



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICA

**PROYECTO FIN DE CARRERA**  
**INDUSTRIALIZACIÓN DE UN BLOQUE DE**  
**MOTOR DIESEL**

Proceso de mecanizado

Autor: D. Juan Manuel Ruiz-Gálvez  
Martín

Madrid  
2009

# 1. Memoria

<b>INDICE:</b>	<b>Página</b>
1. MEMORIA	
1.1. MEMORIA DESCRIPTIVA	
1.1.1. Parámetros básicos del proyecto.....	1
1.1.2. Filosofía de la línea.....	15
1.1.3. Producto y proceso de fabricación de un bloque motor.....	32
1.1.4. Gestión del taller.....	108
1.1.5. Aseguramiento de la calidad.....	110
1.1.6. Mantenimiento productivo total (TPM).....	136
1.1.7. Logística interna.....	142
1.2. CÁLCULOS	
1.2.1 Estudio de tiempos. Tiempo ciclo de línea.....	1
1.2.2. Cantidad de producción: capacidad de línea. Cuellos de botella...	2
1.2.3. Cálculo de horas reales, asignadas y presenciales.....	3
1.2.4. Equilibrado de líneas: Eficiencia y eficacia.....	5
1.2.5. Saturación por puestos.....	5
1.2.6. Plantillas necesarias.....	7
1.3. ESTUDIO ECONÓMICO	
1.3.1. Costes.....	1
1.3.2. Rentabilidad del proyecto.....	3
1.3.3. Análisis de rentabilidad del proyecto.....	6
1.4. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	
1.4.1. Sistema de gestión medioambiental.....	1
1.4.2. Política medioambiental de la empresa.....	3
1.4.3. Residuos líquidos.....	9
1.5. SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS LABORALES	
1.5.1. Introducción.....	1
1.5.2. Tipos de documentos.....	1
1.5.3. Documentación básica en la prevención de riesgos laborales.....	3

1.6. ANEXOS

1.6.1. Hojas analíticas de fases.....	2
1.6.2. Hojas de operaciones.....	11
1.6.3. Hojas analíticas de maquinaria.....	71
1.6.4. Diagrama de Gantt.....	75
1.6.5. Tabla tiempos de fabricación.....	77
1.6.6. Bibliografía.....	79

## **1.1. Memoria descriptiva**

---

**INDICE:** **Página**

---

1.1. MEMORIA DESCRIPTIVA	
1.1.1. Parámetros básicos del proyecto.....	1
1.1.1.1. Motivación del autor.....	1
1.1.1.2. Descripción general del proyecto. Objetivos del proyecto.....	2
1.1.1.3. Desarrollo industrial. Evolución histórica del sector de la automoción.....	3
1.1.1.4. Especificaciones técnicas del bloque motor.....	8
1.1.1.5. Cantidad de producción.....	12
1.1.2. Filosofía de la línea.....	15
1.1.2.1. Industrialización del producto. Ingeniería de la producción.....	15
1.1.2.2. Planificación de las actividades para la industrialización del producto en líneas continuas.....	19
1.1.2.3. Sistemas de fabricación. Flexibilidad de la producción. Lean Manufacturing.....	22
1.1.2.4. Tipos de distribución en planta.....	26
1.1.2.5. Control y programación de la producción. Suministro a línea. Producción sincronizada.....	31
1.1.3. Producto y proceso de fabricación de un bloque motor.....	32
1.1.3.1. Características de la fábrica.....	32
1.1.3.1.1. Filosofía de la línea.....	32
1.1.3.1.2. Descripción de la instalación.....	33
1.1.3.1.3. Cimentación, canal rápido, carriles y puente de transporte...	36
1.1.3.1.4. Bancos de rodillos.....	37
1.1.3.2. Distribución en planta de la línea.....	37
1.1.3.2.1. Operaciones de mecanizado del bloque motor y puntos clave.....	37
1.1.3.2.2. Máquinas principales. Plan de implantación.....	50
1.1.3.2.3. Elementos de control. Pruebas de estanqueidad. Microfugómetros.....	51
1.1.3.3. Condiciones de corte.....	55
1.1.3.3.1. Fresado.....	55

1.1.3.3.1.1. Factores de corte.....	57
1.1.3.3.1.2. Diámetros de la fresa.....	59
1.1.3.3.1.3. Posicionamiento de la fresa.....	60
1.1.3.3.1.4. Paso entre plaquitas.....	61
1.1.3.3.2. Taladrado.....	64
1.1.3.3.2.1. Factores de corte.....	67
1.1.3.3.2.2. Fuerza, potencia de corte y momento de rotación..	67
1.1.3.3.3. Roscado.....	68
1.1.3.3.3.1. Herramientas para mecanizar roscas.....	68
1.1.3.3.3.2. Selección de machos de roscar.....	69
1.1.3.3.4. Bruñido.....	72
1.1.3.3.4.1. Características superficiales del bruñido.....	74
1.1.3.3.4.2. Piedras y aceites para bruñir.....	76
1.1.3.3.5. Brochado.....	78
1.1.3.3.5.1. Características de los dientes.....	78
1.1.3.3.5.1.1. Perfil del diente.....	78
1.1.3.3.5.1.2. Paso.....	80
1.1.3.3.5.1.3. Incremento de altura del diente.....	81
1.1.3.3.5.1.4. Longitud del cuerpo dentado.....	81
1.1.3.3.5.1.5. Sección resistente de la brocha.....	81
1.1.3.3.5.1.6. Material de la brocha.....	82
1.1.3.3.5.2. Velocidad de corte.....	82
1.1.3.3.5.3. Potencia de corte.....	82
1.1.3.4. Estudio económico del mecanizado.....	82
1.1.3.4.1. Introducción.....	82
1.1.3.4.2. Costes del mecanizado.....	83
1.1.3.4.2.1. Costes generales.....	83
1.1.3.4.2.2. Costes de mano de obra.....	84
1.1.3.4.2.3. Costes de material.....	84
1.1.3.4.2.4. Costes de máquina.....	84
1.1.3.4.2.5. Tiempo de máquina.....	84

1.1.3.4.2.6. Costes de herramienta.....	86
1.1.3.4.2.7. Mecanizado económico.....	86
1.1.3.4.3. Duración de la herramienta.....	86
1.1.3.4.3.1. Desgaste de la herramienta.....	87
1.1.3.4.3.2. Influencia de la viruta.....	88
1.1.3.4.3.3. Economía de la velocidad de corte.....	90
1.1.3.5. Fluidos de corte. Temperaturas del mecanizado.....	91
1.1.3.6. Tipos de estaciones de trabajo.....	94
1.1.3.6.1. Fabricación flexible FMS.....	94
1.1.3.6.1.1. Introducción.....	94
1.1.3.6.1.2. Tipos de FMS.....	95
1.1.3.6.1.3. Componentes de un FMS.....	97
1.1.3.6.1.3.1. Estaciones de trabajo.....	98
1.1.3.6.1.3.2. Sistemas de transporte y almacenamiento de material.....	99
1.1.3.6.1.3.3. Sistema de control por computadora.....	102
1.1.3.6.1.3.4. Recursos humanos.....	103
1.1.3.6.1.4. Beneficios de los FMS.....	104
1.1.3.6.1.5. Cuestiones de planificación e implantación.....	104
1.1.3.6.1.5.1. Cuestiones de planificación y diseño de los FMS.....	105
1.1.3.6.1.5.2. Cuestiones de operación de los FMS.....	106
1.1.3.6.1.5.3. Análisis cuantitativo de los FMS.....	106
1.1.3.6.1.5.4. Cuellos de botellas.....	107
1.1.4. Gestión del taller.....	108
1.1.4.1. Kaizen.....	108
1.1.4.2. Adiestramiento.....	109
1.1.5. Aseguramiento de la calidad.....	110
1.1.5.1. Control estadístico del proceso (CEP).....	110





