

## II. ANTECEDENTES

### A. Capacidad

Al considerar el diseño de una planta nueva o el nuevo diseño o expansión de un sistema ya existente, se requiere una decisión de alto nivel acerca de la capacidad del diseño. No basta simplemente con examinar las ventas anuales de varios productos, porque el patrón de las ventas puede mostrar fluctuaciones estacionales. Si el diseño se basa en la curva actual de ventas, los inventarios se reducirán al mínimo pero la fuerza de trabajo y la capacidad de los equipos fluctuarán y se dará el fenómeno de capacidad ociosa en todo tiempo fuera de periodos de producción máxima. Si se adopta un nivel intermedio se tiende a estabilizar los niveles de empleo, se utilizarán mejor las instalaciones de la planta pero será necesario acumular inventarios para satisfacer el máximo de venta. Se debe enfocar el problema como un problema de programación en que la capacidad productiva se asigna a períodos de operación, reduciendo al mínimo los costos combinados de la inversión en planta, de los inventarios y de la rotación (Buffa, 1992).

Por otra parte se debe considerar la capacidad futura del diseño, para que al pasar al siguiente nivel no se requiera la compra de equipos en que ya se tiene capacidad ociosa. Cuando aumenta la capacidad de acuerdo con algún pronóstico de las necesidades futuras, es común adquirir equipo sólo para las necesidades actuales y proveer espacio dentro del edificio y la distribución para el equipo adicional cuando resulte necesario. Así pues, se planea para una capacidad futura, pero sólo se incurre en costos fijos adicionales por concepto del edificio y se podrán integrar las máquinas al sistema sin necesidad de una redistribución. Se puede justificar algún espacio adicional si se considera que el espacio que se añade más tarde resultará más caro por metro cuadrado porque habrá que derribar algunas paredes, hacer algunas puertas que comuniquen con el espacio nuevo, etc. (ibid.).

Otro aspecto a considerar es el efecto de la maquila y los turnos múltiples en la capacidad, esto se refiere, más que todo a la forma en que se deben satisfacer las necesidades de capacidad. No hay una sola respuesta a la cuestión del número de turnos, porque la importancia relativa de los costos de la inversión en edificios y equipo y los costos de la mano de obra varían de una industria a otra. Cada situación requiere de un análisis económico. En general, en las industrias que tienen inversiones muy grandes en edificios y equipo por trabajador como las del acero, las de productos químicos y las refinerías de petróleo, resultan más convenientes los turnos múltiples; en las industrias que tienen inversiones moderadas o bajas por trabajador se encuentra que las tasas de premio contrarrestan con creces el ahorro de la inversión que se logra con los turnos múltiples (ibid.).

Cuando una empresa trabaja productos muy diversos no se puede medir la capacidad en términos de la producción obtenida, aquí la capacidad se debe expresar en términos más generales. Las unidades que suelen utilizar son las horas disponibles de diversos tipos de máquinas por día, semana o mes. Esta posibilidad de producción es una buena medida general de la capacidad para el diseño de la planta, porque es posible hacer con facilidad la conversión a una capacidad física equivalente respecto del número de máquinas que se requiere. El número de máquinas de varios tipos que se requiere es el dato con que finalmente se trabaja al elaborar una distribución interna. Se necesita traducir todo a unidades físicas de capacidad. Al hacerlo así, se debe tener cuidado de tomar en cuenta dos factores que disminuyen la utilización del equipo; el factor eficiencia de la planta y el factor desperdicio (ibid.).

Mediante el factor de eficiencia de la planta se reconoce que se puede utilizar cierto número de las horas disponibles a causa de demoras de programación, descomposturas de las máquinas y mantenimiento preventivo. Los factores de eficiencia de la planta varían con el tipo de equipo y de empresa; suelen fluctuar entre el 0.50 y el 0.95 (ibid.).

Mediante el factor de desperdicio se reconoce que en todo proceso real de producción se habrá de producir algunas piezas o productos defectuosos (ibid.).

## B. Equipo de producción

Como cada producto tiene un proceso diferente, y en cada planta de manufactura se elaboran normalmente varios tipos de productos diferentes, el equipo que hay dentro de una instalación es bastante variado. Cada equipo que intervenga en un proceso debe realizar sobre los materiales una transformación específica, hasta piezas que tengan que estar en contacto directo con el material. Por eso las piezas deben ser del mayor cuidado del diseñador como de quien las escoge y opera para evitar daños sobre los materiales. Esas piezas deben mantenerse perfectamente libres de contaminantes y estar construidas con materiales que ni se afecten química o físicamente por el contacto. Estas han de estar convenientemente aisladas de las otras piezas y del entorno mismo para evitar cualquier intercambio incontrolado, deben ser fácilmente desmontables para su limpieza y aun para su desinfección o su esterilización. Son las que usualmente hay que calibrar y controlar periódicamente (Rivera, 1994).

En el equipo hay piezas de soporte, generación o transmisión de potencia, que requieren de lubricantes, de fluidos refrigerantes o de calefacción, de combustibles, materiales que al actuar generan subproductos (vapores líquidos que escurren, calor, limaduras) de los que deben protegerse adecuadamente los materiales que se están procesando, aislándolos de ellos, retirándolos a medida que se vayan produciendo y limpiando la máquina. Si bien es cierto que no van a entrar en contacto directo con el producto o con sus ingredientes, pueden hacerlo indirectamente a través del entorno o accidentalmente, a través de las herramientas, de las manos o del vestuario de los operarios (ibid.).

La selección del equipo a utilizar debe ser motivo cuidadoso de consideración. Los primeros cuidados en esa selección corresponden a la etapa del escalonamiento y los ensayos piloto, etapa de la que deben surgir las definiciones sobre las condiciones operativas más adecuadas para efectuar la transformación de los materiales. Posteriormente, ellas han de servir de base para la escogencia del modelo, tipo y marca más adecuados para satisfacer esos requerimientos dentro de la gran variedad de equipos que pueda haber disponible en la planta o en el mercado, o para establecer las adaptaciones que se requieran en el supuesto caso de que su diseño original no cumpla plenamente con los requisitos. Normalmente, todo equipo para transformación de materiales viene adaptable para ser operado bajo condiciones variables, lo que se puede lograr mediante sencillos cambios de piezas accesorios o mediante simples ajustes mecánicos (ibid.).

