

---

---

## **CAPÍTULO I**

**Sistemas de Control Distribuido (SCD).**

---

---



## 1.1 **Sistemas de Control.**

Un sistema es un ente cuya función es la de recibir acciones externas llamadas variables de entrada que a su vez provocan una o varias reacciones como respuesta llamadas variables de salida, en la figura 1.1 se aprecia de manera esquemática la arquitectura básica de un Sistema. Las acciones que se ejercen en el exterior del sistema se dividen principalmente en dos grupos:

- *Variables de Control.* Se pueden manipular o regular.
- *Perturbaciones.* No es posible tener ningún tipo de control sobre ellas.

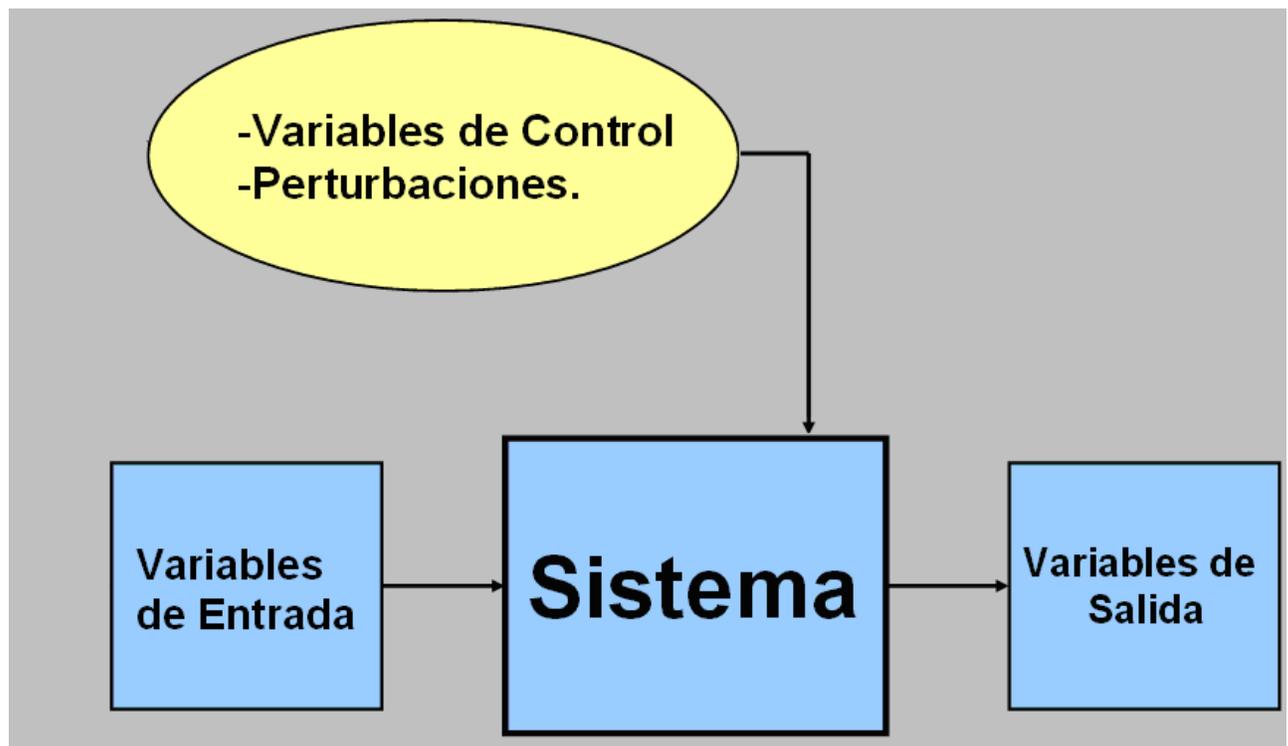


Figura 1.1. Arquitectura básica de un sistema.



Un Sistema de Control es un conjunto de componentes o dispositivos que son capaces de regular su propia conducta y/o la de otro sistema diferente con el fin de obtener un funcionamiento predeterminado, a modo de reducir las probables fallas en un proceso. Este funcionamiento predeterminado se logra mediante la manipulación de las variables de control para tener dominio sobre las variables de salida, de modo que éstas almacenen unos valores prefijados y se generen los resultados esperados.