### **1.1.1. Parámetros básicos del proyecto**

#### **1.1.1.1. Motivación del autor**

Se conoce por industrialización al proceso por el que un estado o comunidad territorial pasa de una economía basada en la agricultura, a una fundamentada en el desarrollo industrial. Este progreso está estrechamente ligado con el desarrollo de inventos mecánicos.

Esta base técnico-científica hace que la industria moderna nunca considere un proceso de producción definitivo o acabado, lo que provoca un problema de obsolescencia tecnológica en períodos cada vez más breves de tiempo. Esto se debe a que al ser una de las bases de la sociedad, ha de ir cambiando según las necesidades que ésta tenga, creando bienes y servicios para mejorar la calidad de vida.

El desarrollo de nuevas tecnologías y líneas de producción más rápidas se hacen por tanto imprescindibles para poder satisfacer a un mercado cada vez más agresivo, ahora que la competencia no solo se encuentra en su propio país sino que se establece por todo el mundo. Las exigencias en la calidad del producto fabricado, así como el respeto por el medio ambiente son otro de los factores que dirigen este desarrollo.

Uno de estos grandes sectores del mercado es el de la automoción. Medios de transporte rápidos y seguros son una de las piezas clave en el desarrollo de la sociedad, ya que se necesita transportar mercancías a lugares lejanos y las mismas personas se ven obligadas a desplazarse de un lugar a otro en cortos periodos de tiempo.

Una parte fundamental del automóvil es por tanto el motor, el cual se encarga de suministrar al resto del vehículo la fuerza necesaria para moverse. Son muchos los tipos de motores que se utilizan en la actualidad, aunque el más fabricado es el de combustión interna, utilizando como combustible el gasoil o gasolina.

---

La motivación personal del autor al realizar este trabajo, es el interés que siente hacia las materias que el Proyecto trata: automovilismo, motores, técnicas de fabricación, mecánica, etc. Con ello buscará, no solo conocer más sobre este complejo mundo, sino además poner a prueba su ingenio, comprobando los problemas que se plantean al mecanizar un bloque motor o diseñar la línea de producción, y resolviéndolo de la mejor forma posible según se den unas situaciones u otras.

### **1.1.1.2. Descripción general del Proyecto. Objetivos del proyecto**

El objetivo del Proyecto consiste en la definición del proceso de mecanizado de un bloque motor, partiendo de parámetros de diseño ya definidos y teniendo como objetivo una producción anual de 250.000 unidades. Para ello se deberá definir los siguientes aspectos:

- a) Diseño de la línea y sus procesos: Habrá que estudiar el tipo de distribución en planta a utilizar, las distintas fases de mecanizado por las que pasará el bloque fundido hasta convertirse en un bloque mecanizado, la maquinaria que se requerirá y las condiciones de corte necesarias en cada operación de mecanizado.
- b) Equilibrado de la línea y mano de obra necesarias: A partir de los tiempos de mecanizado se definirá el tiempo ciclo de la instalación, el tiempo unitario y el tiempo total de la producción. Con ellos se calculará la mano de obra necesaria para llevar a cabo la industrialización del bloque motor.
- c) Métodos de control del proceso, verificación y autocontrol del producto final: Las operaciones de mecanizado pueden fallar, salirse de tolerancia, mal posicionamiento de la pieza, etc. Con el fin de minimizar estos errores, a medida que se mecanice la pieza deberá ir pasando también por un proceso de verificación y autocontrol.
- d) Sistema de Gestión de Calidad (QMS y SGC): El producto tiene una normativa vigente que detalla la calidad que se ha de esperar, y ésta debe ser cumplida.

- 
- e) Sistema de Gestión Medio Ambiental y Riesgos Laborales (SGMA y SGRL): El proceso de mecanizado requiere de taladrina y otros productos que pueden ser nocivos para el medio ambiente, por lo que se deberá asegurar el adecuado uso de éstos. Del mismo modo, se ha de lograr un adecuado nivel de seguridad y bien estar para el personal que trabaje en la instalación.
  - f) Evolución de los costes e inversiones de la industrialización: Se estudiará la rentabilidad y amortización de la instalación para validar la viabilidad del proceso.

### **1.1.1.3. Desarrollo industrial. Evolución histórica del sector de la automoción**

- a) Evolución del automóvil:

Los comienzos del automóvil se remontan a 1784, cuando **William Murdoch** construyó un modelo de carro a vapor.

En 1801, **Richard Trevithick** condujo un vehículo en Camborne, Reino Unido (en estos primeros vehículos se desarrollaron innovaciones como los frenos de mano, las velocidades y el volante).

En 1815 **Josef Bozek** construyó un automóvil con motor propulsado con aceite y en 1838, **Robert Davidson** construyó una locomotora eléctrica que alcanzó 6 km/h.

Entre 1832 y 1839 **Robert Anderson** inventó el primer automóvil propulsado por células eléctricas no recargables.

En 1860, el belga **Etienne Lenoir** hizo funcionar un coche con motor de combustión interna propulsado por gas de carbón y hacia 1870, en Viena, el inventor **Siegfried Marcus** hizo funcionar éste mismo tipo de motor a base de gasolina (MEP), conocido como el “Primer coche de Marcus”. En 1883, Marcus patentó un sistema de ignición de bajo voltaje que se implantó en modelos subsiguientes.

---

En el 76, **Nikolaus Otto** inventó el motor de gasolina de 4 tiempos conocido como el motor Otto.

Fueron varios los ingenieros que desarrollaron casi simultáneamente los primeros vehículos movidos motores de gasolina. El alemán **Karl Benz** construyó su primer modelo en 1885 en Mannheim. Benz lo patentó el 29 de enero de 1886 y empezó a producirlo en 1888 (originalmente era un triciclo equipado con un motor de 4 tiempos que funcionaba con un ciclo Otto, y más tarde construye su primer automóvil de 4 ruedas). Poco después, **Gottlieb Daimler** y **Wilhelm Maybach**, de Stuttgart, diseñaron su propio automóvil en 1889.

Siete años después en Estados Unidos, **Henry Ford** construye su primer coche en Detroit, para en 1903 fundar la **Ford Motor Company**.

