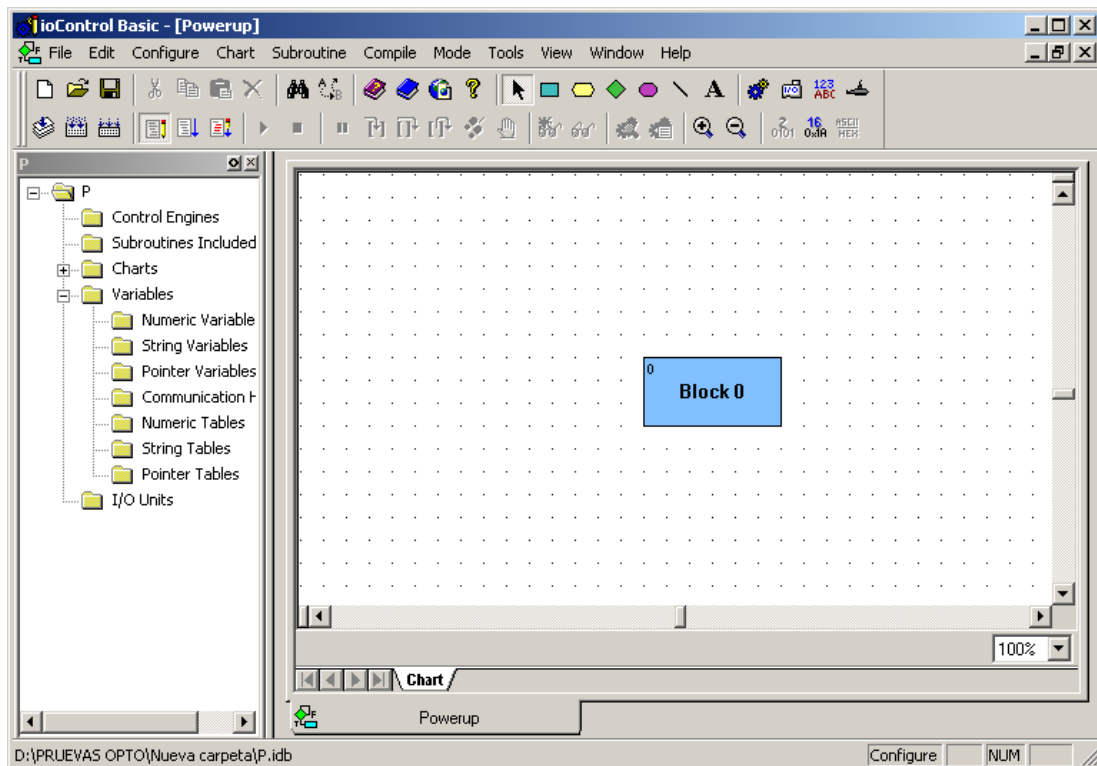
**Continue Block's.-** Al utilizar este bloque se evita el llenado innecesario de líneas de conexión, permitiendo ejecutar saltos hacia otros bloques sin necesidad de conexiones gráficas. En la Figura 3.21 se muestra un Continue Block



**Figura 3.21 Continue Block**

Al crear una nueva estrategia se genera la pantalla que se presenta en la Figura 3.22. Se puede encontrar en ella a la izquierda información de variables, controlador configurado, módulos acoplados, lazos PID. etc.; y a la derecha una ventana con el chart inicial llamado POWERUP.

La principal característica del chart POWERUP es que su ejecución es la única que el controlador realiza inmediatamente después de encenderse. Esta característica puede aprovecharse como una herramienta de control sobre otros charts o para generar valores iniciales en la programación.



**Figura 3.22 Pantalla de inicio ioControl**

Cabe recalcar que para iniciar a programar se debe conocer con exactitud la necesidad del proceso a controlar: es decir, conocer valores



nominales de funcionamiento, valores óptimos de lo que se pretende controlar y regular.

En la barra de menús en la sección de “Chart” se pueden crear nuevas páginas de programación; una vez creado, se agregan los bloques en función a la necesidad y se realiza la interconexión entre ellos llevando un orden lógico; dando un doble clic sobre los bloques se despliega una ventana de programación, en la cual se ingresan los comandos necesarios para ejecutar dependiendo el caso acción, comparación, cálculos, etc.

En el Anexo “H” se puede observar la estructura de programación usada así como los comandos de cada uno de los bloques usados para esta sección del control, es decir el control de la temperatura.

Cuando la estructura de programación satisface las necesidades del proceso, esta lista para descargarla al controlador, en la barra de menús, en la sección “Mode” se selecciona el comando “Debug” y se visualizará el proceso de descarga del programa al controlador. Posteriormente se presiona el botón “Run Strategy” en la barra de herramientas del menú principal y el controlador comienza a correr el programa descargado.

### **3.7.3 Interfase visual.**

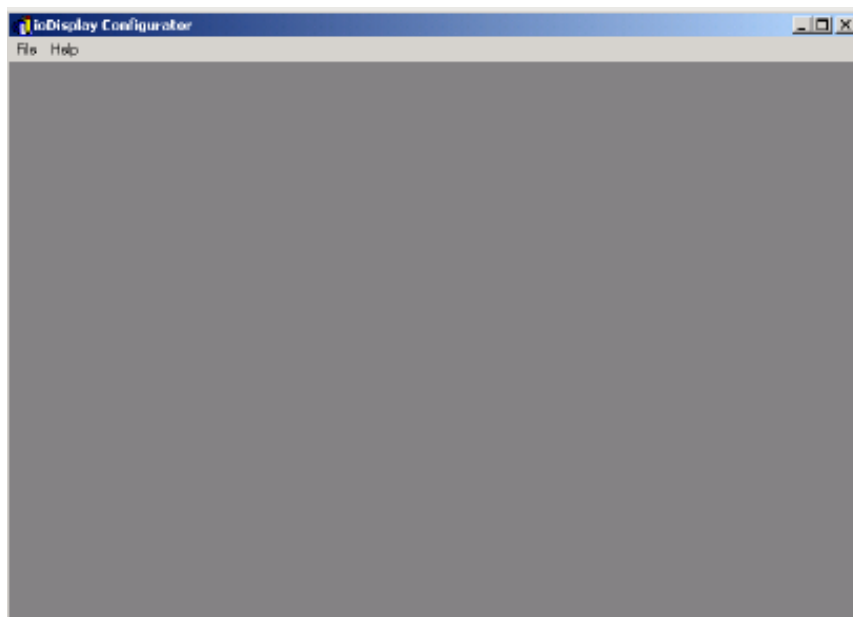
Para monitorear y controlar el proceso es necesario desarrollar el medio de enlace entre el usuario y el sistema de control. Para la creación de la interface visual se usará el paquete ioDisplay, con toda la lógica de control instalada en la memoria del controlador.

Esta acción cierra el círculo que se requiere para determinar un sistema HMI, ofreciendo al usuario la posibilidad de determinar las acciones a realizarse, los valores predeterminados o la supervisión de la operación del proceso desde su consola de mando.

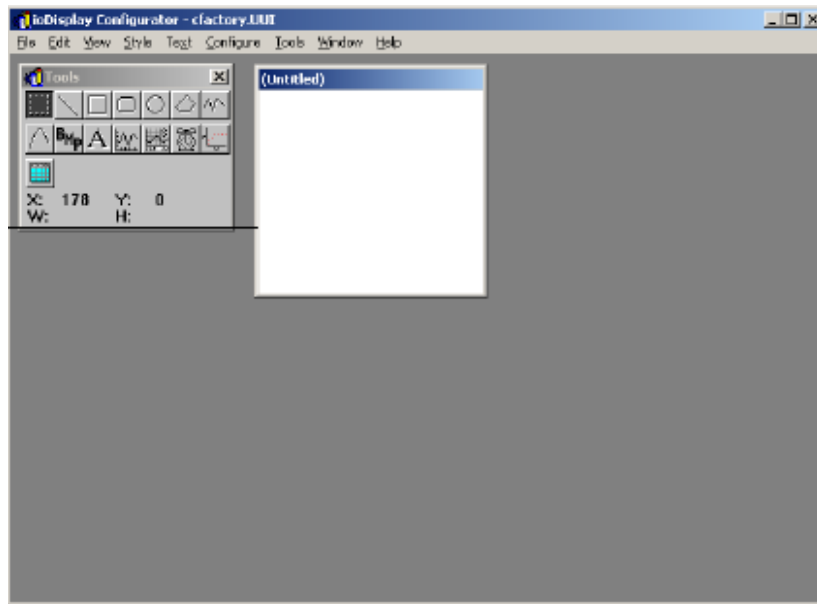
Para desarrollar esta interface la aplicación ioDisplay consta de dos paquetes que son:

- ioDisplay configurator; donde se establecen las políticas de visualización.
- ioDisplay runtime; que permite la ejecución del programa gráfico de interfaz.

Se inicia abriendo el programa ioDisplay configurator y aparecerá la ventana mostrada en la Figura 3.23, en la cual en el menú “File” se selecciona “New Project...” posteriormente se crea una hoja en blanco para crear la interfaz gráfica como se muestra en la Figura 3.24



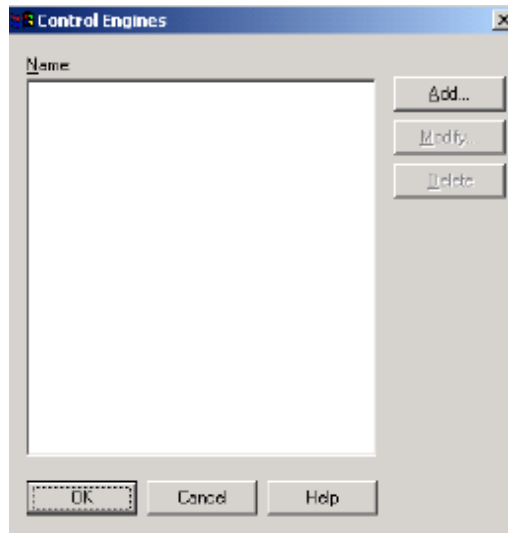
**Figura 3.23 Pantalla de inicio ioDisplay**



**Figura 3.24 Pantalla de inicio ioDisplay**

El paso siguiente es crear el lazo entre el programa que controla el proceso y la interfaz gráfica a diseñarse, esto permitirá asociar todas las variables, charts, y configuración de equipos, creados con el paquete ioControl, y se lo realiza de la siguiente manera:

- En la barra de menú en la sección “Configure” se selecciona el comando “Control Engine(s)” y aparecerá una ventana como se muestra en la Figura 3.25 en la cual, al igual que en el paquete ioControl, se asigna un controlador a la estrategia, presionar “Add” y siga las instrucciones, finalmente presionar OK.