Un sistema de control cumple con los siguientes lineamientos:

- Garantizar estabilidad y ser insensible a perturbaciones y errores.
- Ser eficiente tomando como base que la acción de control sobre las variables de entrada es manipulable para evitar comportamientos indeseables en el sistema.
- Fácil implementación y operación en tiempo real.

Los sistemas de control que mantienen una relación estrecha entre su salida y su entrada de referencia y que usan la diferencia como el medio de control se les denomina como *sistema de control de lazo cerrado*; los sistemas de control en los cuales no existe tal relación, es decir, cuando la salida no afecta la acción del control sobre el sistema, se denominan *sistemas de control de lazo abierto*.

- *Sistemas de control de lazo abierto*. Son los sistemas en los que la variable de salida no tiene efecto sobre el proceso de control, es decir, no existe una retroalimentación de la salida hacia el controlador para regular su comportamiento. La figura 1.2 muestra un diagrama típico de un control de lazo abierto.

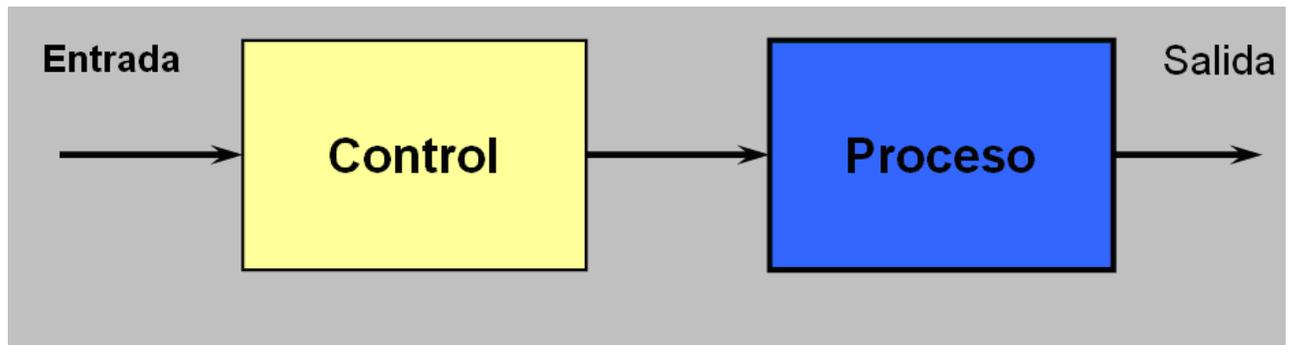


Figura 1.2. Ejemplo de un sistema de control de lazo abierto.

- *Sistemas de control de lazo cerrado.* También son llamados sistemas de control con retroalimentación. En estos sistemas la acción de control está directamente relacionada con la señal de salida, usan la retroalimentación desde esta señal para regular la acción del controlador, se alimenta al controlador con la señal de error de actuación (que es la diferencia entre la señal a la entrada y la salida de retroalimentación) para erradicar en lo posible el error y orientar la señal de salida al valor esperado más conveniente. La figura 1.3 ilustra la arquitectura típica de un control de lazo cerrado.