### C. Distribución

La palabra distribución (*lay out*) se emplea para indicar la disposición física de la planta y de las diversas partes de la misma. En consecuencia, la distribución comprende tanto la colocación del equipo en cada departamento como la disposición de los departamentos en el emplazamiento de la planta (Lockyer, 1995).

1. **Distribución orientada al producto o al proceso.** En un sentido amplio, una planta puede distribuirse de dos maneras, ya sea el tratar de satisfacer las necesidades del producto (distribución orientada al producto) o satisfacer las necesidades del proceso (distribución orientada al proceso). Probablemente las organizaciones comienzan cuando son muy pequeñas, con una distribución orientada al producto, y conforme aumentan de tamaño tienden a derivar hacia una distribución orientada al proceso, con la creencia de que tal distribución permitirá hacer mejor uso de los recursos físicos. Si una máquina se descompone en la distribución de proceso, sólo esa operación resulta afectada. En cambio, en una línea de producción las descomposturas afectan a toda la secuencia de operaciones, lo que a su vez afecta a los factores globales de utilización (ibid.).

2. **Distribución orientada al proceso.** Según Buffa (1992), el equipo del mismo tipo funcional se coloca junto ya que no hay suficiente volumen de producción para justificar el ajuste de las estaciones de trabajo solamente para un producto. Konz (1992) indica que las estaciones de trabajo similares se agrupan para aprovechar la ventaja de la especialización del trabajo en equipo; sin embargo, cada movimiento de un producto sigue ahora una ruta compleja.

3. **Distribución orientada al producto.** Proviene del hecho de que la organización básica de la distribución la determina la pieza o producto. El equipo se arregla de acuerdo con la secuencia en que se utilice para una pieza o producto dado. Cuando se satisfacen las condiciones de la distribución en línea, se logra una manufactura de costo muy bajo. Se pueden resumir tales requerimientos como:

- Volumen adecuado para una utilización razonable del equipo
- Demanda del producto, bastante estable
- Homogeneización del producto
- Suministro continuo de materias primas

Algunas de las ventajas de este tipo de distribución son: el ciclo de producción se acelera porque las materias primas se aproximan a un movimiento continuo. En virtud de que los materiales no se mueven en hornadas o lotes, y gracias a la rapidez del ciclo de manufactura, los inventarios de bienes en proceso son menores. Dado a que no se utilizan los pasillos para el movimiento del material y en virtud de que se minimiza el espacio de almacenamiento, el espacio total que requiere una distribución de línea en piso suele ser menor que en el caso de una distribución de proceso equivalente, a pesar de que se pueden requerir más piezas de equipo. La distribución en línea tiene un gran campo de aplicación en el ensamblado y no en la fabricación (Buffa, 1992).

Konz (1992) agrega una forma más de distribución en planta, la celular. En este tipo de distribución los distintos tipos de equipo y proceso están situados en el mismo departamento, dentro de este se encuentran todas las operaciones requeridas para producir un producto entre una relativamente grande familia de productos. Los operadores están entrenados para operar todo el equipo dentro de dicho departamento. El equipo tiene aplicación general pero algunas veces se puede especializar.

4. Criterios para una buena distribución. El proceso de distribución es de naturaleza creativa, por otra parte no es posible definir una buena distribución con algún grado de precisión, sin embargo hay ciertos criterios que pueden satisfacer una buena distribución.

a. Flexibilidad máxima. Una buena distribución se puede modificar rápidamente para afrontar las circunstancias cambiantes. Debe prestarse mucha atención a los puntos de abastecimientos, los cuales deben ser amplios y de fácil acceso.

b. Coordinación máxima. La recepción y envío en cualquier departamento debe planearse de la manera mas conveniente para los departamentos remitentes o receptores. La distribución debe considerarse como un conjunto y no por áreas aisladas.

c. Utilización máxima del volumen. Una planta debe considerarse como un cubo, ya que hay espacio utilizable arriba del piso. Debe utilizarse al máximo el volumen disponible: se pueden instalar transportadores a una altura superior a la cabeza y usarse como almacenes móviles para trabajos en proceso, o pueden suspenderse herramientas y equipo del techo. Este principio se aplica particularmente en los almacenes, donde las mercancías pueden apilarse a alturas considerables sin

inconvenientes, especialmente si se emplean carretillas elevadoras modernas. En algunos casos pueden moverse materiales por medio de transportadores que sobresalgan del edificio.

d. **Visibilidad máxima.** Todos los hombres y materiales deben ser fácilmente observables en todo momento; no debe haber lugares no visibles u ocultos en los que puedan extraviarse objetos. Este criterio es a veces difícil de satisfacer, particularmente cuando se adquiere una planta ya existente. También es un principio que enfrenta fuerte resistencia, y se solicitan a menudo oficinas, almacenes, estantes y recintos cerrados especiales no por su utilidad, sino porque constituyen un símbolo de jerarquía o de categoría. Toda pared divisoria debe pasar por un cuidadoso escrutinio, porque origina una segregación indeseable y reduce el espacio disponible.

e. **Accesibilidad máxima.** Todos los puntos de servicio y mantenimiento deben tener acceso fácil. Por ejemplo, no debe colocarse una máquina contra una pared que impida que una pistola engrasadora alcance fácilmente las graseras. En tales circunstancias es probable que el mantenimiento se haga descuidadamente, o en el mejor de los casos que ocupe un tiempo excesivo. De modo semejante, si se coloca una máquina frente a una caja de fusibles, se impedirá el trabajo de los electricistas y se podría ocasionar una parada innecesaria de la máquina al abrir dicha caja. Cuando sea imposible evitar que un punto de servicio quede obstruido, el equipo en cuestión deberá poderse mover, no deberá ser una instalación permanente.