En 1891 se inicia la historia de otra gran empresa, **Peugeot**, y poco después (1898) aparece **Renault**, de la mano de los hermanos Renault: **Marcel, Fernand** y **Louis**. En el mismo año, los hijos de **Adam Opel** amplían su fábrica de máquinas de coser y de bicicletas con la fabricación de automóviles. En 1899, Italia ingresa en el mundo automovilístico al crearse la **Fábrica Italiana Automobili Torino** (FIAT), a cargo de **Giovanni Agnelli**.

En 1892 surge otro tipo de motor, ésta vez funcionando con aceite pesado y que no necesitaba el sistema de encendido (MEC).

Para 1900, la producción masiva de automóviles había ya empezado en Francia y Estados Unidos. En 1908, Ford lanza al mercado el legendario **Ford T** produciéndolos en una cadena de montaje, sistema totalmente innovador que le permitió alcanzar cifras de fabricación hasta entonces impensables. Técnicas de este sistema fueron por ejemplo, el empleo de pintura negra por su rápido secado que reducía el tiempo de fabricación.

Con la entrada de **General Motors** en el mercado, a base de absorber varias fábricas pequeñas, los Estados Unidos tomarían la cabeza de la producción para no dejarla hasta el día de hoy. Las dos grandes marcas norteamericanas se

---

instalan en Europa y para esa época la hegemonía en cuanto a producción es clara: Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña, Alemania e Italia.

Vehículos de esta primera etapa son el **Austin 7** (1922–1939), el **Bugatti Type 35** (1924-1929), el **Ford Model A** (1927-1931) y el **Cadillac V-16** (1930).

En la etapa de 1929 a 1948 se desarrollan coches completamente cerrados y de forma más redondeada como el **Ford V-8** (1932-1948), el **Bugatti Type 57** (1934-1940), el **Citroën Traction Avant** (1934-1956) o el **Volkswagen Beetle** (1938-2003).

Durante la Segunda Guerra Mundial la producción se detiene; casi todos los constructores se dedican a la fabricación de material bélico durante esos años, pero concluida la guerra, Ford y General Motors aprovecharon el panorama, ampliamente favorable, para absorber algunos pequeños fabricantes. Los años de la postguerra se caracterizaron por las desapariciones de legendarias marcas, fusiones y reagrupamientos estratégicos. Estas fusiones y absorciones continúan hasta el día de hoy.

En 1957 la historia del motor se revoluciona con la aparición del motor Wankel, caracterizado por el movimiento rotativo de un pistón con forma triangular ovalada dentro de una sola cámara.

En la década del los 80, el mercado oriental, y principalmente el japonés, adquirió tal importancia que el mercado norteamericano y europeo vieron peligrar su hegemonía, y debieron de aprender y adoptar técnicas orientales para continuar a la cabeza en el mercado. Así aparecen conceptos como la producción **Just-in-Time**, o los principios **Kaizen**, hoy en día aplicados universalmente en el sector automovilístico.

Ésta etapa se caracteriza por el desarrollo de coches más rápidos, seguros y eficientes como por ejemplo el **Morris Minor** (1948–1971), el **Chevrolet Impalia** (1958-1967), el **Mini** (1959-2000), el **Jaguar E-Type**(1961-1975), el **BMC ADO16** (1962-1977), el **Ferrari 250 GTO** (1962-1964), el **Dodge**

**Charger** (1966-1972), el **Ford Mustang** (1964-1970) o el **Pontiac GTO** (1964-1974).

En la actualidad, la búsqueda se centra en motores más seguros, eficientes y menos contaminantes, apareciendo los **vehículos híbridos** (con motor eléctrico y de explosión a la vez), los **vehículos eléctricos** (poseen solo un motor eléctrico), **vehículos movidos por gas natural** (actualmente el gas natural es el combustible disponible más limpio que se conoce; éstos funcionan sustituyendo la bencina de los motores de gasolina por el gas natural) o **por hidrógeno** (limpio y totalmente ecológico; éstos funcionan al disociar el agua en hidrógeno y oxígeno que luego son enviados a la cámara de combustión).

Por otra parte, las últimas tendencias en la evolución del bloque motor (pieza clave del motor) se centran sobre todo en el empleo de materiales más ligeros (aluminio...) y en una correcta evacuación del calor.



Locomotora de Richard Trevithick de 1801



Automóvil patentado en 1885 por Karl Benz



Ford Modelo T



Bloque de aluminio de un motor de 4 cilindros

b) Evolución de las máquinas y el CNC:

En 1725, **Joseph Jacquard** construye en Inglaterra máquinas de tejer controladas por tarjetas perforadoras. Éstas necesitaban 20000 tarjetas distintas.

En 1863, **M. Forneaux** diseñó el primer piano que tocaba automáticamente gracias a que la información musical se encontraba en tambores mecánicos.

Entre 1870 y 1890, **Eli Whitney** desarrolla las plantillas y dispositivos. Aparece el Sistema norteamericano de manufactura de partes intercambiables.

Para 1880 se introdujeron una gran variedad de herramientas para el mecanizado de metales, provocando el énfasis en la producción a gran escala.

En 1940 se introduce el control por medios hidráulicos, neumáticos y electrónicos.

En 1942, **Bendix Corporation**, tras tener problemas en la fabricación de una leva, decide fabricarla mediante máquinas automáticas. Aparece el “boom” del maquinado automático.

En 1945 se inicia la investigación y desarrollo del Control Numérico y en 1947 **John Parsons**, constructor de hélices de helicóptero, desarrolla un mando automático con entrada de información numérica. Con esto se comienza a experimentar con la producción a gran escala mediante control numérico.

En 1955 las herramientas automatizadas comienzan a aparecer en las plantas de producción para las **Fuerzas Aéreas** de los EE.UU.

En 1956, la **U.S.A.F.** hace el primer gran pedido de 170 máquinas de control numérico.

En 1960 el **M.I.T.** realiza las primeras demostraciones con el Control Numérico Adaptable

---

En 1968 se realizan los primeros ensayos con el Control Numérico Directo

En 1970 aparece el microprocesador y con ello la creación del Computer Numerical Control (CNC).

#### **1.1.1.4. Especificaciones técnicas del bloque motor**

El bloque motor será fabricado en fundición a presión. La elección de este método se debe a que la pieza presenta una compleja geometría, tanto externa como interna, que no podría conseguirse de otra manera, además es un proceso perfecto para una producción en serie.

La fundición normal tiene los inconvenientes de obtener piezas muy porosas, de baja precisión dimensional y deficiente acabado superficial. Si solo se dieran los dos últimos casos no habría problema ya que después iba a pasar por un proceso de mecanizado, pero la porosidad es algo que no se puede permitir en una pieza por la que van a estar circulando diversos fluidos. Por ello ésta fundición se inyecta a presión, permitiendo obtener:

- Aristas vivas sin necesidad de mecanizar, lo que ahorrará un par de operaciones en su la línea de producción.
- Piezas libres de defectos con una alta precisión dimensional.
- Un aumento en las propiedades mecánicas de un 20%, algo muy importante si se tiene en cuenta los grandes esfuerzos que va a tener que soportar en la cámara de combustión.
- Producción más económica por el reducido tiempo de ciclo.