**Figura 3.25** ventana de asignación de controlador

Una vez establecido el vínculo entre el programa realizado en ioControl y el paquete ioDisplay se inicia la programación grafica.

OPTO22 provee de una herramienta adicional para la graficación de los HMI, ésta se denomina **SymbolFactory** y se puede acceder a ella desde la ventana de desarrollo con el botón derecho del “Mouse”. Aquí se encontrarán los gráficos más empleados en el desarrollo de HMI, tanto esquemas decorativos como técnicos. El empleo del procedimiento arrastrar y pegar permite llevar los gráficos hacia la ventana de aplicación ioDisplay Configurator sin problemas.

La creación de interfaces depende de la creatividad del usuario, se pueden obtener diseños tanto atractivos como eminentemente técnicos. Se debe considerar factores como: fatiga visual y solicitud de atención como los determinantes de desarrollo.

La etapa final de desarrollo es el enlace de los distintos iconos gráficos del HMI con las variables necesarias del proyecto desarrollado. Esto se obtiene mediante atributos dinámicos para cada objeto. La ventana de configuración es accesible mediante un doble clic sobre el gráfico a modificar.

Atributos como visibilidad, tamaño, posición, color, etc. pueden configurarse sobre un objeto gráfico. De igual manera se puede realizar el envío y recepción de señales hacia y desde el proceso, como:

- Valores numéricos.
- Valores discretos.
- Cadenas de caracteres.
- etc.

Se pueden tomar acciones de control como la apertura y el cierre de otras ventanas e incluso la ejecución de otros programas mediante los iconos de nuestra ventana de desarrollo.

Absolutamente toda la lógica de control se realiza en el controlador el computador y la interfaz HMI sirve como herramienta para la visualización del desempeño del proceso.

Es absolutamente aceptable que distintos gráficos o iconos puedan efectuar acciones sobre una misma variable, entrada, salida, etc. El desarrollo de las pantallas está sujeto únicamente a los criterios de presentación del usuario.

Finalmente se realizará pruebas y se tomara decisiones en función de los resultados obtenidos.

La pantalla de interface visual se puede apreciar en el Anexo "I"

### **3.8 Pruebas y resultados.**

#### **3.8.1 Pruebas del control de la variable.**

Previa la toma de datos, considerando que la temperatura del agua pura congelada es de 0 °C se calibra el sensor usando hielo, se observa que sin acondicionamientos previos el valor mostrado en la computadora usando hielo es 0.4 °C, observando la tabla 3.6 (Características SNAP-AIRTD), se puede notar que la exactitud tiene un valor de  $\pm 0.6$  °C, para un rango de -200 °C a 850 °C, lo cual es aceptable, claro que se puede realizar cualquier tipo de corrección en el valor medido a través de software.

En 28 días se registraron temperaturas durante las 24 horas del día, en el periodo de pruebas se observaron días: normales, moderadamente fríos, muy calurosos y con heladas en los cuales se pudo medir las temperaturas dentro del galpón, con y sin ventilación obteniendo los siguientes resultados:

Previo al análisis de las curvas que se muestran posteriormente considerar que las leyendas de las mismas (Temp 1 y Temp 2) corresponden al sensor de temperatura uno y dos respectivamente, mostrados en la Figura. 3.4.

En la Figura 3.26 se muestra la distribución de temperatura para un día moderadamente frío, en este caso particular los ventiladores no se activaron a ningún instante puesto que la temperatura no sobrepasó la establecida como máxima en cuanto al confort de los animales.

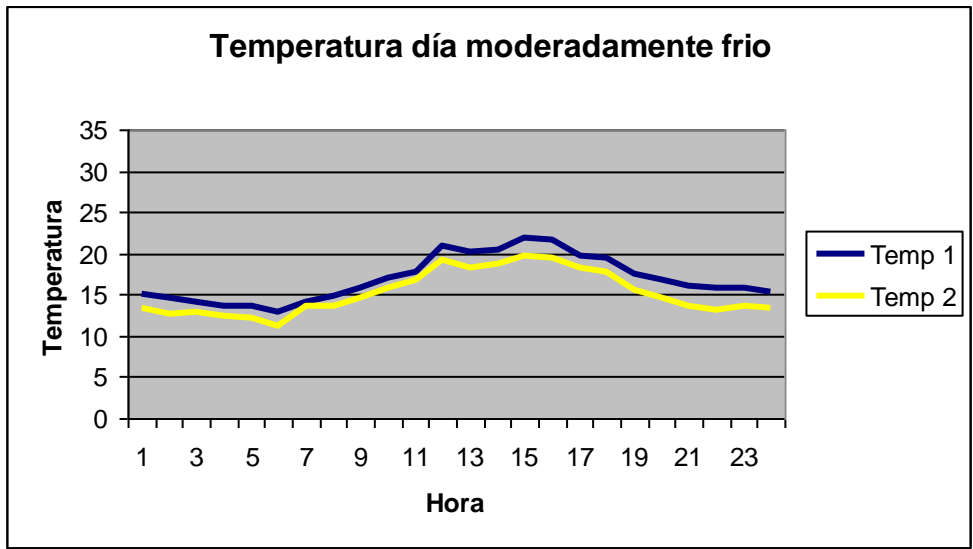


Figura 3.26 Día moderadamente frío

En la Figura 3.27 se muestra el avance de la temperatura en un día normal o promedio. Con el sistema de ventilación encendido.

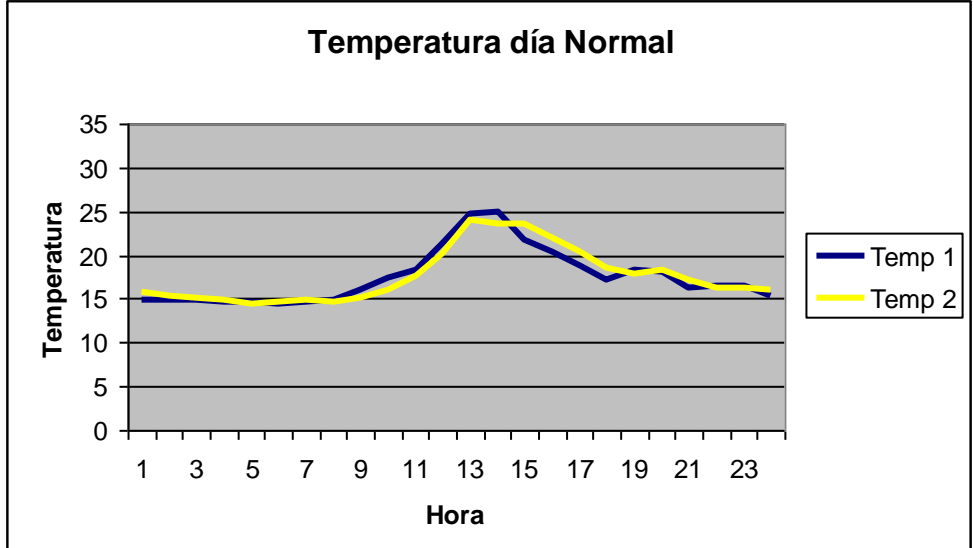


Figura 3.27 Día Normal con Ventilación

En la Figura 3.28 se muestra el valor de la temperatura en un día normal. Con el sistema de ventilación apagado.

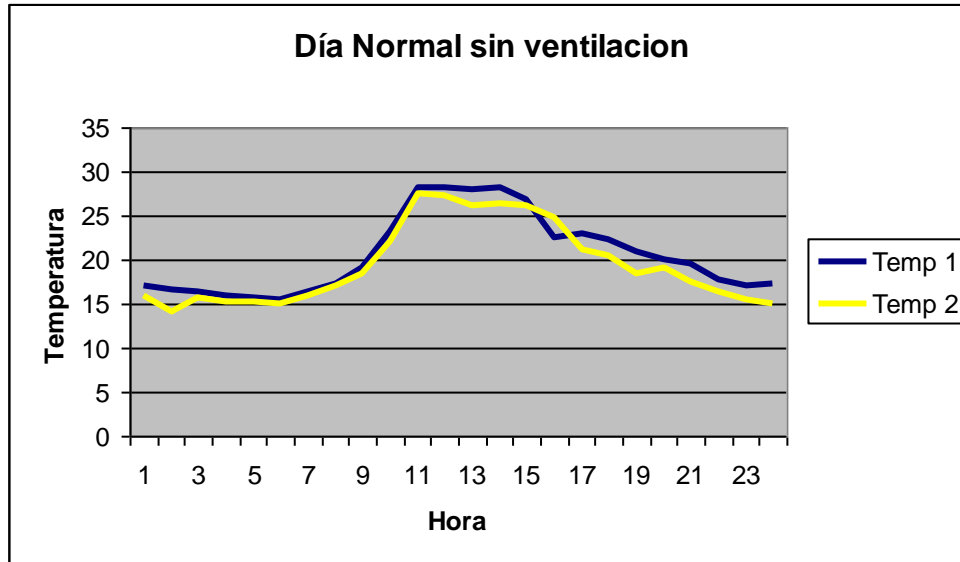


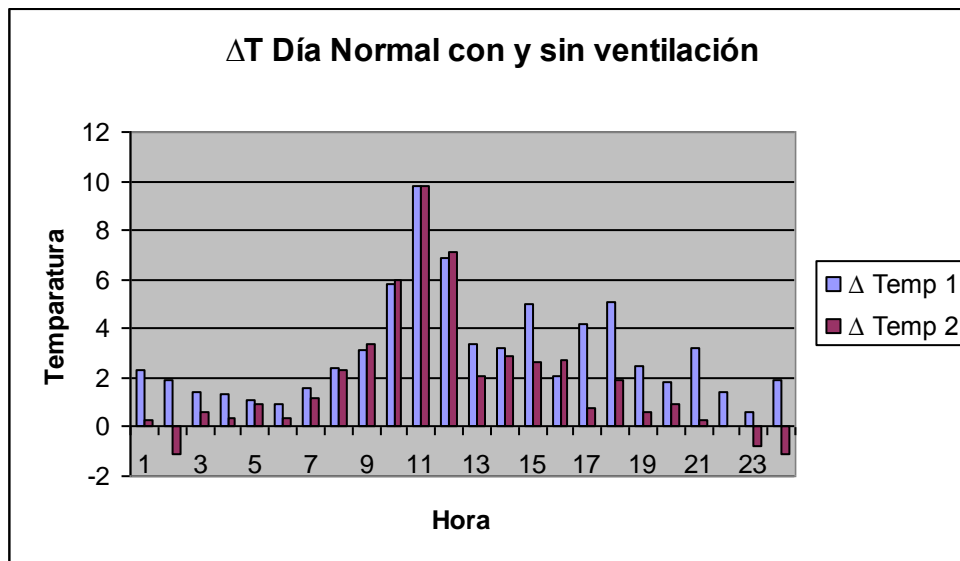
Figura 3.28 Día normal sin ventilación.