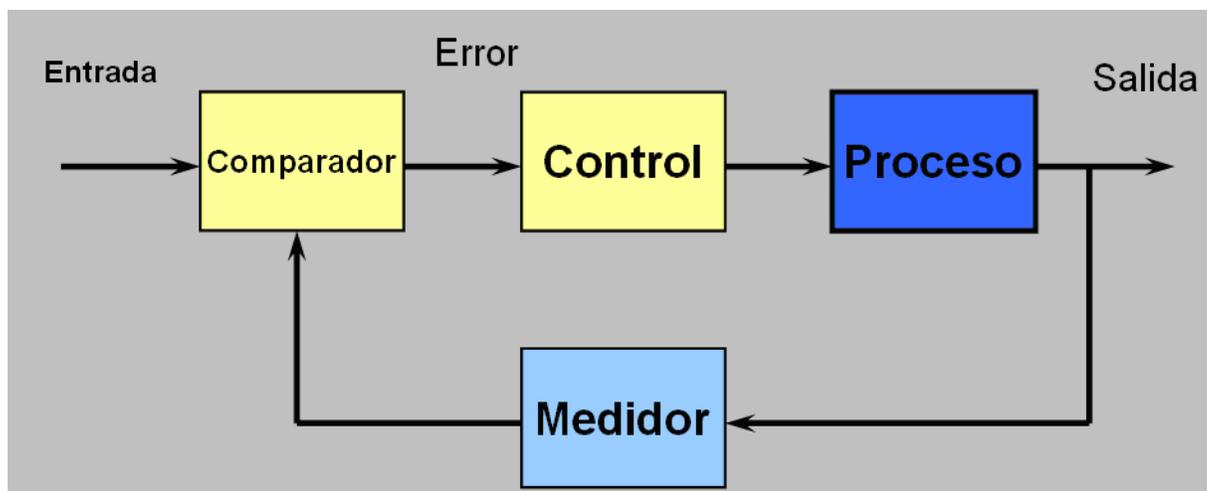
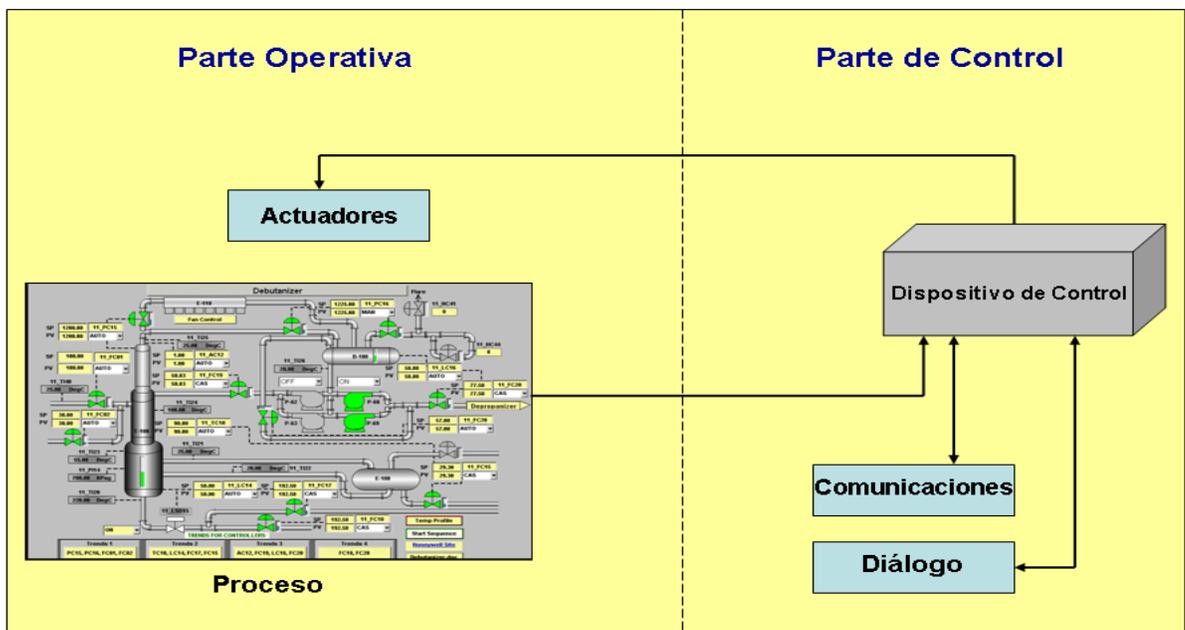


Figura 1.3. Ejemplo de un sistema de control de lazo cerrado.



## 1.2 Los Sistemas de Control para Procesos Industriales.

Los Sistemas de Control para Procesos Industriales en general se diseñan como controles de gran escala que a su vez son complejos. En la figura 1.4 se muestra la arquitectura general de este tipo de control. En ella se observa de manera clara la existencia de dos principales módulos, parte operativa y parte de control. En el primero de ellos (lado izquierdo) se cuenta con los dispositivos correspondientes al hardware y al software del sistema de control cuya función es la de brindar la información necesaria para realizar las operaciones del proceso auxiliado por una interfase hacia el operador.



**Figura 1.4. Arquitectura general de un sistema de control para un proceso industrial.**

A la derecha (parte de control) en la figura 1.4 se cuentan los dispositivos de control que ejecutarán las acciones indicadas por el módulo de la parte operativa.