La fundición más utilizada en la industria metalúrgica es la *fundición gris*. Es una fundición muy mecanizable en todo tipo de máquinas-herramienta excepto en rectificadora, lo que permite poder taladrar, fresar, roscar o soldar sin problemas. Es una aleación hipoeutéctica con un contenido de entre el 2,5 y el 4% de carbono, y además tiene pequeños porcentajes de fósforo y silicio. Funde entre los 1200 y 1300°C. Tiene un peso específico de (7-7,2) según sea la composición, es muy fluida

---

y tiene la propiedad de llenar bien los moldes por dilatación al solidificarse, la superficie de su fractura es de color gris. Se caracteriza porque una parte del carbono se separa en forma de grafito al solidificarse.

La composición química exacta del bloque motor es:

- Manganeso: 0'70% hasta 0'80%
- Cobre: 0'45% hasta 0'55%
- Carbono: 3'30% hasta 3'45%
- Silicio: 1'80% hasta 2'10%
- Azufre: porcentaje inferior al 0'130%
- Fósforo: porcentaje inferior al 0'035%
- Cromo: Aproximadamente un 0'25%
- Molibdeno: Aproximadamente un 0'28%

Algunas propiedades de esta fundición son:

- a) Resistencia a la tracción: Tiene una carga de rotura en torno a los 15 kg/mm<sup>2</sup>, pudiendo llegar a los 30, 40 o incluso 45 kg/mm<sup>2</sup> según su composición (en el caso de este bloque motor, presentará una carga de rotura de 30 kg/mm<sup>2</sup>).
- b) Resistencia a la compresión: Suele ser tres veces mayor que la resistencia a la tracción.
- c) Resistencia a la flexión: La flexión varía las fibras del elemento, quedando tensas en la parte convexa y comprimidas en la parte cóncava. Por ello no se puede sacar datos claros ya que variarán según la geometría del bloque.
- d) Resistencia al choque: Resisten muy mal los choques y son frágiles al no sufrir deformaciones plásticas.
- e) Dureza: Varía entre los 140 y los 250 Brinell según sea su composición. A pesar de esto, se puede mecanizar fácilmente porque la viruta se desprende mejor y se presenta grafito liberado que ayuda a lubricar.
- f) Otras propiedades: No es dúctil ni maleable, se puede soldar al latón mediante soldadura oxiacetilénica y por arco eléctrico. Puede recibir baños galvánicos o ser galvanizada en caliente, ser estañada o esmaltada al fuego.

Constará de 4 cilindros en línea con camisas, con una cilindrada unitaria de:

$$V_{\text{cilindro}} = 4 * \frac{\pi * D^2}{4} * L = 4 * \frac{\pi * 9^2}{4} * 9,5 = 2925,12 \text{ cm}^3$$

Las partes del bloque son las siguientes:

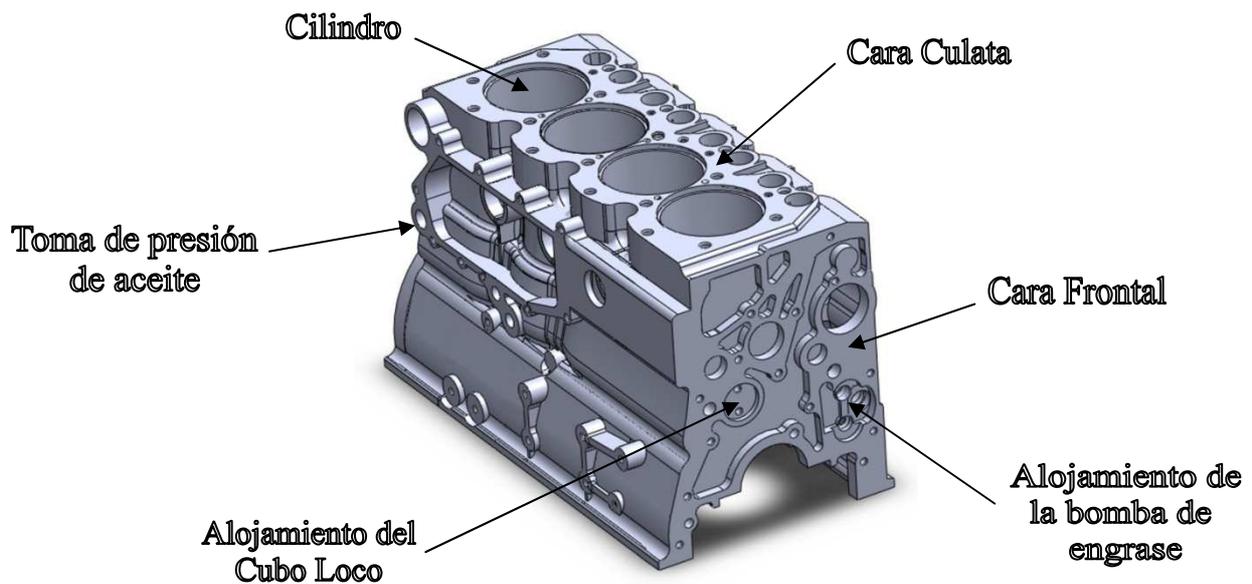


Fig. 1

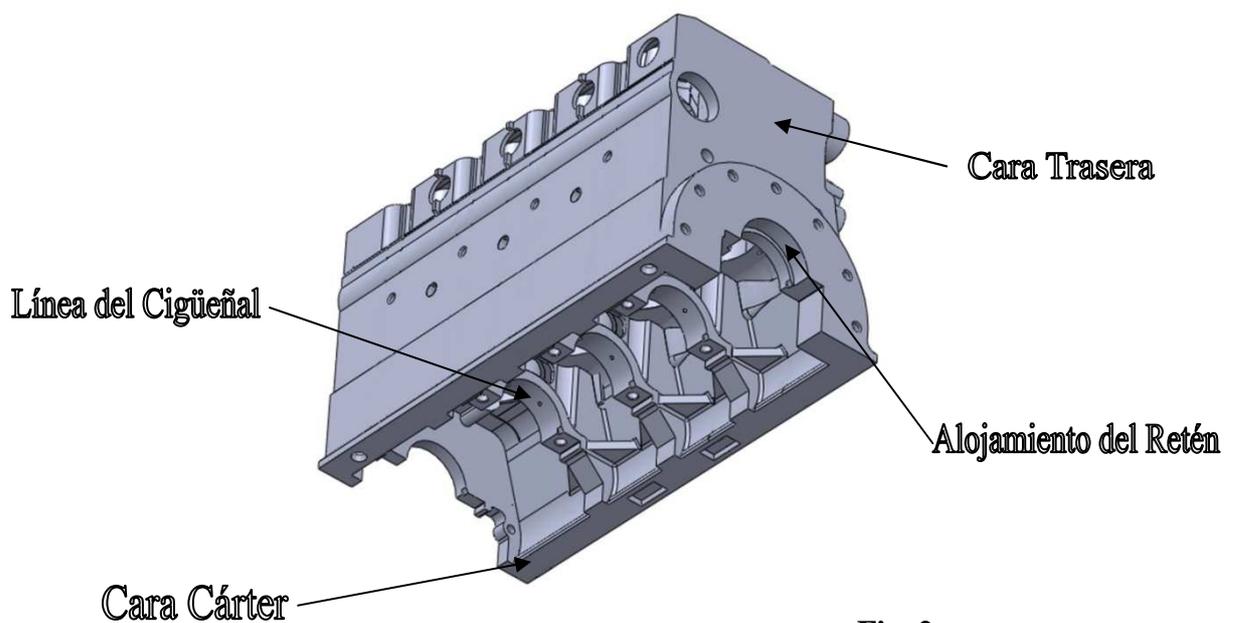
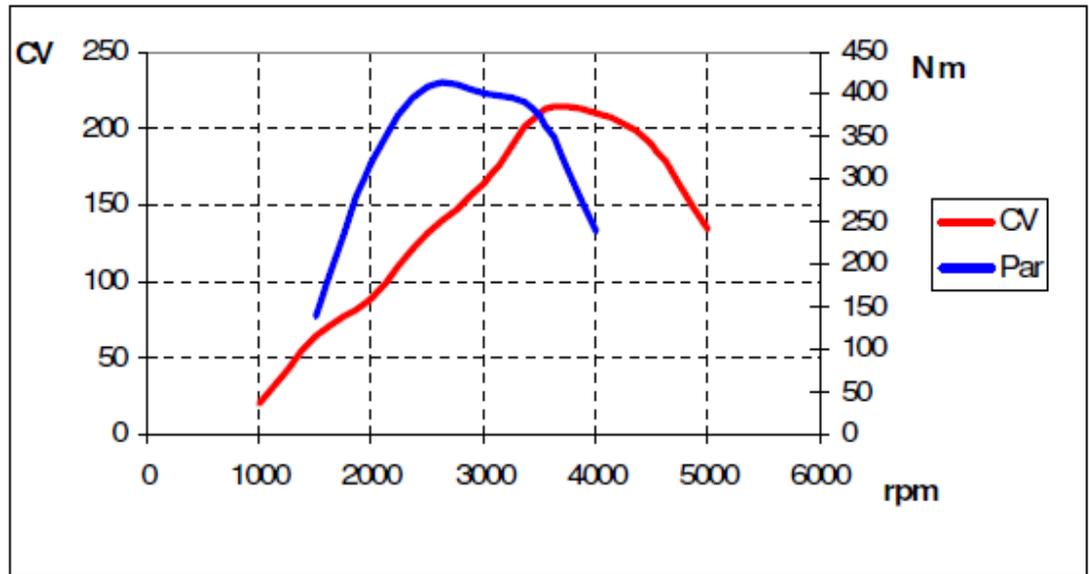


Fig. 2

La siguiente gráfica muestra la curva de potencia-par del motor al que pertenece el bloque motor:



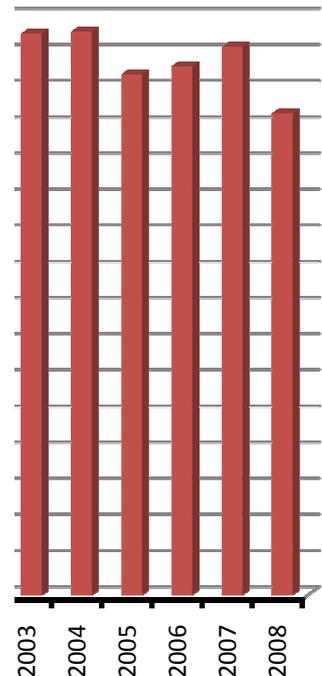
Por último las características técnicas del bloque motor:

<b>Modelo</b>	LM-01
<b>Tipo</b>	Turbodiésel, intercooler, 4 tiempos, Inyección directa
<b>Cilindros, disposición</b>	4 en línea
<b>Diámetro x carrera [mm]</b>	99 x 95
<b>Cilindrada [cm<sup>3</sup>]</b>	2925
<b>Potencia máx. [CV/rpm]</b>	210/3500
<b>Par máx. [Nm/rpm]</b>	420/2500
<b>Relación de Compresión</b>	16:1
<b>Capacidad aceite [l]</b>	7,5
<b>Capacidad sistema de refrigeración [l]</b>	16
<b>Capacidad depósito combustible [l]</b>	65

### 1.1.1.5. Cantidad de producción:

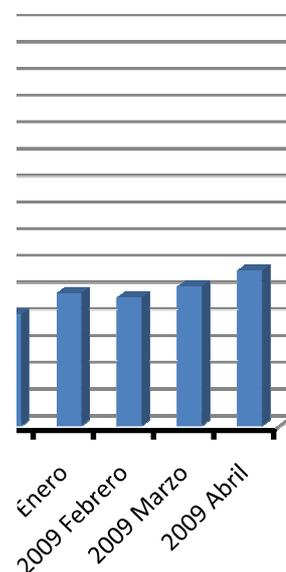
Como se puede observar en el siguiente gráfico, la producción nacional de vehículos ha ido creciendo a lo largo de los años a medida que el nivel adquisitivo de los españoles aumentaba junto a una creciente necesidad y moda en la adquisición de coches, bien sea para desplazarse a trabajar, viajar, etc.

Este rápido crecimiento, sin embargo, se ha visto afectado de forma significativa a partir del 2008 por la crisis económica, que no obstante aun presenta una fuerte demanda de vehículos y con ello de motores.



Debido a que la disminución de la producción se debe a un agente externo que parece ir a durar bastante tiempo, habrá que prever más posibles reducciones de la producción por la falta de demanda.

Por ello nos centraremos más en el mercado que precise del bloque motor de este proyecto, esto es, todoterrenos y vehículos de mucha potencia como los SUV (Sport Utility Vehicle o Vehículo Deportivo utilitario, estudiando la evolución en la demanda a lo largo del año pasado y principios de éste:



En el 2008 se llegaron a fabricar 606768 unidades. Como ya se comentó, este año ya supuso un gran descenso en las ventas, pero a principios del 2009 esta caída se atenúa aun más. Frente a las 235378 unidades que ya estaban fabricadas para Abril del 2008, en Abril del 2009 solo se han fabricado 105027 unidades.

Si tenemos en cuenta que en dos meses como mucho las ventas mensuales empezarán a decrecer, solo con la producción de esta planta se podría llegar a satisfacer las necesidades de todo este sector (lo cual no es el objetivo buscado en el proyecto).