f. **Distancia mínima.** Todos los movimientos deben ser a la vez necesarios y directos. El manejo del trabajo incrementa el costo de éste, pero no su valor; consecuentemente deben evitarse los movimientos innecesarios o circularse. Una falla muy común es quitar el material de un banco de trabajo y llevarlo a un lugar de almacenamiento. Este sitio intermedio de reposo con frecuencia es innecesario y no está planeado, sino que se emplea solamente porque cualquier lugar vacío parece conveniente. Deben cuestionarse concienzudamente y evitarse en lo posible los anaqueles, bancos y extras.

g. **Manejo mínimo.** El manejo óptimo es el manejo nulo, pero cuando es inevitable debe reducirse al mínimo con uso de transportadores, montacargas, toboganes o rampas, cabrias y carretillas. El material que se trabaja debe mantenerse a la altura de trabajo, y nunca colocarse en el piso si ha de tener que levantarse después. Para ampliar esta sección véase Tabla I, en el Apéndice A.

h. **Incomodidad mínima.** Las corrientes de aire, la iluminación deficiente, la luz solar excesiva, el calor, el ruido, las vibraciones y los olores deben reducirse al mínimo, y si es posible contrarrestarse. Las incomodidades aparentemente triviales generan a menudo dificultades

desproporcionadamente grandes respecto a la incomodidad misma. La atención dedicada a la iluminación y a la decoración y mobiliario en general puede ser provechosa sin ser costosa.

i. Seguridad inherente. Toda la distribución debe ser inherentemente segura, y ninguna persona deberá estar expuesta a peligro. Debe tenerse cuidado no sólo de las personas que operen el equipo sino también de las que pasen cerca, las cuales pueden tener necesidad de pasar por atrás de una máquina cuya parte trasera no tenga protección. Esta es una exigencia tanto reglamentaria como moral, por lo que se le debe dedicar una atención esmerada.

j. Seguridad máxima. Deben incluirse salvaguardas contra fuego, humedad, robo y deterioro general, hasta donde sea posible, en la distribución original, en vez de agregar posteriormente jaulas, puertas y barreras.

k. Flujo unidireccional. No deben proveerse rutas definidas de recorrido, y de ser posible deben marcarse claramente. Ningún pasillo debe usarse nunca para fines de almacenamiento, ni aun en forma temporal.

l. Identificación. Siempre que sea posible, debe otorgarse a los grupos de trabajadores su propio espacio de trabajo. La necesidad de un territorio definido parece ser básica en el ser humano, y el otorgamiento de un espacio defendible con el que pueda identificarse una persona puede a menudo levantar la moral y despertar un sentimiento de cohesión muy real (Lockyer, 1995). Para completar información sobre este tema ver Tabla II en la sección Apéndice A.

5. Ventajas de una buena distribución. Una distribución que satisfaga las condiciones anteriores tendrá las ventajas siguientes respecto a otra que no las satisfaga.

- El tiempo y costo del proceso general se minimizará al reducir el manejo innecesario o incrementar en general la eficacia de todo el trabajo.
- La supervisión del personal y el control de producción se simplificarán eliminando los rincones ocultos donde tanto hombres como materiales puedan permanecer indebidamente.
- Los cambios de programa se facilitarán mucho.
- La producción total de una planta dada será lo más alta posible, al emplear al máximo el espacio disponible.
- Se fomentará un sentimiento de unidad entre los empleados al evitar la segregación innecesaria.
- Se mantendrá la calidad de los productos mediante métodos de producción seguros y mejores (Lockyer, 1995).

6. Preparación de un esquema de distribución. Se requiere de la siguiente información:
- Tipo y cantidad de mano de obra, junto con la estructura organizacional de la compañía.
  - Plano acotado del espacio que se va a distribuir. Si bien no es preciso tener dibujos de la planta a una escala exacta, por lo general es esencial conocer con precisión las dimensiones. El espesor de los contrafuertes y rodapiés, así como las dimensiones de las salientes que haya en las paredes (cajas de interruptores, cuadros de fusibles) a veces se pasan por alto y pueden ser significativas. La disponibilidad de los servicios (gas, agua, electricidad, aire comprimido, teléfonos y drenajes y la ubicación de las oficinas, servicios sanitarios y estructuras permanentes) también deben aparecer en el plano.
  - El volumen de trabajo que habrá de producirse en dicho espacio, tanto el futuro inmediato como el previsible.
  - Las operaciones por realizar, sus descripciones, secuencias y tiempos estándar. Debe tomarse nota de cualquier operación peligrosa, ruidosa, productora de polvo o humo, o de carácter especial.
  - El equipo necesario para realizar las operaciones.
  - El número de movimientos de materiales de un centro de trabajo a otro durante un periodo representativo. Puede expresarse ya sea en términos absolutos o como una razón del número de movimientos entre centros al número mínimo de movimientos entre los centros de trabajo menos usados. Esta información se representa convenientemente en una gráfica de recorridos.
  - Cualquier tiempo muerto, de envejecimiento, de estabilización o de otro tipo, relacionado con el almacenamiento en el proceso.
  - El volumen de materiales, los subalmacenes o las existencias temporales, que se requiera. Esto depende no sólo de la producción, sino también de las situaciones de suministros y dispersión.
  - El requerimiento de líneas de comunicación y de salidas de emergencia para casos de incendio
  - Los requerimientos especiales - alarma contra robo, por ejemplo- exigen las autoridades locales o la compañía de seguros.
  - Existencia de requerimientos especiales de inspección
  - Requerimientos geográficos que deben satisfacerse - por ejemplo, la ubicación específica de un departamento de despacho o envío.
  - Determinar si algún equipo de repuesto necesitará almacenarse en el espacio bajo consideración (ibid).

La secuencia de la planificación puede quedar entonces como sigue:

- Ubicar las operaciones clave.
- Ubicar los pasillos principales: generalmente es mejor que los muros principales sean paralelos, en vez de que crucen diagonalmente las áreas de trabajo. También es más conveniente que empiecen y terminen en puertas que den al exterior.