A continuación se muestran las dos arquitecturas más utilizadas en el diseño de control industrial, existen algunas otras cuya topología se deriva básicamente de la combinación de estas mismas de acuerdo a los requerimientos del sistema. La figura 1.5 muestra la arquitectura básica de un *Control Centralizado*, este tipo de arquitectura se encuentra constituido por una computadora o una estación de operación, que figura como la interfaz entre el operador y el sistema, su mayor cualidad es la de facilitar el flujo de información debido a su topología haciendo posible que los resultados esperados del sistema puedan ser obtenidos.

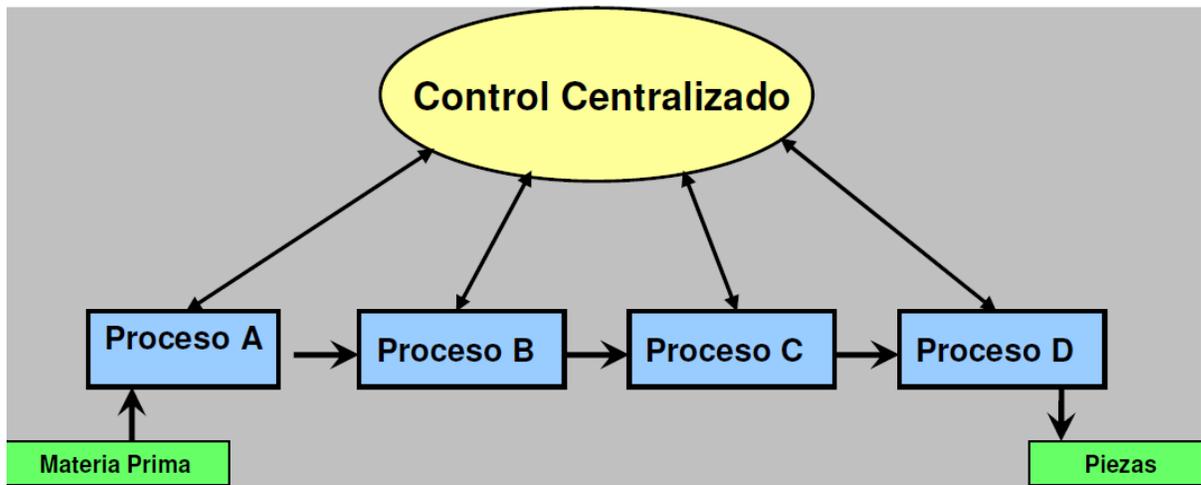


Figura 1.5. Arquitectura básica de un control centralizado.

La segunda topología connotada por el concepto de *SCADA*, cuyas siglas significan **Supervisory Control and Data Acquisition (Adquisición de Datos y Control de Supervisión)**, se trata de un sistema que se basa usualmente en una computadora que le permite supervisar, gestionar alarmas, procesar datos y realizar el control a distancia de una instalación de cualquier tipo, tal y como se observa de manera esquemática en la figura 1.6. Existen sistemas SCADA de control automático, aunque en realidad su verdadera función radica en el monitoreo del proceso mientras un operador comanda instrucciones de control, todo en tiempo real, su comunicación se lleva a cabo por medio de redes de características especiales o las tipo LAN.