Otro dato a tener en cuenta es la cantidad de producción que se destina a la exportación, ya que ésta puede mantener nivelada la demanda cuando los problemas económicos se den solo en el país (caso que no sucede ahora ya que la crisis económica es a nivel mundial), pero también tiene el inconveniente de que la cantidad de exportaciones (ya no solamente de automóviles, sino en general) se verán favorecidas ó perjudicadas por la fortaleza del euro frente a otras monedas.

<b>Detalle de exportación por tipo</b>					
	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	
	<b>Unidades</b>	<b>Unidades</b>	<b>Unidades</b>	<b>Unidades</b>	<b>%08/07</b>
<b>AUTOMOVILES DE TURISMO</b>	1705434	1689092	1803955	1655154	-8,25
<b>TODO TERRENO</b>	65829	95957	98661	64515	-34,61
<b>VEHICULOS INDUSTRIALES</b>					
<b>COMERCIALES LIGEROS</b>	300625	306365	285294	276900	-2,94
<b>FURGONES</b>	123268	127676	137074	133919	-2,3
<b>INDUSTRIALES LIGEROS</b>	33663	35811	47427	38397	-19,04
<b>INDUSTRIALES PESADOS</b>	14010	13799	11195	8288	-25,97
<b>TRACTOCAMIONES</b>	3827	3426	4522	2752	-39,14
<b>AUTOBUSES Y AUTOCARES</b>	647	746	1096	927	-15,42
<b>TOTAL INDUSTRIALES</b>	476040	487823	486608	461183	-5,22
<b>TOTAL VEHICULOS</b>	<b>2247303</b>	<b>2272872</b>	<b>2389224</b>	<b>2180852</b>	<b>-8,72</b>

Queda demostrado como las exportaciones también se han visto afectadas. Si nos fijamos en la exportación general de vehículos, ésta no ha variado mucho (ha descendido un 8,72%), pero aquellos vehículos que requieren de nuestro bloque motor, como los todo-terreno, ya sí que presentan alarmantes variaciones con un descenso de casi el 35%.

Esta es la situación española hasta el momento, principal cliente al que se le proporcionarán los bloques motor, ya que aunque se abren las puertas al comercio en el extranjero, las ventas españolas supondrán más de la mitad de los ingresos de la empresa. Por ello, se ha acordado una producción de 250.000 bloques motor, que podrá ser corregida en caso de ver que los estudios posteriores que se hagan del mercado reflejen un posible descenso de las ventas o incremento.

Para poder hacer frente a esta gran producción y tratando amortizarla lo antes posible, se elegirá una producción de tres turnos con 8 horas cada uno. Con ello se

---

obtendrán 1137 bloques al día que supone sacar un motor terminado cada 1 min y 8 seg. Debido a que éstos son datos de partida, es decir, estimaciones, si se prevee un aumento en la demanda por parte del cliente de bloques motor se deberá aumentar la producción mediante el empleo de turnos extra en días no laborables en el calendario establecido en un principio. Si por el contrario la demanda disminuye, se procederá a reducir la jornada laboral de los trabajadores, e incluso a la reducción de algún turno. En caso de salir todo según lo planeado, se utilizarán estos días no laborables para realizar el mantenimiento debido para que todo funcione correctamente durante la semana (se tendrá en cuenta que la legislación solo permite trabajar como mucho 80 horas en periodo no laboral).

## **1.1.2. Filosofía de la Línea**

### **1.1.2.1. Industrialización del Producto. Ingeniería de la Producción**

a) Planteamientos de los problemas por competitividad: Las empresas actuales han cambiado mucho desde sus inicios en los años sesenta, sin embargo aun presentan fallos a la hora de poner en práctica la organización empresarial. Esto supone un lento tiempo de reacción y actuación ante los cambios producidos por agentes externos (cada vez más frecuentes), o incluso internos, derivados por ejemplo de la adaptación de nuevas tecnologías.

Además los costes de las empresas han ido creciendo debido al mayor precio de la energía y materias primas, la mano de obra, el espacio, el dinero y la diversificación de productos.

Con esto se quiere demostrar que hacen falta unos requisitos mínimos fundamentales para asegurar el buen funcionamiento de la empresa:

- Realizar previsiones fiables, habituándose a posibles imprevistos
- Ser flexible para adaptarse rápidamente a estos imprevistos

- Mantener e incentivar las ventajas competitivas

Tales requisitos no podrán lograrse sin la colaboración activa de todos los integrantes de la empresa así como la de los clientes, proveedores, etc.

Estos factores, si realmente se llevan a cabo, pueden llegar a producir los siguientes cambios:

- Desarrollo de la tecnología del producto
- Implantación de nuevas filosofías de organización de la planta de producción
- Mejoras en la filosofía de la organización de trabajo
- Nueva distribución física de la empresa
- Relocalización de las instalaciones productoras y distribuidoras

Estas ideas serán difíciles de transmitir mientras más trabajadores haya. Por ello muchas veces se trata de concienciar al trabajador mediante *slogans* para reducir a cero el stock, los defectos y averías, los retrasos y el mal uso de los materiales. La situación en el que se alcanza estas ideas es una utopía ya que un stock reducido a cero supone un gran riesgo y antes o después termina apareciendo un defecto en la fabricación; lo que sí es cierto es que reduciéndolo todo a lo mínimo posible es la única forma de ser medianamente competente en el mercado, pudiendo elaborar la correcta estrategia a seguir por la empresa.

b) Análisis de las decisiones de implantación de nuevas tecnologías de producción:

Todo país industrializado, sea el que sea, posee la capacidad de desarrollar tecnologías rápidamente. Si estos países además están desarrollados, extenderán estas innovaciones con suma facilidad por todo su territorio repercutiendo en todos los aspectos que abarque su campo de acción.

Estas innovaciones suelen significar nuevos sistemas productivos que mejoran el sistema, aumentando la productividad, la calidad del producto, la rentabilidad o la competencia; pero también pueden surgir efectos negativos como el descenso del volumen de empleo, al ser sustituido el hombre por la máquina.

---

Los motivos por los que se implantan nuevas tecnologías de fabricación son:

- Disminución de los costes de fabricación: Los equipos automatizados en un sistema productivo aumenta la eficiencia de dicho sistema al sustituir la mano de obra directa. Al ser un autómatas no se cansa, y es capaz de realizar la misma operación una infinidad de veces con la misma precisión y sin perder tiempo, como terminaría pasando con un trabajador, al no distraerse.
- Mejorar la calidad de los productos: la calidad media de los productos viene dada por la habilidad y preparación de los trabajadores. A medida que pasan las horas de trabajo, esta habilidad va decreciendo por fatiga originando un cierto error. El automatismo elimina ese error.
- Incremento de la producción: Los robots trabajan más eficazmente que los humanos, no necesitan descansos y mantienen un ritmo constante. No obstante, la implantación de robots en una parte de la producción no implica necesariamente que la productividad de la producción en general aumente. La secuencia de fases en una producción obliga a que todas ellas lleven un mismo ritmo, por lo que acelerar el tiempo en una, solo crearía cuellos de botella si no se hace con cabeza. La finalidad de esta implantación por tanto, es reducir el tiempo de las fases más lentas que retrasan el resto.
- Eliminación de trabajos peligrosos o repetitivos: Numerosos accidentes laborales se deben al peligro o monotonía que estos conllevan. Utilizar robots para estos casos ayuda a reducir este riesgo.
- Adaptabilidad ante imprevistos: Las empresas deben de poder adaptarse en todo momento a la inestabilidad de los mercados flexibilizando su logística para satisfacer a la demanda mediante las siguientes acciones:
  - ❖ Adaptando el sistema productivo a la demanda existente. Este concepto es conocido como **flexibilidad** y existen distintas tipologías, pudiendo ser **de composición** (capacidad de fabricar distintas componentes al mismo tiempo), **de cambio** (capacidad de sustituir viejos componentes por otros nuevos), **de modificación** (capacidad de abordar cambios en el componente), **de alteración de las secuencias**