- Ubicar las áreas de trabajo restantes, de manera que el trabajo fluya en forma natural entre las operaciones claves. En esta etapa no es necesario distribuir la planta al detalle, sino definir las áreas que ocuparán las distintas partes de la planta, es decir las áreas de los departamentos o secciones.
- Ubicar los pasillos secundarios.
- Ubicar detalladamente los departamentos de la planta.
- Terminar la distribución al colocar todo el equipo auxiliar, botes de basura, teléfonos, etc.
- Probar la distribución contra los principios antes enunciados. A menudo resulta fácil un diagrama de hilos, es decir, la representación de la ruta del material mediante un cordel o hilo, para establecer la distancia de recorrido.
- Cuando esté satisfecho con la distribución en cuestión, visualice el espacio real si es posible y la distribución propuesta ya instalada; camine mentalmente por los pasillos propuestos y verifique la instalación. Este punto sería necesario si el plano original es a la vez correcto y completo, pero se descubre con frecuencia que el tiempo invertido en esto se puede recuperar con creces al descubrir ciertos aspectos que no aparecen en los dibujos.
- Compare la distribución final contra las políticas y especificaciones de la compañía (ibid.).

7. **Distribución de las máquinas.** Todas las sugerencias anteriores se aplican por igual a la distribución de equipos o máquinas. Empero, hay varios puntos especiales que deben tenerse presentes al hacer una distribución de máquinas. Estos son:

- El espacio ocupado por una máquina debe incluir cualquier proyección causada por el viaje de las partes móviles o del material en movimiento.
- Los pasillos deben ser adecuados para la recolección y entrega de materiales.
- Los pisos deben tener la resistencia suficiente para soportar no sólo la máquina sino también el trabajo terminado y los artículos que se almacenen localmente.
- Deben estar accesibles las instalaciones de servicio y los dispositivos de seguridad. La falta de atención a estas características puede dar origen a que el mantenimiento se efectúe en forma deficiente, con el consecuente incremento de averías en la planta (ibid.).

## D. Servicios e insumos generales

1. **El Agua.** Es indispensable en el proceso productivo. En muchas ocasiones se trata de una materia prima que debe, en otros casos facilitar las operaciones de transformación, aunque posteriormente, y antes de dar por terminado el proceso, se le retire; se utiliza para las múltiples actividades de limpieza que hay que llevar a cabo cuando se elabora un producto. Por todas estas razones la calidad del agua va a ser un factor determinado en un alto grado de calidad del producto en cuyo proceso intervenga (Rivera, 1994).

El mayor uso industrial del agua es para intercambio de calor. El proceso llamado paso único, es el más barato y de mayor uso; necesita un suministro de agua adecuada, y la temperatura del agua de salida es de 20 a 25°F más alta que la de entrada. El agua se puede reciclar si se enfría en torres de enfriamiento. Cuando se usan intercambiadores de calor para enfriar un producto, se debe tener puntos de muestreo de la calidad del agua corriente abajo del intercambiador (una pequeña fuga puede causar una gran contaminación) (Konz, 1992).

Por lo general, los calentadores de agua no requieren agua desmineralizada, pero sí la adición de diversos compuestos. El agua de mantenimiento del calentador (del tubo de vaciado del calentador, el agua del conducto de la ceniza de la limpieza del calentador) está muy contaminada y se necesita tomar precauciones especiales para su eliminación (ibid.).

Usualmente el agua es consumida, acondicionada y transportada a los lugares de consumo por las grandes empresas especializadas en este tipo de servicio. En mayor o menor grado, éstas suministran un agua apta para el consumo humano, con una calidad relativamente garantizada hasta el sitio donde termina su red de tubería de transporte. Pero el hecho de que sea un producto apto para el consumo humano, no asegura que lo sea también para el uso en máquinas o en instalaciones industriales para la elaboración de productos. Además, su calidad no está garantizada por el proveedor sino hasta el sitio donde termina la red pública de conducción, que es precisamente donde comienza la responsabilidad del usuario, de modo que, lo que corresponde al almacenamiento y posterior conducción es competencia exclusivamente suya (Rivera, 1994).

Algunas veces, por las razones anteriormente expuestas, o por la ubicación de la planta en zona rurales donde la posibilidad de ser surtidos por empresarios es nula o por carencia o escasez de corrientes superficiales que permitan su aprovechamiento, si el nivel freático lo permite, es posible extraer el agua del subsuelo para su uso en actividades de producción. Obviamente esas aguas subterráneas pueden tener una composición diferente a las superficiales, lo que hace que su aprovechamiento esté condicionado al conocimiento pleno de sus características y al adecuado acondicionamiento para el uso que se le necesite dar (ibid.).

Por todo ello, toda planta necesita normalmente contar con un dispositivo adecuado que le permita satisfacer sus propias y peculiares necesidades de agua. Este dispositivo debe suministrar los volúmenes adecuados de agua de calidad requerida en el sitio y momento precisos de su uso (ibid.).

Tabla 1

Características generales de los métodos de eliminación de contaminantes del agua (ibid.)