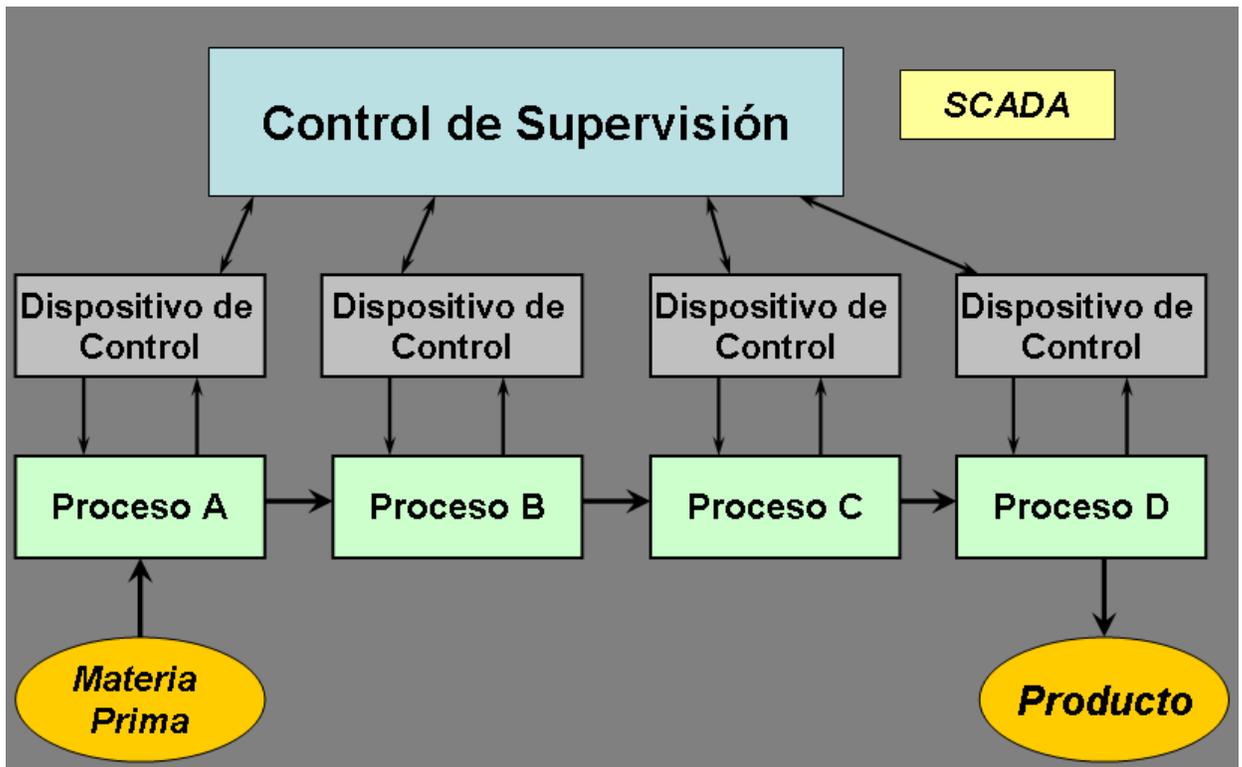


Figura 1.6. Arquitectura general de un sistema SCADA.

### 1.3 *Sistemas de Control Distribuido (SCD).*

Un Sistema de Control Distribuido (SCD) es aquel que usualmente se refiere a procesos de manufactura, de grandes industrias o cualquier tipo de Sistema Dinámico, son fundamentalmente aquellos que operan en tiempo continuo y en el que los elementos de control no se encuentran centralizados en una locación específica, sino que se encuentran instalados a través de todo el sistema, en donde cada componente o subsistema es controlado por uno o más controladores, con el fin de utilizar uno de ellos para uno o más lazos de regulación en el propio sistema. Usualmente se emplea un solo canal de alta velocidad que también los monitorea y lleva a cabo el control integral de toda la infraestructura, los SCD se caracterizan por este atributo informático cuya estructura presenta una jerarquización muy marcada.



Estos sistemas aportan diversas ventajas con respecto a otros ya que se desarrollan y diseñan a base de módulos seccionados que bien, pueden ser de hardware o de software que simplifica un cambio interno en su arquitectura y facilita la ubicación de fallas o averías, cuentan con un amplio campo de algoritmos de regulación o control, que generalmente, son seleccionables por medio de menús y también son de fácil mantenimiento.