---

**de operaciones, de volumen de producción, de material** (capacidad de gestionar cantidades no controlables de materia prima)

- ❖ Adaptando el uso de la maquinaria según sea la producción: Las maquinas pueden emplearse para realizar diferentes actividades en cortos periodos de tiempo (producción en lotes) o que realicen la misma tarea durante largo tiempo, cambiando solo en momentos puntuales según la demanda.
- ❖ Adaptando la automatización según las necesidades de la empresa: Habrá que considerar la capacidad financiera de la que se dispone y si se tiene los conocimientos necesarios para poder utilizar la mejora tecnológica (esto es la formación de los operarios y directivos).

Los efectos de esta innovación tecnológica son:

- Volumen de empleo: La disminución de la plantilla de trabajo conlleva el ahorro de sus sueldos. Además, un robot es capaz de realizar lo que 1,5 trabajadores en un turno o lo que 4 en 3 turno. Se suelen sustituir aquellos puestos peligrosos, que requieran de mucha precisión o en la que se requiera un operario cualificado.
- Cambios en el contenido de trabajo: Los autómatas requerirán de un mantenimiento y de alguien que los automatice, aunque estos nuevos puestos no cubrirán todo el volumen de desempleo que previamente generarán. Este nuevo trabajo requiere de mayor cualificación por lo que el personal ha de tener una formación distinta, no pudiendo ser desempeñado muchas veces por los trabajadores despedidos. Así mismo se generarán unos costes a tener en cuenta por la formación y despido del personal.
- Seguridad: La automatización supone un decremento de los riesgos de trabajo por los motivos anteriormente expuestos.
- Mantenimiento: Todo equipo requiere de un mantenimiento. Una avería originada en un solo equipo puede conllevar el paro de toda la producción, por lo que ahora el mantenimiento será unos de los principales gastos

---

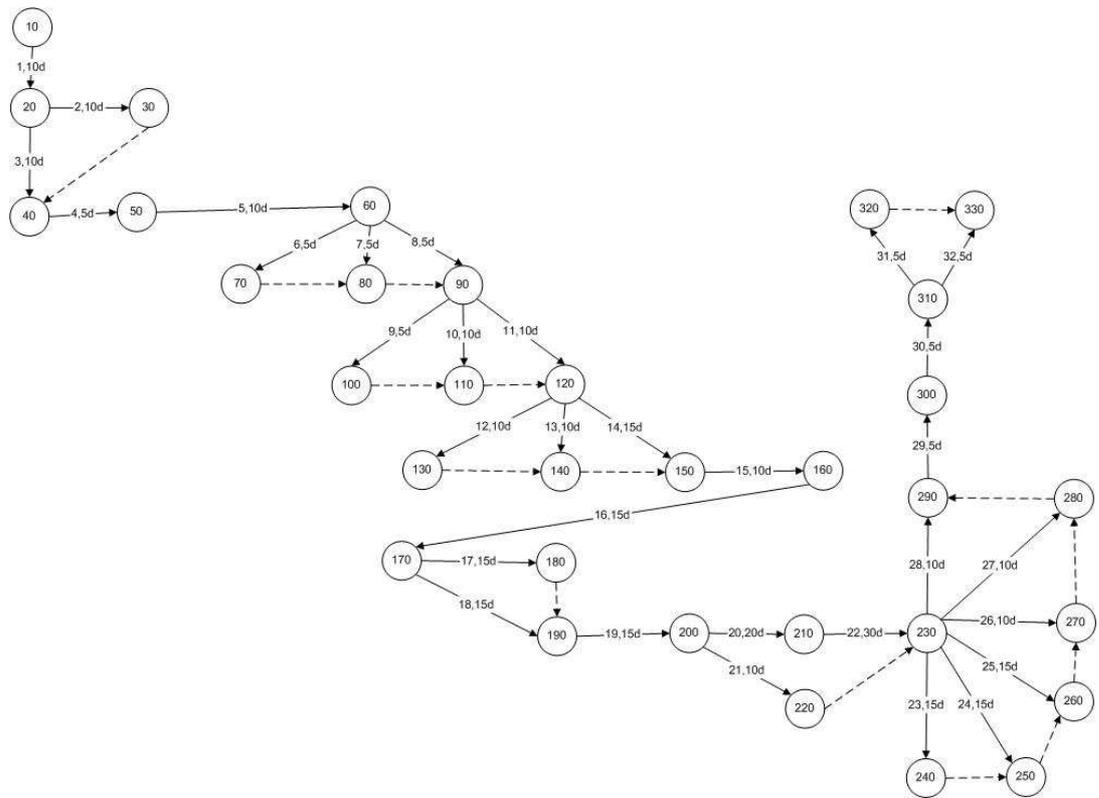
económicos. Puede ser realizado tanto por el servicio técnico de la compañía del sistema como por un equipo interno con los conocimientos realizados.

- Distribución en planta: Los nuevos equipos pueden requerir más espacio del que antes se tenía, de sistemas de ventilación, etc., por lo que puede suponer una reestructuración de toda la planta.
- Plazos de entrega: Los tiempos de preparación de la maquinaria se reducen, lo que repercute en un menor stock de trabajo al reducir el tamaño de los lotes, a la reducción del espacio para almacenar el inventario y a una mayor diversidad de productos.
- Calidad del producto: De manera general contribuyen a la mejora de la calidad de los productos debido a que eliminan los factores humanos. Sin embargo en la actualidad aun presentan limitaciones que requieren de personal cualificado que corrijan y ajusten la máquina.