Analizando las Figuras 3.27 y 3.28 se nota que para un día normal, la temperatura más alta sin ventilación es de 28.2 °C, mientras que con la ventilación en funcionamiento se tiene una temperatura máxima de 24.9 °C.

Para el análisis considere que la leyenda de la Figura 3.29 ( $\Delta$  Temp 1 y  $\Delta$  Temp 2) corresponde a la diferencia de los valores registrados por los sensores de temperatura uno y dos respectivamente.

Con la ventilación encendida se obtiene reducciones particulares por hora de hasta 9.8 °C, según los datos mostrados en la Figura 3.29



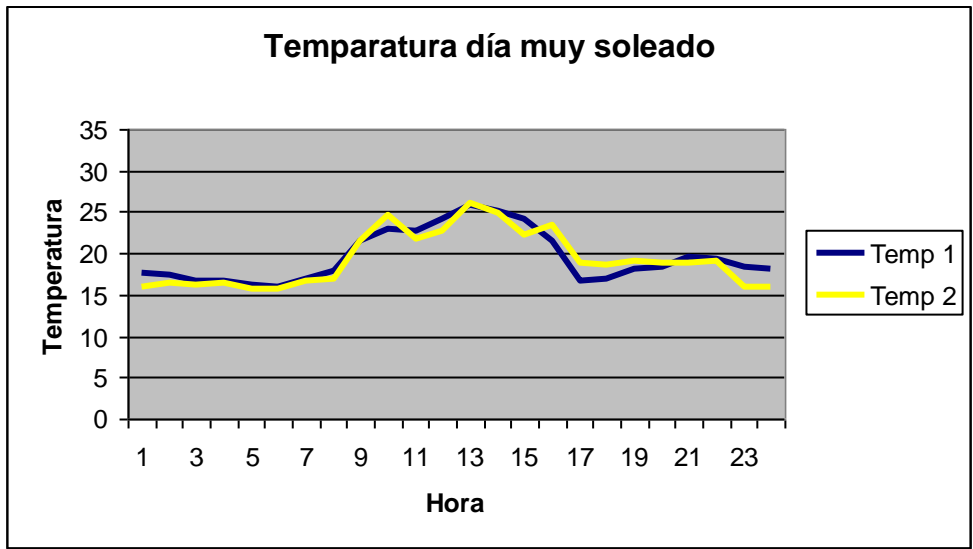


**Figura 3.29**  $\Delta T$  Día Normal con ventilación vs. día normal sin ventilación

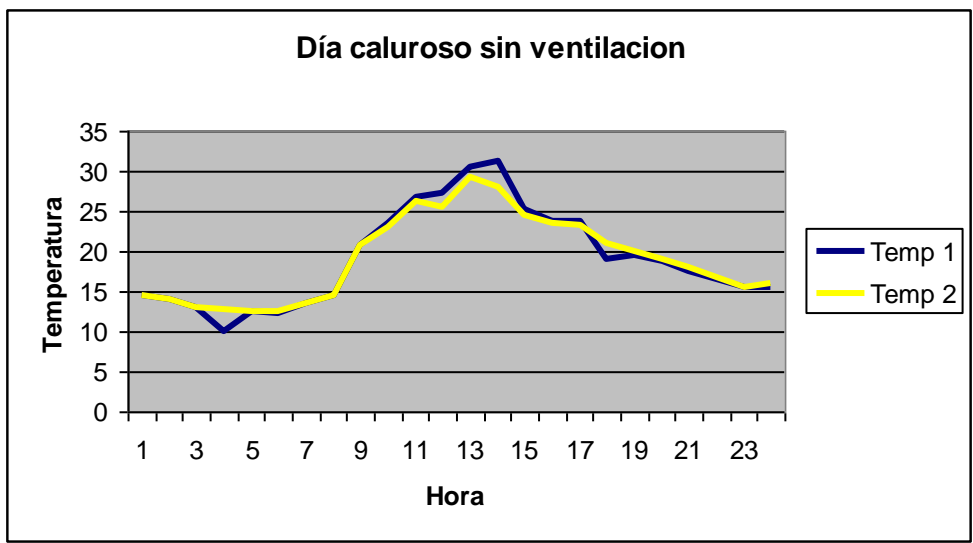
Es importante considerar que las condiciones climáticas de un día a otro, aunque sean días normales, no presentarán patrones idénticos sino similares o aproximados, es por eso que obteniendo un promedio de la diferencia de temperatura, considerando las hora más calientes, en las cuales el sistema de ventilación funciona; se tiene una reducción aproximada de  $4.94\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante las horas mas calientes del día, que va aproximadamente desde las 10 am. hasta las 17 pm.

Los valores negativos que se observa en la Figura 3.29 se debe a que los días considerados pese a tener patrones iguales en algunos horas su comportamiento varia principalmente debido al cambio radical en las corrientes de aire; es decir, en las horas que se tiene valores negativos, el sustraendo es mayor al minuendo en la resta que se realizó para el análisis de datos.

De igual manera se analizó los días más calurosos con ventilación obteniendo la curva mostrada en la Figura 3.30 y sin ventilación mostrada en la Figura 3.31



**Figura 3.30 Temperatura día Caluroso con ventilación**

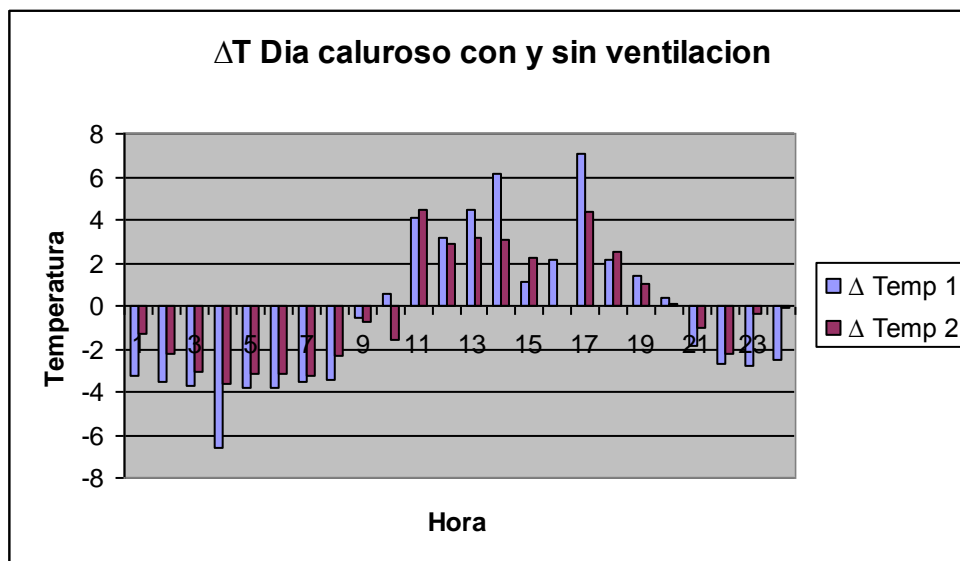


**Figura 3.31 Temperatura día Caluroso sin ventilación**

Analizando las Figuras 3.30 y 3.31 se nota que para un día caluroso, la temperatura más alta sin ventilación es de 31.3 °C, mientras que con la ventilación en funcionamiento se tiene una temperatura máxima de 26.1 °C.

Para este análisis considere que la leyenda de la Figura 3.32 ( $\Delta$  Temp 1 y  $\Delta$  Temp 2) corresponde a la diferencia de los valores registrados por los sensores de temperatura uno y dos respectivamente.

Obteniendo con ventilación encendida reducciones particulares por hora de hasta 7.1 °C, según los datos mostrados en la Figura 3.32



**Figura 3.32  $\Delta$ T Día Caluroso con y sin ventilación**

Considerando lo expuesto en el análisis de los días normales; es decir, considerando las horas más calientes del día, ya que durante ese periodo de tiempo es más probable el funcionamiento de los ventiladores, se tiene una reducción en promedio de hasta 4.02 °C,

Los valores negativos de la Figura 3.32 se debe por los argumentos presentados en el análisis de la Figura 3.29.

Además se han registrado temperaturas para días que sufrieron un descenso extremo de temperatura en las noches a causa de heladas, en la

Figura 3.33 se muestra el comportamiento de la temperatura para días con heladas.