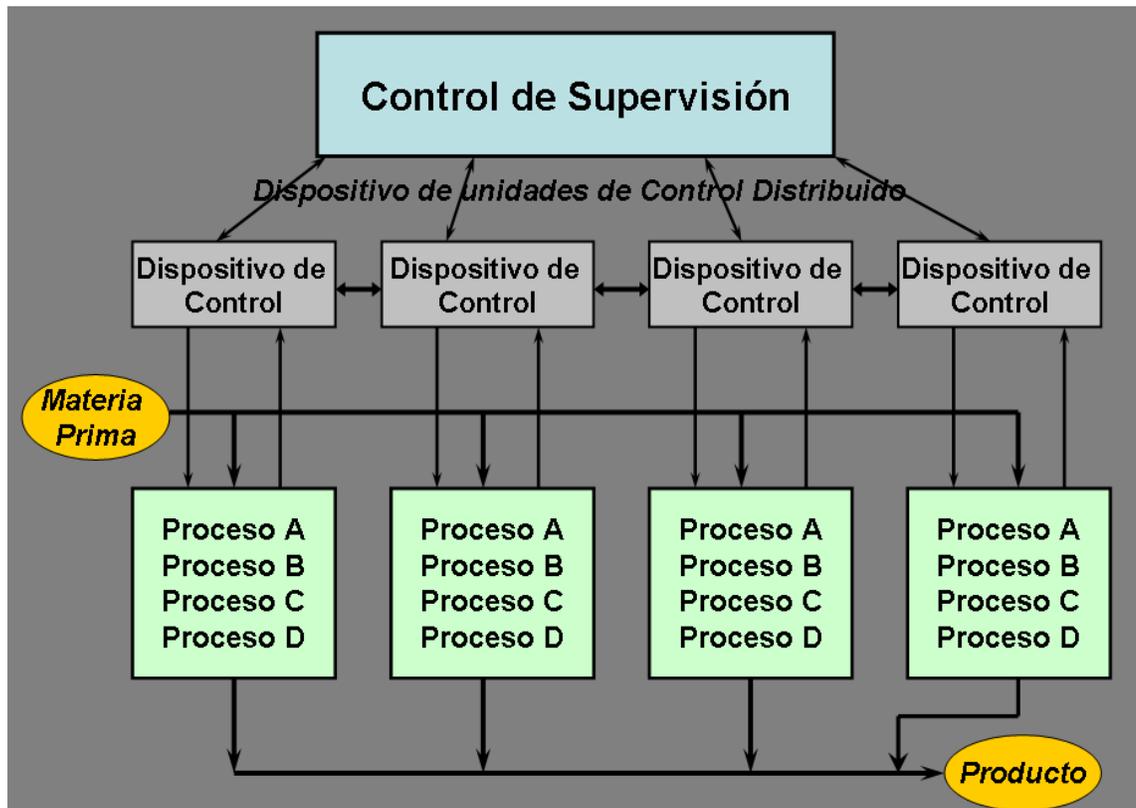


Figura 1.7. Arquitectura básica de un SCD.

La figura 1.7 muestra la arquitectura básica de un SCD, se trata de una topología similar a la de un sistema SCADA, tal como ya se ha mencionado anteriormente. Existen varias unidades de control comunicadas entre sí que realizan las tareas del sistema, de esta forma, en caso de alguna falla dentro del sistema será posible la transmisión de la ejecución de las tareas correspondientes a otro controlador, con esto se logra evitar que



una sola falla afecte el proceso completo en una planta. Como se mencionó anteriormente, los SCD se definen por una estructura jerarquizada de niveles de comunicación. En la figura 1.8 se presenta dicha clasificación correspondiente a las redes de tipo industrial, que van de acuerdo a las condiciones de instalación y se exponen diferentes niveles de comunicación. Se detecta la presencia de dos tipos de redes, las de control, y las de datos que están ligadas a las partes altas de la jerarquía y que se orientan al transporte de grandes cantidades de datos, en las redes de control, el flujo de datos es directamente dependiente de los eventos externos que están siendo controlados y/o monitoreados a través de los diferentes nodos que lo integran.