Método	Descripción	Ciclo operativo	Capacidad	Energía requerida	Característica especial
Destilación (DE)	Se calienta el agua hasta ebullición y los vapores producidos son condensados posteriormente mediante enfriamiento por contacto con una superficie fría. Es pues, un método térmico, en el que la energía se invierte en forma de calor	Continuo	Ilimitada	Calor	-Alto consumo de energía -No elimina materia orgánica volátil
Intercambio iónico (IO)	Se hace circular el agua por un lecho estático de material formado por partículas que intercambian sus propios iones, fijados previamente a él con los que se requiere mover el agua	Intermitente	Hasta el agotamiento	Diferencia de presión	-Es posible regenerar -Facilita el crecimiento microbiano
Filtración por microporo (FM)	Se hace circular el agua por un medio poroso de orificios suficientemente pequeños como para que retengan en su superficie o en su interior, por impedimento especial, las partículas sólida de mayor tamaño que se necesita separar de la corriente circundante	Intermitente si es a sobrepresión	Hasta saturación del medio poroso	Diferencia de presión	-No es posible regenera
Ultrafiltración (UF)	Poniendo a circular el agua a través de un medio poroso extremadamente fino y resistente y de una permeabilidad selectiva que retenga la mayor parte de macromoléculas mayores que un determinado tamaño	Intermitente	Hasta saturación del medio poroso	Diferencia de presión	-Es posible regenerar
Adsorción (AD)	Haciendo pasar o pone en contacto tiempo suficiente, el agua por un medio sólido finamente dividido y de lata carga de energía libre en su gran superficie en forma selectiva al material que se precise remover. Generalmente es carbón activado el material más usado para esto fines con el agua.	Intermitente	Hasta el agotamiento de la superficie		-Produce fino -Remueve cloro -No es posible regenerar
Ósmosis inversa (OI)	Aplicando una presión sobre el agua a purificar situada a un lado de una membrana semipermeable adecuada, suficiente presión como para contrarrestar la presión osmótica, puede forzarse al agua de la solución original a que atraviese la membrana, obteniéndose así el agua purificada del otro lado y habiéndose eliminado todas las sustancias disueltas y aún los iones por un fenómeno de cargas.	Continuo	Ilimitada	Momento mecánico	-Debe pretratarse por otros métodos.

Tabla 2  
 Tipo de contaminantes del agua y métodos de eliminación (ibid.).

Tipo de contaminantes	Ejemplos	DE	IO	FM	UF	AD	OI
Materiales disueltos							
-Compuestos inorgánicos solubles	- Sales de materiales pesados - Gases solubles como CO <sub>2</sub> y NH <sub>3</sub>	X	X				X
-Materiales orgánicos solubles	- Subproducto de la degradación vegetal o animal - Subproductos del metabolismo - Residuos de detergentes, herbicidas, nutrientes agrícolas	X				X	X
Materiales en estado de dispersión							
-Macromoléculas en dispersión coloidal	- Gases, mucílagos	X			X		X
-Sólidos finamente divididos	- Arena	X		X	X		X
-Partículas vivas	- Bacterias, hongos, levaduras	X		X	X		X

2. **Aire.** Cada producto y aun cada una de las diferentes etapas de su elaboración, puede requerir eventualmente de condiciones ambientales diferentes, porque son diferentes las máquinas que en ellas interviene, así como diferentes son los subproductos de su funcionamiento, lo mismo que las actividades que realiza el personal, porque debe hacerse un control ambiental específico distinto (ibid.).

En todo ambiente están las partículas sólidas. Estas pueden ser de diferente naturaleza, tamaño, densidad, lo que hace que algunas sean de fácil separación en forma natural por sedimentación, mientras que otras permanecen prolongadamente en flotación semejantes a finos aerosoles por su pequeño tamaño y baja densidad. Ellas pueden ser partículas inertes o partículas con vida. La concentración total de partículas sólidas en los ambientes puede ser muy variada, y muy variada también la proporción en ella entre las partículas con vida y las inertes (ibid.).

En los procesos de elaboración de algunos productos, hay operaciones que se denominan operaciones críticas, debido que el producto va a estar directamente expuesto al ambiente. Para éste tipo de operaciones se necesitan ambientes estrictamente controlados que se reconocen como áreas limpias, asépticas o estériles (ibid.).

Cuando una corriente de aire que ya esté estéril se hace circular en forma laminar por una zona que esté contaminada, ésta se vuelve estéril al efectuarse el paso de la corriente (ibid.).

El aire comprimido se usa primordialmente como fuente de energía (herramientas manuales, motores de aire, arrancadores de motores), así como aire para respirar (en ropa de protección), para instrumentación y como transportador. Los motores y las válvulas de aire son menos costosos de operar. El sistema consta de cierto número de componentes:

- filtración de aire de entrada
- compresor
- enfriador y separador
- secadores
- almacenamiento de aire
- tubería
- unidad lubricadora - reguladora - filtro
- elementos de uso (válvulas, cilindros y motores) (Konz, 1992).

Un problema primario es la humedad y los contaminantes en el sistema, ya que produce ojos de pescado en la pintura, problemas de corrosión, contaminación bacteriana, obstrucción de válvulas y mal funcionamiento de herramientas neumáticas. La humedad proviene esencialmente de la humedad ambiental al concentrar el aire de entrada en un pequeño volumen. Los contaminantes entran a través de fugas aunque la presión interna del sistema sea superior que la del exterior a través del aspirador (efecto de bomba de chorro, efecto de flujo molecular y los efectos de acortamiento de trayectoria de difusión) (ibid.).

La entrada debe estar fuera del edificio:

- el aire frío que entra incrementa la eficiencia de la compresión,
- si se toma aire del interior se aumentará la carga del acondicionamiento de aire (si es aire acondicionado).

La admisión de aire se debe situar de modo que el aire de entrada esté tan limpio como sea posible. Esto implica tomar precauciones como usar filtros de entrada, situar la admisión a 8 o 10 pies sobre el piso y, colocarla lejos de la salida del motor del compresor, del escape de vehículos, humo, descarga de pintura y fuentes de humedad (ibid.).

Los compresores centrífugos se usan cuando se necesita un gran volumen de aire (4000 cfm); los compresores de desplazamiento positivo reciprocantes y rotatorios son para necesidades menores. En los compresores centrífugos, las válvulas de guía de escape ahorran de 4% a 9% de energía. Dos compresores pequeños pueden ser más económicos que uno grande. Un compresor puede manejar la carga de los tiempos normales y servir de repuesto en caso de descompostura. También es útil tener muchos

compresores cuando los puntos de uso están muy separados (el compresor cerca del punto de uso reduce la pérdida de transmisión). El compresor debe estar atornillado a una superficie plana y nivelada en un área cubierta con suficiente espacio para ventilación y acceso general. La temperatura ambiental debe ser tan baja como sea posible, aunque nunca abajo del punto de congelación. El compresor debe estar dentro del edificio con un tubo conectado a la entrada de aire exterior. Debido al ruido que produce el compresor en operación, se debe situar en un lugar de sonido controlado (ibid.).