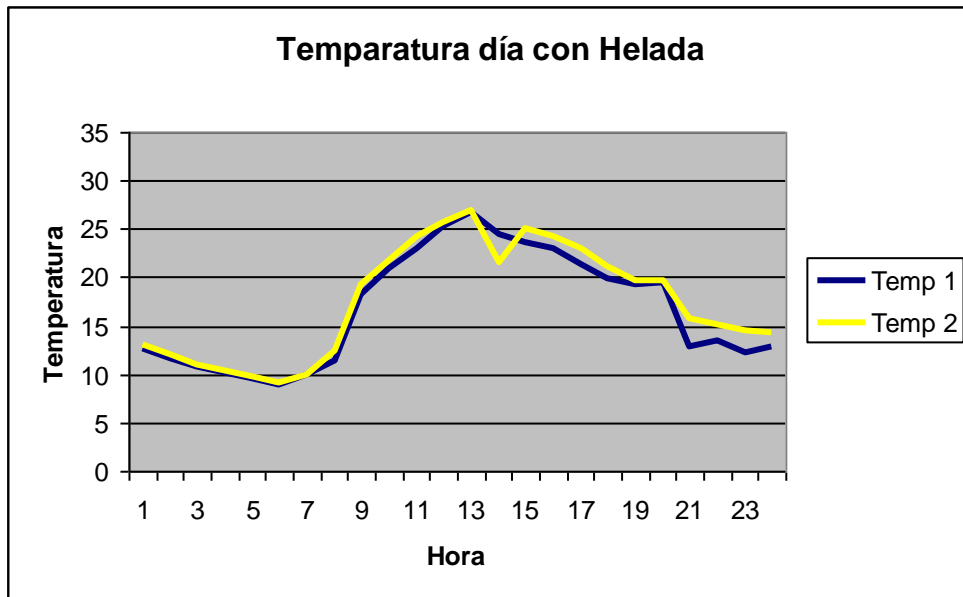


Figura 3.33 Temperatura día con helada

Como se menciona al inicio del análisis de graficas la línea de dispersión de color azul cuya nomenclatura esta representada como “Temp. 1” representa a los datos registrados por el sensor número uno y de igual manera con la línea amarilla “Temp. 2” representa los datos registrados por el sensor de temperatura número dos.

Los datos usados para el análisis se muestran en el Anexo “J”

### 3.8.2 Pruebas de hardware

Al ser equipos modulares, previo el ensamble de los mismos, se debe leer cuidadosamente sus características y la manera de su conexión, además es importante seleccionar la fuente de poder adecuada para el suministro de energía a los equipos.

Cabe destacar que los equipos son de construcción industrial, esto facilita su manejo ya que son robustos y compactos, su instalación es muy sencilla.

### **3.8.3 Pruebas de software**

Durante el proceso de instalación del software, hasta su uso, no hubo conflictos ni inconvenientes, es un paquete de un tamaño en bytes relativamente pequeño, al igual que con el hardware; es importante leer los manuales para la comprensión y uso del programa.

La programación es sencilla, al posibilitar la programación por bloques, y sus estrategias (archivos de trabajo) son guardadas en archivos pequeños.

La configuración del hardware es muy sencillo, tan solo es necesario seguir los pasos indicados en párrafos anteriores.

La interface para la creación de pantallas para realizar monitoreo y control en tiempo real es bastante sencillo, realizadas las pantallas y puestas en marcha la velocidad de respuesta del hardware es instantánea, pero hay que considerar la potencialidad de la computadora para manejar los datos y presentarlos en pantalla.

### **3.8.4 Pruebas de comunicación**

Previa la configuración de la computadora, en cuanto a sus características de red; además con el hardware opto 22 ya configurado, se establece comunicación, esto es fundamental para realizar pruebas reales de control y monitoreo.

Al construir el cable cruzado UTP se debe seguir correctamente el código de colores para su elaboración, y así evitar problemas posteriores de

comunicación, compruebe luego de la construcción del cable cruzado UTP, la continuidad del mismo con la ayuda de un ohmetro.

La comunicación entre equipos es fácil de establecer, durante las pruebas no se presentaron conflictos, y esta se establece cuando el usuario la requiera.

Para esto se ejecuto un ping a la dirección del controlador (10.192.0.2) y a la dirección del computador (10.192.0.1), con resultados satisfactorios, esto garantiza la correcta comunicación entre equipos.

Además hay que considerar que una vez descargado el programa al controlador, el hardware de opto 22 es autónomo, y no necesita de la computadora para funcionar.

## CAPITULO IV

### CONTROL DE EMANACIÓN DE GASES

#### 4.1 Introducción.

**Gases.-** El gas es uno de los estados de la materia. En el estado gaseoso, la forma y volumen de la materia son variables. La fuerza de repulsión entre las moléculas es mayor que la de cohesión. Los gases se caracterizan por presentar baja densidad y capacidad para moverse libremente.

A diferencia de los líquidos y sólidos, los gases se expanden y contraen fácilmente cuando se alteran la presión y/o la temperatura.

Como los gases se expanden indefinidamente hasta ocupar el recipiente que los contiene, su estado físico representa una gran preocupación, independientemente del riesgo del producto. En caso de fuga, los gases tienden a ocupar todo el ambiente, incluso cuando poseen una densidad diferente a la del aire.

Además del riesgo inherente al estado físico, los gases pueden presentar otros peligros como inflamabilidad, toxicidad, poder de oxidación y corrosión, entre otros.

Algunos gases, como el cloro, presentan olor y color característicos, mientras que otros, como el monóxido de carbono, no presentan ni olor ni coloración, lo que puede dificultar su identificación en la atmósfera y las medidas de control durante una fuga eventual.

Como se indicó al inicio, los gases se ven influenciados por variaciones de presión y/o temperatura. La mayoría de éstos se pueden licuar con el aumento de presión y/o disminución de temperatura. El amoníaco, por ejemplo, se puede licuar cuando se le somete a una presión de aproximadamente 8 kg./cm<sup>2</sup> o a una temperatura de aproximadamente -33,4 °C.

Una vez liberados, los gases licuados por acción de la presión y/o temperatura, tienden a retornar a su estado natural en las condiciones ambientales, es decir, a su estado gaseoso. Durante el cambio de estado líquido a gaseoso, el producto se expande considerablemente y genera volúmenes gaseosos mucho mayores que el volumen ocupado por el líquido. Esto se denomina tasa de expansión. El cloro, por ejemplo, tiene una tasa de expansión de 457 veces; es decir, un volumen de cloro líquido genera 457 volúmenes de cloro gaseoso.

Un factor que dificulta la dispersión de los gases es la presencia de grandes obstáculos, como las edificaciones en las áreas urbanas.

Algunos gases considerados biológicamente inertes, es decir, que no son metabolizados por el organismo humano, pueden representar riesgos para el hombre bajo ciertas condiciones. Todos los gases, con excepción del oxígeno, son asfixiantes. Las grandes fugas, inclusive de gases inertes, reducen el contenido de oxígeno de los ambientes cerrados, lo que causa daños que pueden provocar la muerte de las personas expuestas.

Así, en ambientes confinados, se debe monitorear constantemente la concentración de oxígeno. En las situaciones en que la concentración de



oxígeno es inferior a 19,5%, se deberán adoptar medidas para restablecer el nivel normal de oxígeno, es decir, un volumen de aproximadamente 21%. Estas medidas consisten básicamente en ventilación, natural o forzada, del ambiente.

Dadas las características del ambiente, la protección respiratoria tendrá que ser autónoma. En estas situaciones es muy importante monitorear frecuentemente el nivel de oxígeno y los posibles gases presentes en la atmósfera.

Se debe prestar atención especial cuando el gas es inflamable, principalmente si está confinado. Son prioritarias las mediciones constantes de los índices de explosión en el ambiente, a través del uso de equipos intrínsecamente seguros, y la eliminación de posibles fuentes de ignición.

Según las características, puede ser necesario aplicar neblina de agua para agotar los gases o vapores emanados.

La operación para el agotamiento de los gases será más eficiente, mientras mayor sea la solubilidad del gas presente en el agua, como es el caso del amoníaco y el ácido clorhídrico.

Para los productos con baja solubilidad en agua, el agotamiento de gases también se podrá realizar con neblina de agua que, en ese caso, actuará como un bloqueo físico frente al desplazamiento de la nube.

#### **4.1.1 Cómo afecta a los cerdos la calidad del aire.**

Los cerdos que han sido criados en instalaciones con ambiente controlado no tienen otra opción que respirar el aire que hay en su micro ambiente. Los productores y sus trabajadores pueden llevar equipos protectores y pasar gran parte de su tiempo fuera del galpón. Como el sistema respiratorio del cerdo está en contacto constante con el aire del galpón, los contaminantes pueden ocasionarles problemas.

La mayoría de los contaminantes que se encuentran en las granjas porcinas son producidos por los mismos cerdos. La mayor preocupación son los microbios, el polvo y los gases. Aunque algunos estudios sugieren que los cerdos toleran bastante bien la mala calidad del aire, se ha visto que estos contaminantes alteran directamente sus reacciones metabólicas o afectan indirectamente su salud.

La concentración de bacterias en el aire del galpón puede ser extremadamente alta. Durante épocas de calor, hay que mover rápidamente el aire para controlar la temperatura; es común tener cuentas bacterianas de 500/pie<sup>3</sup>. Sin embargo, esta cuenta bacteriana puede llegar a 10.000/pie<sup>3</sup>. En épocas más frescas, en galpones abiertos las cuentas bacterianas pueden llegar a 5.000/pie<sup>3</sup>.

A pesar de que el aire fresco no contenga más de 10 bacterias/pie<sup>3</sup>, el sistema respiratorio del cerdo puede eliminar normalmente las bacterias que respira y mantener sus pulmones relativamente estériles. Sin embargo, la exposición a otras formas de estrés ambiental puede deprimir este proceso y dejar a los cerdos predispuestos a infecciones respiratorias.<sup>15</sup>

El polvo que hay en las granjas es más un problema para los trabajadores que para los mismos cerdos. Incluso, en altas concentraciones, las investigaciones han demostrado que el polvo tiene muy poca influencia directa sobre el rendimiento de los cerdos.

Los gases más importantes que se encuentran comúnmente en las instalaciones porcinas y que pueden influir sobre la salud de los cerdos, son: el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), el amoníaco (NH<sub>3</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Con niveles aceptables, los cerdos normalmente toleran bien el sulfuro de hidrógeno, pero el gas puede ser letal, tanto para los cerdos como para los humanos cuando sobrepasa de 1.000 ppm.