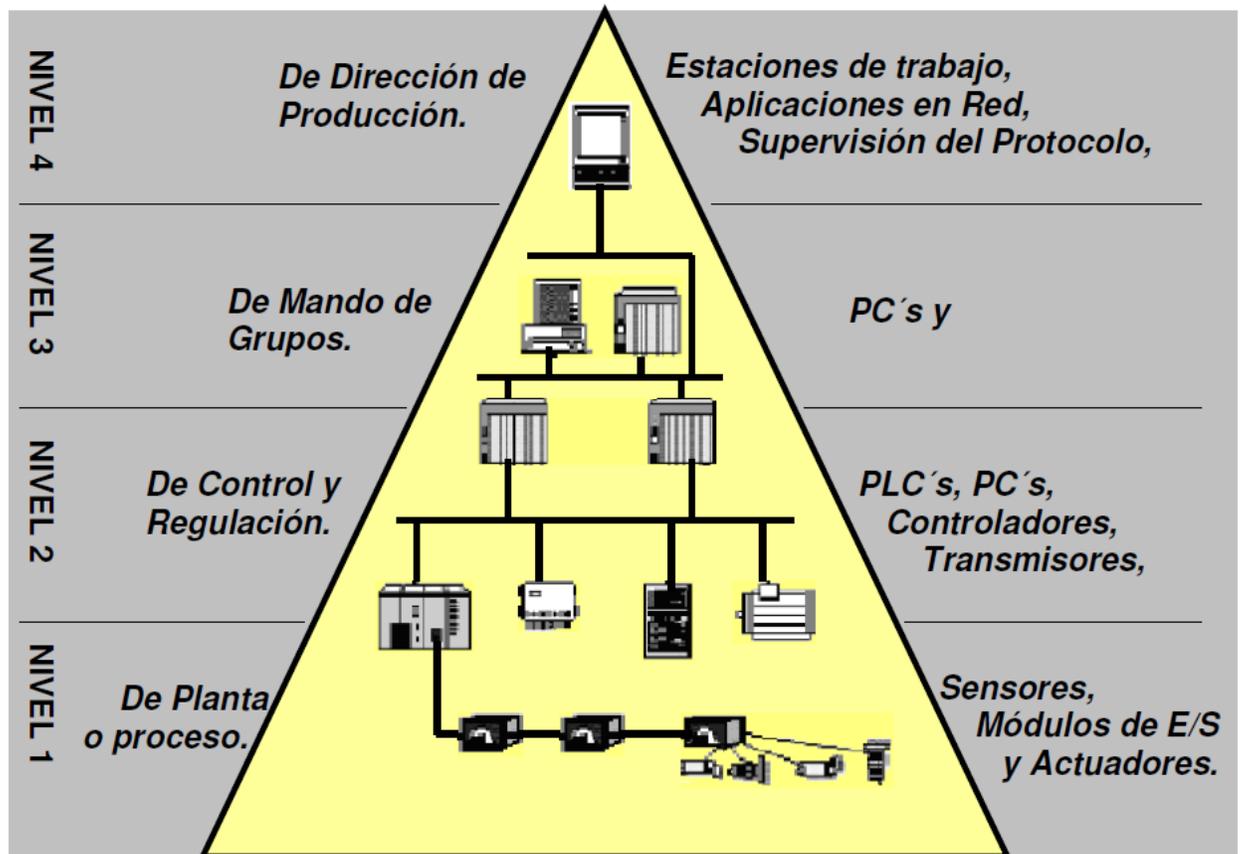


Figura 1.8. Jerarquía entre los niveles de comunicación.



---

---

Se describen a continuación los niveles jerarquizados de comunicación:

- *Nivel de Dirección de la Producción.*- Es donde se definen las estrategias de producción de acuerdo a las necesidades del mercado y también se formulan previsiones de producción a largo plazo.
  
- *Nivel de Mando de Grupos.*- En este nivel se sitúa la interfaz del ingeniero que facilita la coordinación de las diferentes células del nivel inferior y al mismo tiempo controla y monitorea toda el área. De esta manera permite al usuario tener una amplia y clara visión de lo que sucede en la planta.
  
- *Nivel de Control y Regulación.*- Es el nivel donde se encuentra la interfaz de las operaciones de cada uno de los procesos controlados.
  
- *Nivel de Planta o de Proceso.*- Se encuentra físicamente en contacto directo con el entorno a controlar.

Un bloque de suma importancia dentro de un SCD se refiere a las estaciones de trabajo. Éstas pueden ser operadas por medio de computadoras personales o PC's de tipo Industrial, dicha operación de trabajo debe contar con una plataforma gráfica para el usuario cuyo propósito es mejorarlo para facilitar su uso y desempeño de operación del proceso en una planta.

En general una estación de operación dispone de:

- Una operación transparente gracias a una jerarquía informática bien definida.
  
- Funciones específicas asignadas a teclas de dispositivos periféricos a la PC.



- Diversidad de pantallas prediseñadas.
- Un control que proporcione la opción de accesos a pantallas de manera dinámica.
- Funciones externas que permitan acceso a información adicional tales como documentación, videos, procedimientos operacionales, etc.
- Una rápida selección de parámetros de medición para los casos de alarmas.
- Un concepto uniforme de mensajes de alarmas y una pantalla bien organizada que muestre dichos eventos.
- Diversos perfiles de usuarios.
- Registros de acciones del operador.
- Diagnósticos del sistema que se está operando, incluyendo los dispositivos de campo.
- Opción de operación en varias pantallas.
- Desplegados gráficos que usualmente son propios de la planta.