El siguiente componente es un postenfriador y separador. Reduce la temperatura del aire de 180 a 3200°F a casi 100°F y elimina casi 60% de la humedad atrapada. Pero aún quedará mucha humedad para la mayoría de las aplicaciones. Por tanto se necesitará un secador (ibid.).

Por lo general, los secadores refrigerados tienen los más bajos costos de capital y de operación; se usan siempre que el punto de rocío de la presión esté arriba de 35°F. El punto de rocío de presión se refiere a la temperatura en que la humedad se condensa en la tubería, mientras esté bajo presión. A 100 psig (libra por pulgada cuadrada manométrica), es mucho más alta (40-50°F) que el punto de rocío atmosférico. Por tanto es necesario revisar todas las líneas, el poner mucha atención a las que van a través de las áreas de aire acondicionado, hacia fuera, a través de áreas no calentadas, o enfrente de puertas abiertas, para encontrar la temperatura más baja a que está expuesta la línea. Si se tiene un punto de rocío de presión abajo de 35°F, se debe usar un secador desecador. El tercer tipo, un secador delicuescente, tiene el más bajo costo de capital pero, como el aire se seca al pasar a través de sal, el equipo corriente abajo tiende a corroerse. El objetivo de un desecador es eliminar el agua líquida, no tanto vapor de agua como sea posible (ibid.).

Las líneas de aire (comprimido, renovación de aire, calefacción), así como las de electricidad y agua deben ser elevadas y expuestas, mejor que subterráneas para simplificar su mantenimiento, servicio y carga (ibid.).

3. **Iluminación.** El reciente énfasis dado al ahorro de energía en iluminación no debe ocultar un hecho fundamental: la luz es barata, la mano de obra cara. El costo de la luz depende del tipo de luz que se use (fluorescente, sodio a alta presión, etc.) de la geometría de la iluminación (primordialmente la distancia desde la tarea a la lámpara) y del tipo de iluminación (local o de área general). El costo de la mano de obra por pie cuadrado depende del costo de la mano de obra y de la densidad de trabajadores (ibid.).

Tradicionalmente se han usado iluminancias más altas para resolver problemas de calidad, de tarea y de personas. Este enfoque de fuerza bruta aún da buenos resultados, pero como el costo de la energía ha aumentado, se están dando cada vez más soluciones acertadas respecto de la calidad de la luz, los factores de la tarea y la gente. Para determinar el tipo de iluminación es indispensable la descripción de la tarea,

también se explica la velocidad y la precisión requeridas. Se necesita más luz cuando la velocidad y la precisión son más importantes. Por lo general, la visión declina después de los 40 años de edad, por lo tanto, la gente mayor de 40 necesita más luz. También se considera la iluminación ambiental, se necesita más luz cuando el reflejo ambiental es más bajo (ibid.).

La fuente ideal de iluminación (que no existe) debería ser libre, proporcionar la cantidad deseada de luz según se requiera y tener alta calidad (color, luminosidad, brillantez, contraste). La primera elección básica es entre iluminación artificial e iluminación natural. Aunque la luz natural puede actuar como suplemento de la luz artificial, en algunos casos de oficina, hay muchos problemas con la luz natural como fuente de iluminación (ibid.).

Para aplicaciones industriales en almacenes, el sodio a alta presión (HPS) y el multivapor están reemplazando gradualmente a la luz fluorescente. La de mercurio y la incandescente son sólo para casos especiales. Los lúmenes por vatios, no son la única energía para la iluminación con HPS, también influyen su larga vida y su alto porcentaje de mantenimiento de lúmenes (las lámparas no se opacan mucho con el tiempo). El problema principal es el color y el tiempo de reencendido en caso de falla de energía, En algunas empresas se combina multivapor y HPS para obtener mejor color (ibid.).

La distribución de luz (arriba en comparación con abajo) se divide en seis categorías, pero la directa (toda hacia abajo) y la semidirecta (la mayor parte hacia abajo) son las que más se usan. Como es muy difícil predecir con exactitud, los portalámparas se deben elegir de modo que sea fácil reubicarlos dentro del área. Existe una variedad amplia de modelos con enchufe (ibid.).

Usando la Tabla 4, si la tarea fuera de categoría D de iluminación, la edad del trabajador menor de 40 años, la velocidad y precisión importante y el reflejo del fondo de la tarea de 30 a 70, los componentes serían: -1, 0 y 0; el factor total sería su suma que resulta en -1, por tanto se usaría la columna central de la Tabla 3 y la iluminación da como resultado 300 lux (ibid.).

Tabla 3  
Iluminancia recomendada (lux) para iluminación industrial interior (ibid.).

Plano de referencia de trabajo	Tipo de actividad	Categoría de iluminancia	Factor total		Factor total
			-3 ó -2	-1, 0 +1	+2 ó +3
Iluminación general en todos los espacios	Espacios públicos con alrededores	A	20	30	50
	Orientación simple para visitas temporales	B	50	75	100
	Espacios de trabajo en donde se realizan tareas visuales sólo ocasionalmente	C	100	150	200

Plano de referencia de trabajo	Tipo de actividad	Categoría de iluminación	Factor total		Factor total +2 ó +3
			-3 ó -2	-1 , 0 +1	
Iluminación sobre la tarea	Realización de tareas visuales de alto contraste o gran tamaño	D	200	300	500
	Realización de tareas de medio contraste o pequeño tamaño	E	500	750	1000
	Realización de tareas visuales de bajo contraste o tamaño muy pequeño	F	1000	1500	2000
Iluminación sobre la tarea obtenida por una combinación de iluminación general e iluminación total (complementaria)	Realización de tareas visuales de bajo contraste y tamaño muy pequeño por un período prolongado	G	2000	3000	5000
	Realización de tareas visuales muy prolongadas y cansadas	H	5000	7500	10000
	Realización de taras visuales muy especiales y extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño	I	10000	15000	20000

Tabla 4  
Factores para la tabla de iluminación (ibid.)