---

<sup>15</sup> Artículo publicado en: <http://www.pcca.com.ve/vp/articulos/e33a5.htm>

Concentraciones tan elevadas no ocurren normalmente, a no ser que se esté agitando los desechos orgánicos, pero la presencia del sulfuro de hidrógeno puede ser un aviso de que existe una situación potencialmente peligrosa.

El amoníaco está presente en todas las operaciones porcinas. Las concentraciones pueden llegar a ser tan altas como 100 ppm. Cuando llegan a 50 ppm, el amoníaco puede comenzar a reducir la habilidad de los cerdos para eliminar las bacterias de sus pulmones. Si las concentraciones sobrepasan 75 ppm deprimen la tasa de crecimiento de los cerdos saludables.<sup>16</sup>

El dióxido de carbono proviene fundamentalmente de la respiración de los animales, aunque en parte también puede tener su origen en la degradación de los ácidos orgánicos. Constituye entre el 30 y el 60% de los gases presentes en la estabilización anaeróbica de los desechos orgánicos. No es un gas altamente tóxico, sin embargo puede provocar la asfixia de los animales ya que desplaza al oxígeno del aire. Por encima del 4% puede correr peligro la salud de los animales y el hombre.

Hay que mantener una concentración por debajo del 0,2% (2000 ppm), su concentración en la atmósfera es de 0,03%. No conviene sobrepasar el límite de 3000 ppm.<sup>17</sup>

Existen dos formas de controlar la contaminación del aire de las granjas porcinas:

- La prevención y la dilución.
- El manejo de los desperdicios y la higiene

Estos factores son fundamentales en cualquier programa diseñado para prevenir la contaminación del aire. También es indispensable un buen sistema de distribución de los alimentos cuando se intenta mejorar la calidad del aire dentro de las instalaciones porcinas.

La mejor forma de eliminar los contaminantes es a través de la ventilación. Cada galpón tiene una tasa de intercambio de aire que eliminará todos los agentes infecciosos.

---

<sup>16</sup> Artículo publicado en: <http://www.pcca.com.ve/vp/articulos/e33a5.htm>

<sup>17</sup> Artículo publicado en Internet por:  
Universidad de Murcia. Campus de Espinardo

Una manera de tratar de diluir los contaminantes, sin necesidad de mover enormes cantidades de aire por todo el galpón, es tener los techos bastante altos, de manera que haya más cantidad de aire para mezclar con los contaminantes.

Las bacterias y los virus transportados por el aire mueren más rápidamente cuando las temperaturas son altas. La luz solar también mata microbios. Desafortunadamente, incluso en galpones abiertos, muchos microbios quedan protegidos de los rayos ultravioleta de la luz solar.

#### **4.2 Control de gases y olores.**

Entre las prácticas de manejo que se pueden llevar a cabo para controlar los gases y mantener un ambiente saludable en el interior de las explotaciones porcinas se recomiendan las siguientes:

- Retirada periódica y frecuente de los desechos orgánicos de los corrales, evitando la descomposición del estiércol en los mismos. La frecuencia de evacuación de los corrales debe aumentarse en los meses más calurosos, ya que las altas temperaturas aceleran el proceso de descomposición.
- Diseñar un sistema de ventilación acorde con la densidad de animales presentes en un área específica y las condiciones climáticas de la zona (temperaturas extremas, vientos dominantes, etc.).
- Además, es conveniente llevar a cabo un plan de mantenimiento y revisión del mismo. Si fuese posible se debe tener un grupo electrógeno para situaciones de corte de fluido eléctrico, de tal manera que los ventiladores puedan seguir funcionando.

#### **4.3 Selección y ubicación de sensores.**

Se debe seleccionar siempre aquellos detectores del mercado que dispongan de garantías de calidad probada.

También hay que evitar la colocación del detector en un área donde la temperatura sea inferior a las recomendadas por el fabricante, en lugares donde la suciedad o el polvo puedan bloquear las rejillas del detector, en zonas húmedas o donde se puedan producir condensaciones de agua. Todas estas

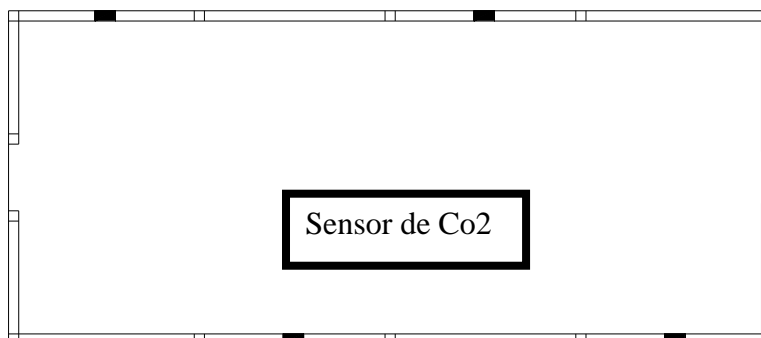
situaciones pueden causar el mal funcionamiento del detector, que se traduce en errores de medida.

Los sensores de gas no pueden ubicarse en lugares donde pueda verse afectada la medida por efectos externos.

En la ubicación de un sensor de gas debe considerarse la presencia de elementos externos que puedan influir en la medida del gas, produciendo falsas alarmas o ausencia de detección frente a alarmas reales. En este sentido, no debe instalarse el detector en los siguientes casos:

- Fuera del galpón.
- En un receptáculo cerrado o escondido.
- Cerca de una puerta o ventana.
- Cerca de un extractor de humos o campana extractora.
- En lugares donde la temperatura pueda alcanzar límites fuera de los recomendados por el fabricante.
- Donde la grasa, polvo o suciedad pudiese bloquear el sensor y disminuir su capacidad de detección.
- Lugares húmedos.
- Donde el elemento corra el riesgo de ser golpeado o dañado.

Considerando todos los criterios mencionados, la ubicación del sensor es en el centro del galpón, como se muestra en la Figura 4.1



**Figura 4.1 Ubicación de sensores**

Para la selección del sensor idóneo se considera en primera instancia los principales gases presentes dentro del proceso, los cuales son:

- Dióxido de carbono.
- Amoniaco.
- Sulfuro de hidrogeno.
- Metano.

De estos gases seria interesante monitorearlos todos, sin embargo por costos y disponibilidad en el mercado se opta por monitorear el dióxido de carbono, cabe señalar que al controlar un determinado gas, indirectamente se reducirá la concentración de los demás al ingresar aire fresco al galpón.

Se adquiere un sensor para Co<sub>2</sub> con las características mostradas en la tabla 4.1

**Tabla 4.1 Características sensor Co<sub>2</sub>**

Elemento sensor	infrarrojo
Rango	0 - 3000 ppm. Co <sub>2</sub>
Exactitud	± 2%
Voltaje de operación	24 Vdc.
Señal de salida	4 - 20 mA.
Temperatura de operación	-10 °C y sobre los 50 °C
Humedad relativa de operación	15 – 95 %

#### **4.4 Acondicionamiento de señales.**

Al conocer el sensor a usar, y sus características de salida, se selecciona el módulo de conexión directa SNAP – AIMA (entradas análogas de corriente de - 20 mA. a + 20 mA.) en la tabla 4.2 se muestran sus principales características y su hoja técnica se muestra en el anexo “K”

Una vez insertado el módulo en la tarjeta madre se procede a la configuración del mismo usando el software ioProject de opto 22 como se indicó en la sección 3.7.1 del capítulo anterior.

**Tabla 4.2 Características módulo SNAP – AIMA**

Rango de entrada	De -20mA a +20mA
Resolución	0.8 $\mu$ A
Exactitud	$\pm$ 0.05% ( $\pm$ 10 $\mu$ A)
Temperatura de operación	De 0 °C a 70 °C

#### **4.5 Control de la variable.**

Para el control de la variable se usará el sistema de ventilación usado para la regulación de la temperatura, es decir que los ventiladores arrancarán ya sea por temperatura o concentración de gases.

Como ya se indicó la programación se la realiza en bloques en los cuales el usuario determina parámetros de funcionamiento del sistema, para lo cual se agrega en el chart de programación para el control de temperatura bloques de programación para el control de gases, además se genera su respectiva interface visual para el monitoreo, todo esto considerando lo referente a programación indicado en el capítulo anterior, la interface visual para el monitoreo y control de Co<sub>2</sub> se muestran en el anexo “L” y la programación esta incluida en el anexo “H”

#### **4.6 Pruebas y resultados.**

En esta sección no se podrá tener resultados óptimos, ya que seria necesario tener el galpón lleno de cerdos por lo menos a un 50 % de su capacidad, sin embargo se puede tomar como referencia los datos de fábrica para la calibración del sensor, mostrados en la tabla 4.3

**Tabla 4.3 Características salida del sensor**

<b>Concentración</b>	<b>Salida</b>
0 ppm.	4 mA.
3000 ppm.	20 mA.

Considerando que el sensor tiene una salida lineal, según datos de fabricación.

Al no disponer de ningún analizador de gases o algún medio para contrastar el sensor de Co<sub>2</sub> instalado, se investiga sobre los niveles de Co<sub>2</sub> en la atmósfera.

Varios artículos publicados coinciden que los resultados de un sinnúmero de investigaciones; revelan que, los niveles de dióxido de carbono han aumentado de un promedio de 280 partes por millón (ppm.) hace dos siglos, antes de la revolución industrial, hasta un promedio de 380 ppm. hoy en día.<sup>18</sup>

Considerando que el valor mostrado en el párrafo anterior es un promedio que considera ciudades y campos por igual, se procede a tomar un promedio de estos valores y se establece que el aire en el sitio de construcción del galpón debe tener una concentración aproximada de 330 ppm, se calibra el sensor considerando este valor.

---

<sup>18</sup> Documento publicado en: <http://noticias24horas.buenosdiasplaneta.org/indice/20051127.html>



## CAPITULO V

### CONTROL DE DOSIFICACIÓN DE ALIMENTO Y PESO

#### 5.1 Introducción.

##### 5.1.1 Conceptos generales.

**Masa.-** La masa puede definirse como la cantidad de materia contenida en un cuerpo. No hay que confundir ésta con el peso del propio cuerpo, ya que este último varía de un lugar a otro del espacio según el campo de gravedad en el que se encuentra inmerso.