*Pantallas específicas para una planta.*- En una estación de trabajo pueden configurarse pantallas específicas de la planta, adaptadas a las necesidades particulares de los operadores y que los ayuden a crear actividades de proceso fácilmente. Estas pantallas



---

---

por lo general se realizan por medio de editores gráficos adecuados a las condiciones de la planta, los parámetros del proceso pueden ser animados dinámicamente por medio de gráficas. Las pantallas prediseñadas se deben adaptar a la ingeniería de control del proceso en relación estrecha con la estructura e información contenida. La mayoría de las funciones deben contar con pantallas totalmente preparadas para la operación y el monitoreo de los procesos. La estación de operación debe contar con una *Pantalla de Vista General*, en la cual se presenta la información del proceso para la planta completa, esto ofrece la ventaja de seleccionar las diversas pantallas específicas de cada proceso. Los desplegados gráficos de las pantallas de vista general deben mostrar la actualización dinámica de puntos del proceso y deben permitir que los disturbios dentro del mismo sean fácilmente detectables, en ocasiones con pantallas emergentes.

#### **1.4      *Aplicación de los SCD.***

Los Sistemas de Control hoy en día, son de suma importancia para llevar a cabo la administración de la producción de procesos industriales. La automatización de los procesos está directamente ligada a los estándares de productividad, las plantas Industriales están compuestas por sistemas complejos de grandes dimensiones y cuyas necesidades de automatización son críticamente demandantes. Tal como se ha mencionado, los SCD están especialmente diseñados para realizar la supervisión de los diversos procesos desarrollados en las plantas, permitiendo al operador disponer de la información proveniente de distintos puntos del sistema. A su vez, este último dispone de módulos de software para la resolución de problemas particulares dentro de la planta, éstos pueden ser: el cálculo de rendimientos, de consumos o incluso módulos de mantenimiento. Los SCD se han vuelto en este sentido una parte medular de la operación de plantas por dedicarse a controlar los procesos de fabricación que son continuos, por ejemplo, la refinación del petróleo, los productos petroquímicos, la generación de energía, los productos farmacéuticos y alimenticios, las industrias papeleras, etc., donde la



operación se traduce en grandes volúmenes de producción que se realiza por medio de diversas zonas de trabajo con sus respectivos subsistemas asociados y que deben ser automatizados por dispositivos de control.

En este sentido, el aspecto que complica en cierta medida la administración de estos sistemas en una planta, radica en la necesidad cambiante de una adaptación del sistema de control con respecto a las demandas de la producción, las variaciones de calidad del producto debido a los materiales utilizados, por ejemplo, determinan los estándares de calidad y de demanda de operación del sistema y en consecuencia la administración de su control, además del hecho conceptual de integrar los diversos subsistemas con los demás procesos parcialmente individuales de la planta, lo que implica que todos estos subsistemas integrados deban coordinar todos los procesos de la producción.

En la industria dedicada al gas y petróleo, por ejemplo, particularmente en las estaciones de desgasificación remotas, cuya operación es usualmente autónoma, deben estar equipadas con diversos controles y terminales que eventualmente realizan la transferencia de datos, status de los equipos y reportes de alarmas a la estación de trabajo y son reportadas al operador por medio de una pantalla predeterminada para una falla, si esta ocurre.

Para el caso de las plantas de generación de energía, en la misma instalación la mayoría de las veces existen diferentes subsistemas, aire, gas, combustión, agua, vapor, turbinas, enfriamiento, además de diversos subsistemas de generación que deben ser monitoreados y controlados para garantizar la operación del sistema. Es por eso que los SCD se convierten en una elección muy conveniente para desarrollar proyectos de control de plantas industriales.



**Figura 1.9. Planta de producción de biocombustibles.**

Otro ejemplo claro se presenta en el desarrollo de una planta de producción de biocombustibles. En la figura 1.9 se muestra una fotografía de una planta de producción de biocombustibles, en este tipo de complejos es necesario, al igual que otros tipos de complejos similares, llevar a cabo el control y la supervisión de miles de variables con un elevado nivel de confiabilidad y seguridad. Se elige a los SCD ya que distribuyen todas las variables del proceso que existen en este tipo de plantas entre diversos controladores con gran capacidad de procesamiento y capaces de enviar a la estación de monitoreo toda la información procesada por los mismos controladores en tiempo real, con lo cual se asegura la operación de la planta de forma eficiente.