VARIABLE	Factor		
	-1	0	+1
Edades de ocupantes, años	Menos de 40	40-55	Más de 55
Reflejo de superficie de cuarto condensado promedio	Más de 70	30 -70	Menos de 30
Para las categorías D, E, F, G, H, I (Iluminación sobre la tarea)			
Edades de los trabajadores en años	Menos de 40	40 - 55	Más de 55
Velocidad y/o precisión	No es importante	Importante	Crítica
Reflejo del fondo de la tarea (%)	Más de 70	30 - 70	Menos de 30

Una posibilidad es iluminar uniformemente toda el área. Esto da una máxima flexibilidad para distribuir las estaciones de trabajo y las máquinas en el área, además elimina la necesidad de mover los portalámparas si el área se redistribuye. También permite usar lámparas grandes que tienen más lúmenes por vatio, que usar lámparas pequeñas. Sin embargo, su costo es mayor por las lámparas, las luminarias y la energía, y estéticamente no son muy decorativas (ibid.).

4. **Energía.** Los costos de energía eléctrica dependen no sólo de la cantidad que se use en la organización, sino también de factores de potencia y de la carga de demanda. Existen tres maneras de reducir los picos: diferir la carga, división de intervalos y generación en planta. Al diferir la carga y en la división de intervalos es necesario conocer el tiempo de los períodos pico (periodos de mayor valor) de carga y de carga de demanda. Cuando se difiere la carga, los hornos eléctricos, los cargadores de baterías, los compresores de aire, los ventiladores y las bombas se encienden y se apagan en el tiempo apropiado. En la división de intervalos, una carga se enciende a la mitad del período de demanda, por tanto, sólo la mitad de este cuenta. La generación en planta es el uso de equipo interno para generar energía, especialmente durante un período pico (ibid.).

Para economizar energía se puede:

- Apagar los motores cuando no se usen. Por ejemplo apagar transportadores durante los descansos, almuerzos y durante la refacción, desconectar ventiladores cuando no esté ocupado un lugar así como los enfriadores de agua cuando el edificio esté vacío.
- Usar motores que maximicen el consumo de energía. Los motores que utilizan eficientemente la energía funciona más fríos que los motores estándar (el calentamiento de los motores varía según la corriente del motor y su eficiencia), por tanto, permiten que la vida del aislamiento sea más larga y haya más tiempo entre el rebobinado del motor. Los motores de alta eficiencia tienen factores de potencia más altos, también es un poco mayor la inversión de capital.
- Seleccionar motores que operen lo más cercano posible a su carga total.
- Usar bandas sincrónicas (bandas de distribución) en lugar de bandas en V, cuando el motor se conecta al equipo (ibid.).

La energía sucia viene en diferentes formas con suministros insuficientes, voltajes inestables, subvoltajes y sobrevoltajes crónicos, perturbaciones transitorias y ruido eléctrico. El suministro insuficiente ocurre cuando la demanda de la instalación excede a la capacidad de suministrar energía. El voltaje inestable consiste en la adición de una gran carga (motor, horno) en la línea de algún otro lugar de la red de la instalación. Los subvoltajes y sobrevoltajes crónicos ocurren porque las instalaciones establecen un voltaje nominal en el punto medio de la línea. Los usuarios cercanos al generador tienen mayores voltajes; los usuarios más allá del punto medio tienen voltajes bajos. Las perturbaciones transitorias ocurren siempre que el equipo se enciende o apaga. Se tienen dos métodos para limpiar la energía, líneas dedicadas o de uso exclusivo o tener reguladores de voltaje. Los reguladores de voltaje son menos costosos y más efectivos (ibid.).

En cuanto a la distribución eléctrica, el alambrado dentro de ductos es la alternativa de menor costo de capital, menos flexibilidad y menor densidad de uso. El conducto para barras de conducción es mejor cuando la necesidad del quipo puede cambiar y los costos de trabajo de instalación y los requerimientos de

energía del equipo son altos. Las secciones prefabricadas de conductos de barras de conducción requieren menos tiempo de instalación que el alambrado dentro de ductos (ibid.).

La ley de *Ohm* estipula que  $I = E/R$  en donde *I* es la corriente (amperios), *E* el voltaje (voltios) y *R* la resistencia (ohmios). Para un voltaje dado, la variable clave es la resistencia. Sin un revestimiento de protección, la resistencia humana determinante es la piel. La piel seca, limpia y sin heridas varía de 100,000 a 600,000 ohmios, lo que depende de su grosor, mojada o herida puede ser de 500 ohmios. Por tanto, el contacto de 120 voltios con un dedo seco con 400,000 ohmios dará  $120/400,000=12$  Miliamperios, el contacto con un dedo mojado con 15,000 ohmios daría  $120/15,000=8$  Miliamperios. Por tanto, para seguridad, la piel se debe mantener seca y sucia (ibid.).

Tabla 5  
Efecto multiamperios (ibid.)

Multiamperios	Efecto
1	<i>Shock</i> perceptible
5-25	Pérdida de control muscular. Para 60Hz la corriente de liberación (la corriente a la cual la gente aún se puede liberar) depende del peso. Los valores típicos son seis para mujeres y nueve para hombres
25-75	Muy doloroso y perjudicial. Causa la muerte si la parálisis dura más de tres minutos
75-300	Muerte después de 1/4 segundo (fibrilación ventricular)
2500	Para el corazón. Quemaduras en la piel y órganos internos. La resucitación aplicada de inmediato puede dar buenos resultados

Aun cuando los principios para seguridad eléctrica son muy conocidos, ocurren muchos accidentes. Algunos consejos para seguridad son:

- Aislar mediante distancia: poner distancia entre la gente y corriente. Con barreras se puede reemplazar la distancia física
- Aislar equipo: aisladores de perilla, controles, manijas, herramientas, ejes
- Aislar personas: materiales aislantes para sentarse, estar de pie, zapatos no conductores, guantes de hule.

- Prevenir a la gente. Prevención activa: luces, sonidos. Prevención pasiva: señales, fondos de color.