Estrictamente, la masa se refiere a dos conceptos:

- La masa inercial es una medida de la inercia de un objeto, que es la resistencia que ofrece a cambiar su estado de movimiento cuando se le aplica una fuerza.
- La masa gravitacional es una medida de la fuerza de interacción gravitatoria del objeto. Dentro del mismo campo gravitacional.

**Peso.-** Se denomina peso de un cuerpo a la fuerza que ejerce sobre dicho cuerpo la gravedad, dado que la intensidad de la gravedad varía según la posición: en los polos es igual a  $9,83 \text{ m/s}^2$ , en la línea ecuatorial es igual a  $9,79 \text{ m/s}^2$  y en latitud de  $45^\circ$  es igual a  $9.8 \text{ m/s}^2$ . El peso depende de la ubicación; si

no se especifica lo contrario, se entiende que se trata del peso provocado por una intensidad de gravedad definida como normal, de valor 9,81 m/s<sup>2</sup>.

## **Relación entre peso y masa**

A diferencia de la masa, el peso depende de la posición relativa del objeto o de su distancia a la Tierra, y de la aceleración con que se mueve. También depende del planeta u otro cuerpo masivo que actúa sobre el objeto.

En las proximidades de la Tierra, y mientras no haya una causa que lo impida, todos los objetos caen por gravedad, por lo que están sometidos a una fuerza constante, que es el peso.

Esta fuerza se puede expresar matemáticamente por la siguiente expresión:

$$P = m \times g \quad (5.1)$$

Donde:

- P = peso.
- m = masa.
- g = aceleración de la gravedad.

## **5.2 Diseño y construcción de la balanza.**

### **5.2.1 Introducción.**

Para medir la magnitud del peso se usan por lo general balanzas, de varios tipos, estas pueden ser mecánicas o electrónicas, siendo las últimas las más versátiles por su exactitud y mínimo mantenimiento.

Las balanzas electrónicas reciben la información de sensores de fuerza que pueden ser sensores piezoeléctricos, galgas extensiométricas, inclusive se puede usar sensores de presión, entre otros.

## 5.2.2

### Selección de sensores

Considerando la disponibilidad en el mercado y costo se selecciona un par de celdas de carga con galgas extensiométricas como sensores de fuerza para la construcción de la balanza.

**Celdas de carga.-** Son bloques de metal ( aluminio o acero ) de muy buena calidad al que se le practica incisiones, perforaciones o cortes en sitios específicos para debilitar un punto determinado de su estructura, añadiendo galgas extensiométricas que son insertadas en puntos estratégicos del bloque, entonces, al aplicar una fuerza se deforma de una manera conocida. Esta deformación se calcula por métodos como el de los elementos finitos y se usa como teoría para el cálculo de la "elasticidad lineal". A esta estructura combinada con galgas extensiométricas se le denomina "celda de carga".

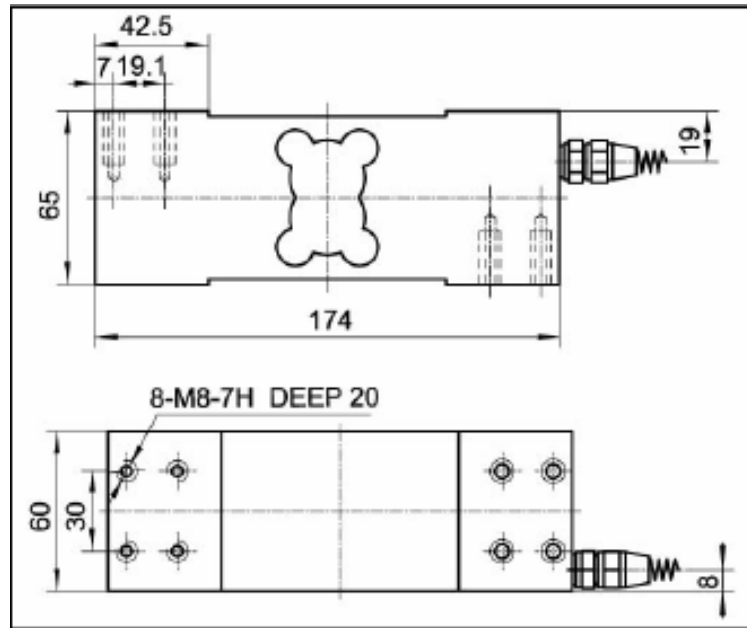
Entonces la celda al sufrir una deformación física o geométrica las galgas también lo hacen, transmitiendo una señal proporcional a la deformación, cabe indicar que las galgas van configuradas en un puente de Wheatstone.

Además es importante conocer que las celdas están diseñadas para una capacidad determinada, ya que al sobrepasar el límite máximo recomendado por el fabricante la deformación será permanente. Es decir el material pasa de la zona elástica a la plástica y quedará deformado, y la celda no regresará a sus condiciones iniciales, en la Figura 5.1 se muestra una celda de carga.



**Figura 5.1 Celda de carga**

La Figura 5.2 muestra la forma y dimensiones (en mm.) de las celdas usadas en la balanza, estas dimensiones son importantes para acoplar exactamente los pernos de soporte a la estructura fija y móvil de la balanza.



**Figura 5.2 Dimensiones y forma de la celda de carga**

En la tabla 5.1 se muestran los datos técnicos más importantes de las celdas seleccionadas.

**Tabla 5.1 Datos de las celdas de carga**

Capacidad	800 Kg.
Voltaje de entrada	10 Vdc
Voltaje de salida	2.0328 mV./V.
Voltaje Cero	-0.0069 mV./V.
Rango normal de temperatura	-10 a 80 °C
Sobrecarga máxima	50% de la capacidad
Resistencia de entrada	410 $\Omega$
Resistencia de salida	350 $\Omega$

Plataforma nominal por celda	(600 x 800) mm.
------------------------------	-----------------

Cabe señalar que la sobrecarga es del 50% de la capacidad nominal, no se puede pesar más de 1200 Kg. con este tipo de celda. Para casos fortuitos y por cortos periodos de tiempo puede soportar pesos puntuales de hasta 1200 kg., sin que la celda sufra deformaciones permanentes.

### 5.2.3 Diseño de la estructura para la balanza.

Las celdas de carga van montadas sobre una estructura metálica fija y sobre ellas esta acoplada otra estructura, respetando las recomendaciones del fabricante; en la Figura 5.3 se muestra el diseño de la estructura inferior para las celdas de carga.

En la Figura 5.4 se muestra el diseño de la estructura metálica que va sobre las celdas de carga, las dos estructuras son de 600 x 1600 mm.

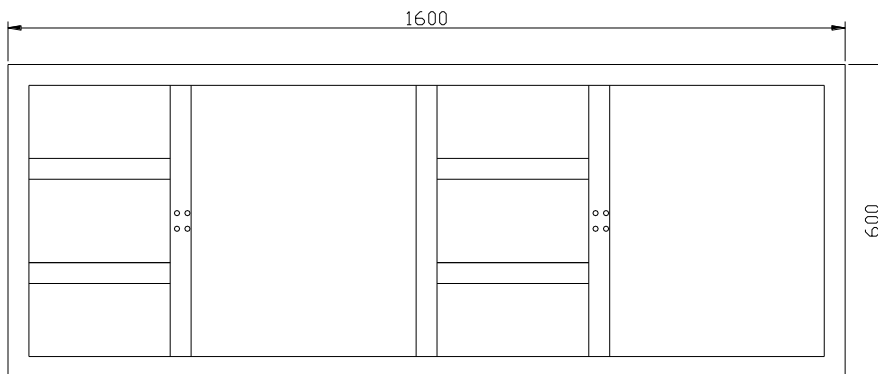
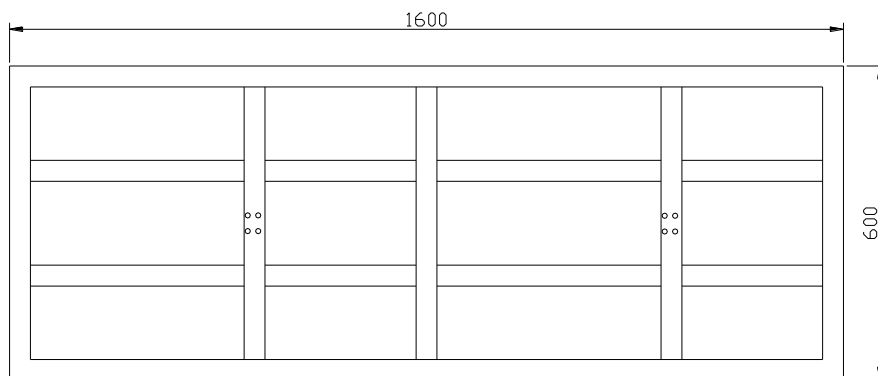
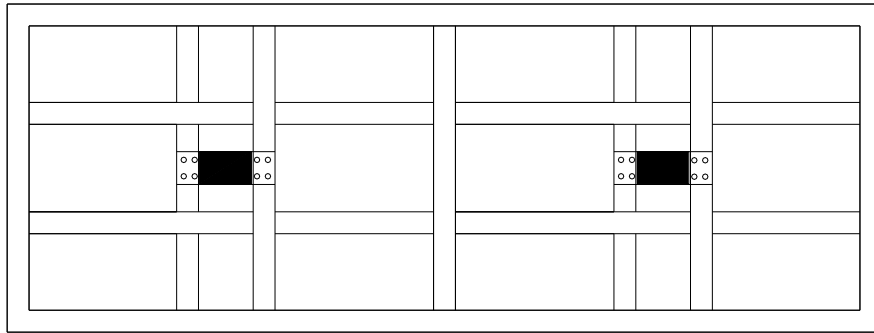


Figura 5.3 Estructura inferior de la balanza



**Figura 5.4 Estructura superior de la balanza**

En la Figura 5.5 se muestra la vista superior de las estructuras armadas con las dos celdas de carga en su respectivo sitio.



**Figura 5.5 Estructuras inferior y superior armadas**

Sobre la estructura ensamblada se coloca una plataforma de madera de superficie uniforme para cubrir, proteger las celdas de carga y habilitar el plano útil de pesaje.