La electricidad estática se puede reducir de varias maneras

- Usar ropa de algodón en vez de lana o sintética
- Usar zapatos con suelas disipadoras de electrostática
- Cubrir las superficies con aerosoles especiales
- Con los objetos y la gente haciendo tierra
- Con superficies de trabajo antiestáticas
- Usar manguera conductora, para productos secos a altas velocidades de esmerilado (ibid.).

## E. Formas Cosméticas

1. **Mezclas.** Es la combinación de dos o más sustancias en las cuales cada sustancia retiene su propia identidad química. Algunas mezclas no tienen la misma composición, propiedades y apariencia en cada parte, tales mezclas son heterogéneas. Las mezclas que son uniformes en todas sus partes son homogéneas, y se llaman también soluciones (Brown, LeMay y Bursten, 1991). Hay diferencias significativas entre los procesos de mezcla de líquidos y sólidos. La mezcla de líquidos depende de la creación de corrientes de flujo que conducen el material no mezclado hasta la zona de mezcla adyacente al agitador. En el caso de pastas viscosas o masas de partículas sólidas no se producen tales corrientes y el mezclado tiene lugar por otros procedimientos. En consecuencia, normalmente se requiere mucha más energía para el mezclado de pastas de sólidos secos, que para la mezcla de líquidos (McCabe, Smith y Cross, 1991).

Tabla 6  
Tipos de mezclas (Rivera, 1994)

Estado de la solución	Estado del disolvente	Estado del soluto	Ejemplo
Gaseoso	Gaseoso	Gaseoso	Aire
Líquido	Líquido	Gaseoso	Oxígeno en agua
Líquido	Líquido	Líquido	Alcohol en agua
Líquido	Líquido	Sólido	Sal en agua
Sólido	Sólido	Gaseoso	Hidrógeno en platino
Sólido	Sólido	Líquido	Mercurio en agua
Sólido	Sólido	Sólido	Plata en oro (aleación)

2. **Coloides.** Son tipos intermedios de dispersiones o suspensiones que están en la línea divisoria entre las soluciones y las mezclas heterogéneas. Para clasificar una mezcla como un coloide, se utiliza la propiedad del tamaño de las partículas dispersas. Las partículas coloidales tienen diámetros de 10 a 2000 Å (*amstrong*) aproximadamente. Aunque las partículas coloidales pueden ser tan pequeñas que la dispersión parece ser uniforme aún bajo el microscopio, su tamaño es suficiente como para dispersar la luz en forma muy efectiva. Los coloides más importantes son aquellos cuyo medio de dispersión es el agua. Estos coloides se suelen denominar hidrofílicos (afinidad con el agua) o hidrofóbicos (sin afinidad al agua). Los coloides hidrofóbicos se pueden preparar en agua solamente si se estabilizan de alguna forma; de otra manera, su falta de afinidad por el agua origina que se separen de ella. Los coloides hidrofóbicos se pueden estabilizar por la adsorción de iones sobre su superficie (Brown, LeMay y Bursten, 1991).

Tabla 7  
Tipos de coloides (Rivera, 1994)

Fase del coloide	Sustancia dispersante (semejante al disolvente)	Sustancia dispersada (semejante al soluto)	Tipo de coloide	Ejemplo
Gaseosa	Gaseosa	Gaseosa		Ninguno (todas son soluciones)
Gaseosa	Gaseosa	Líquida	Aerosol	Niebla
Gaseosa	Gaseosa	Sólida	Aerosol	Humo
Líquida	Líquida	Gaseosa	Espuma	Crema batida
Líquida	Líquida	Líquida	Emulsión	Leche
Líquida	Líquida	Sólida	Sol	Pintura
Sólida	Sólida	Gaseosa	Espuma sólida	Malvavisco
Sólida	Sólida	Líquida	Emulsión	Mantequilla
Sólida	Sólida	Sólida	Sol sólido	Vidrio rubí

3. **Dispersión.** Mezcla de líquidos que consiste en pequeñas gotas de un líquido disperso en uno continuo, las gotas tienen diámetros entre 0.1 a 1 mm. No pueden ser demasiado pequeñas porque sería difícil la sedimentación posterior. Generalmente el líquido que fluye con el flujo volumétrico

mayor se dispersará en el otro, pero se debe mantener cierto control. Para la operación continua el tanque debe llenarse con el líquido que va a ser la fase continua y durante la agitación se pueden introducir los dos líquidos en la relación deseada. Generalmente es difícil que la fracción de volumen de la fase dispersa mantenga valores mayores de 0.6 a 0.7, el tratar de aumentarla por arriba de estos valores, con frecuencia, provoca la inversión de la dispersión (la fase continua se vuelve la dispersa) (Treybal, 1996).

4. **Suspensión.** Mezcla de sólido en un líquido, en la que el sólido no es soluble en el líquido.

Mantener una suspensión homogénea es bastante complicado porque los sólidos tienden a sedimentarse, la facilidad con la que los sólidos se suspenden en un líquido depende de las propiedades de la partícula y el líquido, así como de los modelos de circulación debidos a la agitación. La velocidad de sedimentación de una suspensión disminuye al aumentar la concentración de sólidos, pero en cambio la potencia que se requiere para obtener una suspensión completa aumenta con la concentración de sólidos (ibid.).

5. **Emulsión.** Pueden ser de dos o más líquidos, en donde uno está presente en forma de gotas de

tamaño microscópico o ultramicroscópico. Algunas de ellas se forman de manera espontánea, pero la mayoría se hacen por un proceso mecánico, como agitación. La característica principal de los líquidos que la forman es que no son solubles o su solubilidad es limitada. De acuerdo a la naturaleza de los líquidos, las emulsiones pueden ser estables o se pueden formar por la presencia o la adición de agentes químicos llamados emulsificantes, que forman películas en la superficie de las gotas (moléculas de jabón) o imparten una estabilidad mecánica. Las emulsiones inestables se separan en capas con el paso del tiempo. Para separar una emulsión se inactiva o destruye el agente emulsificante, se agrega un tercer componente o altera la temperatura ya sea congelando o calentando (Brown, LeMay y Bursten, 1991).