#### **5.2.4 Adquisición de datos.**

Una vez ensamblada las estructuras y empotrada al piso se procede a realizar la selección del módulo de entradas análogas que permitirá realizar la adquisición de datos y el monitoreo del peso en tiempo real.

Se selecciona el módulo de conexión directa para celdas de carga SNAP AILC, (Anexo "M"). En la tabla 5.2 se puede ver las principales características del módulo para celdas de carga.

**Tabla 5.2 Datos SNAP AILC**

Sensibilidad	2 mV/V o 3mV/V
Voltaje de alimentación módulo	24 Vdc.
Voltaje de salida a las celdas	10 Vdc.
Corriente consumida por el módulo	120 mA.
Refrescamiento de datos	9 mS
Temperatura de operación	0 a 70 °C

Una vez instalado el módulo seleccionado en la ranura correspondiente de la tarjeta madre, se procede a su configuración con el programa ioControl de la misma manera que se lo realizó en la sección 3.7.1; recordando que el controlador ya fue configurado, solo se configura el nuevo hardware instalado.

Realizada la configuración pertinente y grabando los cambios, la estrategia esta lista para iniciar la programación correspondiente a la balanza, de la misma manera como se la realizó en la sección 3.7.2. En el anexo “N” se muestra el diagrama de bloques y su programación correspondiente.

Posteriormente se realiza la interfaz visual en el paquete ioDisplay; para esta aplicación no es necesaria ninguna configuración, puesto que al grabar los cambios realizados en el programa ioControl, todas las variables, entradas y salidas también estarán dispuestas en la interfaz ioDisplay; en esta se crean dos pantallas, la primera para visualizar el peso en tiempo real y la otra para proceder a la calibración de la balanza, recordando que las celdas de carga entregan una salida en milivoltios proporcional al peso, la calibración se la realiza por comparación con un peso patrón conocido.

Al conocer que, la densidad de un material es su peso por unidad de volumen y que la densidad del agua es 1; entonces, un litro de agua pesa 1 kg.

Tomando esta referencia se procede a calibrar la balanza usando agua como peso patrón.

En el anexo "O" se muestran las pantallas diseñadas para la visualización y calibración de la balanza.

### **5.3                                  Diseño y construcción de la dosificación de alimento.**

#### **5.3.1                                  Introducción.**

La alimentación es el principal factor económico en la producción porcina, puede llegar a representar entre el 70 y 80 % de los costos de producción de la granja. Es por eso que debe prestarse una atención especial a los programas de alimentación que permitan disminuir los gastos y aumentar los ingresos, para lograr que la producción de cerdos sea rentable.

Para cumplir el objetivo anterior se debe implementar un sistema de dosificación automática de alimentos en función a su peso corporal, para esta automatización existen varias opciones tales como:

**Mecanismos de dosificación manual.-** El dosificador de alimento esta diseñado manualmente para cubrir las necesidades de alimentación animal. Esta construido con materiales de primera calidad. Dispone de un sencillo sistema de apertura, con una capacidad de 7 Kg. de alimento, construido con material transparente para poder calibrar la cantidad de alimento a ser dosificada, de fácil manejo y limpieza.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> [www.Cavenco.com](http://www.Cavenco.com)

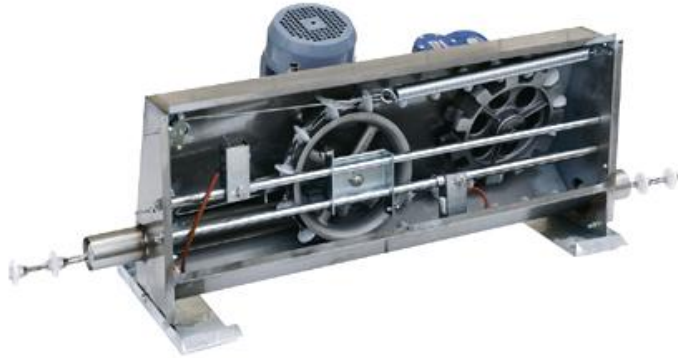


En la Figura 5.6 se muestra un sistema manual de dosificación, cabe señalar que el accionamiento es manual, pero el llenado es a través de un sistema de tubos y espirales de transporte



**Figura 5.6 Dosificador manual**

**Mecanismos de transporte de alimento por arrastre.-** Estas máquinas alimentan los dosificadores manuales a través de espirales con tubos de 45 mm. con capacidad de transporte de hasta 900Kg./h y con tubos de 60 mm. con capacidad de hasta 1600 Kg./h. Esta máquina de arrastre con chasis construido en acero inoxidable, poleas de arrastre de aluminio de regulación sencilla, se muestra en la Figura 5.7



**Figura 5.7 Máquina transportadora de alimento**

El sistema anterior es un sistema de dosificación de alimentos existente en el mercado, pero es costoso. Se puede automatizar aun más el sistema anterior, usando mecanismos actuadores tales como pistones neumáticos con electroválvulas controladas por un PLC o algún equipo de control, que elevaría aun más el costo del sistema de dosificación de alimento.

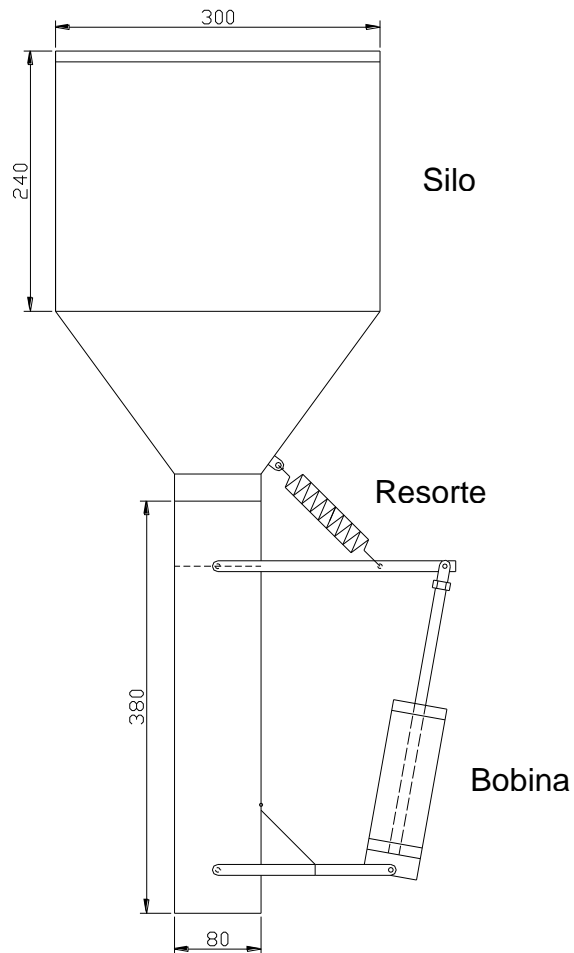
Considerando los casos de dosificadores analizados, se pretende construir un sistema de dosificación igual de efectivo, pero mucho más económico; como se detalla en los párrafos siguientes.

### **5.3.2**

#### **Dosificación automática de alimento.**

Tomando en cuenta los datos de peso, etapa de crecimiento del animal, consumo de alimento al día y ganancia diaria mostrados en la tabla 2.1 se determina la cantidad necesaria de alimento diario en función del peso, en el anexo "P" se muestran estos valores desglosados por etapas. Cabe indicar que en el mercado existen alimentos balanceados para cada etapa de crecimiento.

Considerando lo mencionado en párrafos anteriores se diseña un mecanismo de dosificación de alimento, en la Figura 5.8 se muestra el diseño de dicho mecanismo (medidas en mm.).



**Figura 5.8 Mecanismo de dosificación diseñado**

El mecanismo actuador es una bobina con núcleo de aire, empotrado en su interior en la parte central un núcleo de hierro móvil, su retorno al punto inicial es mediante un resorte, y el alimento del animal se dosifica al abrir una compuerta que es accionada mediante la bobina, la cantidad de alimento dosificado es directamente proporcional al tiempo en forma lineal.

Al construir la bobina con núcleo de aire hay que mantener uniformidad y orden en su elaboración para evitar amontonamientos de espiras, lo cual

disminuirá la eficiencia de la bobina, así como del espacio disponible para las demás espiras.

El ducto de dosificación de alimento que parte de la tolva no debe tener un diámetro menor a tres pulgadas, para entre otras cosas facilitar el ensamble de las piezas móviles del mecanismo dosificador.

En la tabla 5.3 se muestran los datos más importantes del mecanismo dosificador, construido en tol galvanizado para garantizar la pureza del alimento a colocarse en el depósito de almacenamiento.

**Tabla 5.3 Datos Mecanismo dosificador**

Diámetro de descarga	3 in.
Diámetro del núcleo de hierro	10 mm.
Diámetro del núcleo de aire	11 mm.
Diámetro externo de la bobina	40 mm.
Diámetro interno de la bobina	13 mm.
Longitud de la bobina	122 mm.
Número de espiras	4392
Calibre del conductor	25 A.W.G.

Al tener un canal disponible en el módulo de salidas SNAP – OACi, cuyas características se muestra en el Anexo “G”, se usa este canal para enviar a través de un relé, energía a la bobina que acciona el mecanismo dosificador.

Con el mecanismo y el hardware Opto 22 listo, se procede a crear un chart de programación, diseñado para dosificar el alimento en función al peso corporal del animal en un determinado corral, esta dosificación será realizada dos o tres veces al día; la hora y la cantidad de veces al día que se realiza la

descarga de alimento la determina el usuario en la pantalla de interfaz creada en ioDisplay.

Cabe señalar que el animal crecerá cada día un cierto valor, mostrado en la tabla 2.1 denominado ganancia diaria, tomando en cuenta que el alimento que necesita el cerdo va en función de su peso (Anexo "P") y considerando que el pesaje de los animales se lo realiza una vez cada 15 días, el programa esta diseñado para que tomando como referencia el pesaje inicial, cada día el programa considere el valor de la ganancia diaria, entonces se asegura que diariamente se ira incrementando la cantidad de alimento.

En el anexo "Q" se muestra el diagrama de bloques y la programación realizada para cumplir lo mencionado en el párrafo anterior, así como la pantalla diseñada, para la interacción del usuario con el proceso de dosificación; como se mencionó anteriormente el computador es tan solo un elemento de visualización e ingreso de datos, el proceso de control y monitoreo se desarrolla en el controlador.

#### **5.4 Pruebas y resultados.**

Previas las pruebas de la balanza se procede a su calibración usando agua como peso patrón, una vez calibrada siguiendo los pasos de calibración mostrados en el anexo "O", se procede a realizar pesajes continuos con pesos conocidos de hasta 30 Kg, con resultados satisfactorios.

Se debe tomar en cuenta que la tolerancia para balanzas industriales existentes en el mercado es de  $\pm 1$  Kg.

Al realizar las pruebas al mecanismo de dosificación de alimento, por experimentación se obtiene los datos mostrados en la tabla 5.4

**Tabla 5.4 Datos de capacidad del Mecanismo dosificador**

Capacidad de almacenamiento	20 Lbs.
Tiempo de descarga de 1 oz.	0.25 S.
Tiempo de descarga de 1 Lb.	4 S.

Con los datos obtenidos por experimentación del mecanismo dosificador se establece relaciones tiempo – volumen de alimento y se regulan o redefinen el valor de las constantes de las ecuaciones respectivas en la programación.

Se procede a realizar descargas aleatorias para varios pesos de animales, notando una tolerancia de hasta  $\pm 0.12$  Kg de alimento, que es una cantidad aceptable, considerando que como tolerancia máxima se aceptaría hasta  $\pm 0.2$  Kg.

Como se puede apreciar en la tabla 5.5 la diferencia entre el valor descargado versus el valor teórico no es muy grande, esta tolerancia es aceptable, y ocurre debido a que el alimento balanceado no tiene densidad uniforme y al tiempo de cierre y apertura de los contactos del relé usado para energizar la bobina de accionamiento.

Además se debe notar que para pesos pequeños la diferencia es de tan solo 0.01 Kg. a 0.05 Kg. que son valores muy pequeños, las diferencias mas grandes son evidentes para pesos sobre los 40 Kg. de peso vivo de cerdo, en la tabla 5.5 se muestran valores escogidos al azar para estas pruebas.

**Tabla 5.5 Pruebas de dosificación**

Peso vivo del cerdo (Kg.)	Alimento teórico (Kg.)	Alimento descargado (Kg.)	Diferencia: teórico / descargado (Kg.)
8	0.24	0.25	0.01
23	0.82	0.87	0.05
42	1.46	1.58	0.12

78	2.45	2.55	0.1
106	3.15	3.23	0.08

En conclusión, se obtiene resultados satisfactorios en las pruebas efectuadas a la balanza y mecanismo dosificador de alimento.

## 5.5 Análisis Tecnología Opto22 Vs. National Instruments.

### 5.5.1 Hardware.

Previa cotización realizada en NI (National Instruments) Anexo "R" para las necesidades del proyecto se tiene:

#### Controladores.

- Controlador NI cFP (compact Field Point)
- Controlador Opto22 SNAP PAC – R1

En la tabla 5.6 se muestran los datos más importantes de comparación.

**Tabla 5.6 Comparación controladores**

<b>Fabricante</b>	<b>NI</b>	<b>OPTO 22</b>
<b>Modelo</b>	<b>cFP</b>	<b>PAC – R1</b>
Memoria	64 MB expandible	26MB
Puertos Serial	1	1
Puertos Ethernet	1	2
Voltaje de alimentación	24 V.	5 V.
Software	LabVIEW	ioProject

Calendario y reloj en tiempo real	si	si
<b>Costo + IVA</b>	<b>1767.36 \$</b>	<b>994.75 \$</b>

Como se observa en la tabla 5.6 la ventaja del controlador cFP es su capacidad expandible de memoria.

Sin embargo los programas descargados en el controlador PAC – R1 son muy pequeños, por ejemplo la estrategia de control para todo el proyecto ocupa un espacio de 417 KB aproximadamente, por lo contrario un proyecto de tan solo una banda transportadora realizada con NI ocupa un espacio aproximado de 460 KB.

Además el precio del controlador de NI supera en un 77.66% el precio del controlador de Opto22

### **Tarjeta Madre.**

- NI cFP – BP – 8 Backplane
- Opto22 SNAP – M32

En la tabla 5.7 se indican los datos más importantes.

**Tabla 5.7 Comparación Tarjetas madre**

<b>Fabricante</b>	<b>NI</b>	<b>OPTO 22</b>
<b>Modelo</b>	<b>cFP – BP – 8</b>	<b>SNAP – M32</b>
Número de módulos acoplables	8	8
<b>Costo + IVA</b>	<b>739.2 \$</b>	<b>166.75 \$</b>



Lo más destacable es la diferencia de precio, NI es 343.29 % mas caro que Opto22, los dos pueden acoplar una capacidad máxima de 8 módulos de entrada o salida análogos o digitales.

### **Módulo de entradas análogas para RTD.**

- NI cFP – RTD – 124
- Opto22 SNAP – AIRTD

En la tabla 5.8 se presentan los datos más importantes de comparación.

**Tabla 5.8 Comparación módulos entradas análogas RTD**

<b>Fabricante</b>	<b>NI</b>	<b>OPTO 22</b>
<b>Modelo</b>	<b>cFP – RTD – 124</b>	<b>SNAP – IRTD</b>
Número de canales	8	2
<b>Costo + IVA</b>	<b>631.68 \$</b>	<b>224.25 \$</b>

Observando la comparación se nota que; la ventaja de los equipos NI, es que dispone de ocho canales, en cambio el modulo de Opto 22 tiene dos; sin embargo, Opto 22 tiene módulos de cuatro canales un poco más costosos que los de dos, dicho modulo cuesta 281.75 USD, es decir para conseguir ocho canales con equipos Opto 22 se puede comprar 2 módulos de cuatro canales; cada uno, con un costo final de 563.5 USD (incluido iva.). Por lo tanto se concluye que aun sigue siendo más económico los equipos Opto 22.

### **Módulo de entradas análogas para celdas de carga.**

- NI cFP – SG – 140
- Opto22 SNAP – AILC

En la tabla 5.9 se presentan los datos más importantes para su análisis.

**Tabla 5.9 Comparación módulos entradas análogas celdas de carga**

<b>Fabricante</b>	<b>NI</b>	<b>OPTO 22</b>
<b>Modelo</b>	<b>cFP – SG – 140</b>	<b>SNAP – AILC</b>
Número de canales	8	2
<b>Costo + IVA</b>	<b>880.32 \$</b>	<b>316.25 \$</b>

Analizando las características de los módulos en mención, el equipo de NI supera al de Opto 22 por tener ocho canales disponibles, en cambio el modulo SNAP – AILC de Opto 22 tiene solo dos canales, para obtener ocho canales con equipos Opto 22 se debería adquirir cuatro módulos SNAP – AILC, lo que implica que el costo de equipos Opto 22 es más elevado que el modulo cFP – SG – 140 de NI.

#### **Módulo de salidas digitales.**

- NI cFP – RLY – 421
- Opto22 SNAP – OAC5i

En la tabla 5.10 se exponen los datos más importantes para su comparación.

**Tabla 5.10 Comparación módulo de salidas digitales**

<b>Fabricante</b>	<b>NI</b>	<b>OPTO 22</b>
<b>Modelo</b>	<b>cFP – RLY – 421</b>	<b>SNAP – OAC5i</b>
Número de canales	8	4
Tipo de canales	Salida de relé SPST NA	Ópticamente aislados
I Nominal por canal	1.5 A	1A
<b>Costo + IVA</b>	<b>369.6 \$</b>	<b>48.3 \$</b>

Como se aprecia en la tabla anterior lo más destacable es el costo de los módulos, con el costo del modulo de NI, se podría comprar siete módulos SNAP – OAC5i de Opto 22, lo que implica que se tendría veintiocho canales disponibles, superando los ocho disponibles en el modulo de NI.

### 5.5.2 Software.

Los dispositivos y/o equipos de NI (National Instruments) trabaja con el software LabVIEW, mientras que los dispositivos y/o equipos de Opto22 trabajan con el software ioProject, en la tabla 5.11 se pueden observar sus principales características

**Tabla 5.11 Comparación Software**

<b>Software</b>	<b>LabVIEW Pro Prof. tools</b>	<b>ioProject Basic</b>	<b>ioProject Professional</b>
Sistema operativo	Windows 2000/NT/XP	Windows 2000/NT/XP	Windows 2000/NT/XP
Paquete adicional	LabVIEW 7.1 Real-time module (ETS)	-----	-----
<b>Costo + IVA</b>	<b>8117.76 \$</b>	<b>Gratis</b>	<b>999 \$</b>

Es importante destacar que toda la programación del proyecto se la realizó con la versión básica del software ioProject Basic, para demostrar su funcionalidad, la diferencia entre la versión básica y la profesional de ioProject es que en la versión básica se limitan algunos comandos como: el generador de pulsos, el uso de los dos puertos Ethernet, etc.

Como se observa en la tabla de comparación 5.10, la diferencia de precios es muy alta comparando el software de NI con la versión profesional de Opto22, claro está que la interfaz gráfica del software de NI es más poderosa

que el de Opto22, pero al final los dos realizan adquisición de datos, monitoreo y control en tiempo real.

Además cabe indicar que los antiguos Field-Point de NI trabajaban con el computador encendido, es decir que el software instalado era el que hacía las labores de control, la nueva versión, el Compact Field-Point ya trabaja en forma autónoma al igual que los equipos Opto22 que trabajan sin la influencia directa del computador como se mencionó en capítulos anteriores.

Finalmente los costos totales de equipos de Opto 22 usados para el desarrollo de el proyecto y los cotizados con NI se muestran en la tabla 5.12.

**Tabla 5.12 Costos Totales**

<b>Fabricante</b>	<b>NI</b>	<b>OPTO 22</b>
<b>Costo + IVA (USD)</b>	<b>14911.68</b>	<b>2037.3</b>

Estos valores no incluyen sensores, fuentes de energía, accesorios, etc.