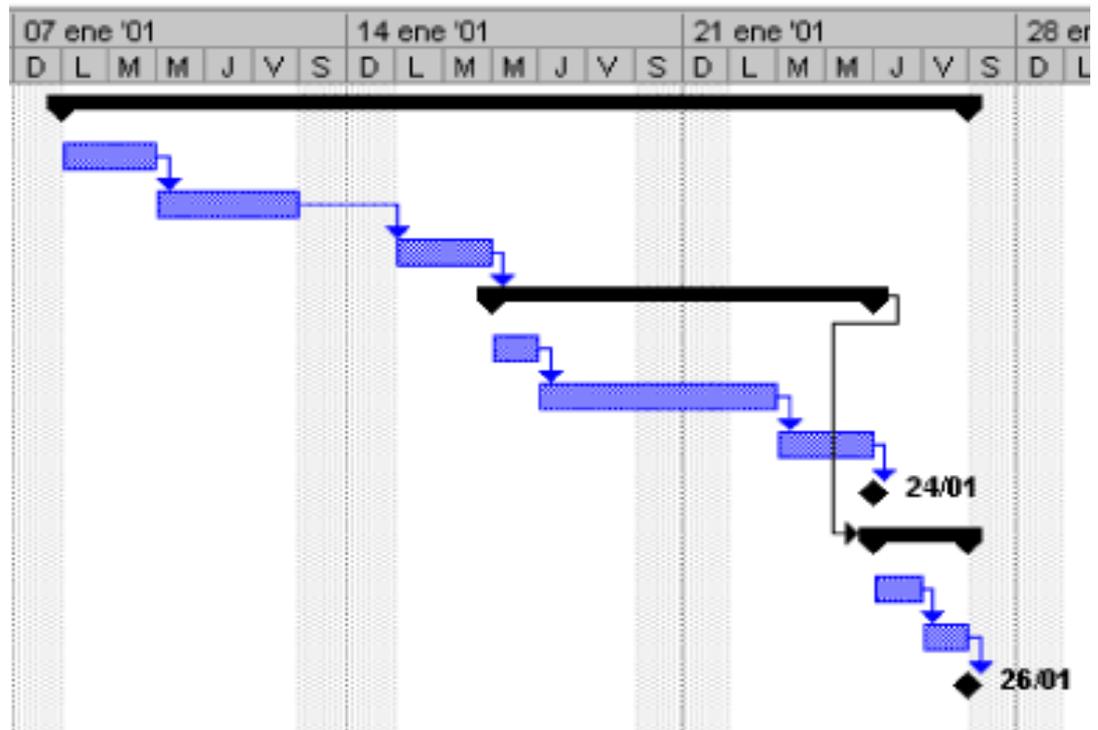
### **1.1.2.2. Planificación de las actividades para la industrialización del producto en líneas continuas**

Toda actividad requiere de una planificación previa que ayude a su posterior administración y control, bien sea de los recursos, personal o tiempo, para así obtener la correcta coordinación de sus elementos. Para ello son usados el diagrama de Pert y el diagrama de Gantt:

- a) Diagrama Pert (Program Evaluation and Review Technique): Consiste en la elaboración de una red de actividades que expresa las distintas reglas de precedencia entre las mismas a la vez que recogen las estimaciones de consumo de tiempo y de diferentes recursos. Ayudan a revelar cuál es la secuencia de acontecimientos críticos (acontecimientos que no pueden retrasarse en el tiempo) para el desarrollo del proyecto en el plazo previsto.



- b) Diagrama Gantt: Representación esquemática de las tareas que componen un proyecto, indicando sus fechas de inicio y terminación, al igual que sus holguras. Cuenta con una escala temporal, desarrollada horizontalmente, que representa la evolución en el tiempo de diferentes aspectos del proyecto y una entrada vertical que muestra las actividades y todo aquello que interviene en el proyecto. En principio no indica las relaciones existentes entre actividades aunque se pueden relacionar por su posición.



Es importante planificar el proceso para gestionar adecuadamente los recursos. En este caso, la planificación comienza con la recepción de la orden de producción del bloque motor. Se deben diseñar las hojas de operación, las especificaciones básicas, la lista de máquinas, planificar la inversión, la distribución en planta, la aceptación de los planos, la instalación de las máquinas, el equilibrado, etc. En el apartado *Anexos* se adjunta un Gantt de la planificación de las actividades en la fábrica.

---

### 1.1.2.3. Sistemas de fabricación. Flexibilidad de la producción. Lean Manufacturing

Existe una gran variedad de sistemas productivos y de diversas complejidades. Sin embargo todos ellos pueden ser clasificados según unas características comunes, independientemente del producto que vaya a ser fabricado.

a) Tipos básicos de procesos: Antes de fabricar un producto hay que cuestionarse que componentes de éste pueden fabricadas por subcontratas, cuales son las alternativas tecnológicas disponibles para la fabricación y de todas estas, seleccionar la más adecuada según las condiciones del mercado y el volumen requerido.

Cinco sistemas productivos básicos son:

- Por proyecto: Aquella obra o fabricación concebida previa y funcionalmente mediante un proyecto de ejecución y de diseño específico, normalmente con carácter original y no repetible, tal como una obra pública. Suele ser inamovible, por lo que las actividades de las que se compone han de admitir la posibilidad de ser realizadas en su ubicación correspondiente.
- Unitaria: Producción empleada cuando los clientes solicitan pedidos unitarios, es decir, cuando un producto requiere ser desarrollado con características diferentes según la necesidad. Se llevan a cabo mediante la designación de un jefe de proyecto que coordinará todas las actividades necesarias para llevarlo a cabo. Suele requerir de una alta especialización y debido a los largos periodos que transcurren entre un proyecto y otro, no se gasta en utillaje más que lo justificado.
- En lotes: cadena productiva encaminada a la fabricación de productos similares de manera cíclica y en un volumen superior a la producción unitaria. Hasta que un lote no ha pasado enteramente por la misma etapa productiva, no se pasa a la siguiente.

- 
- En serie: Los puestos de trabajo se ubican según un orden implícitamente establecido por el que el material en curso de fabricación se desplaza. Esto conlleva a utilizar la mínima cantidad del mismo, con poca manipulación y breves trayectos de transporte. No permite una rápida adaptación a otro sistema productivo y hay que conseguir igualar todos los tiempos de actividad entre los puestos de trabajo. Sin embargo consigue un mejor aprovechamiento de la superficie requerida para la instalación que con otro método y es muy frecuente en largas series como se da en la automoción.
  - Continua: Se fabrican siempre los mismos elementos que no requieren montaje, por lo que estos pasan de una parte del proceso a otra de forma automática requiriéndose las operaciones manuales solo en la supervisión. Lleva acompañado un desembolso inicial importante y se busca que las paradas en la producción sean mínimas. Muy usado para la obtención de productos químicos o de perfiles laminados.

b) Sistemas Job Shops frente a Flow Shop: Se diferencian en las características del flujo de materiales que atraviesa el sistema:

- Modelo de industria de proceso (Flow Shop): Fabricación conceptualmente continua, en el que la ruta que siguen los materiales y componentes es invariable. Como ejemplo puede citarse la industria de refinado de petróleo y la del mecanizado.
- Modelo de taller industrial (Job Shop): Fabricación de múltiples productos, con fabricación conceptual y físicamente discontinua. Existe una gran cantidad de rutas que varían en función de cada plan de trabajo. Como ejemplo puede citarse un taller convencional.

En la práctica, los sistemas productivos suelen tener características de los ambos.

c) Caracterización de los modelos productivos básicos:

Desde el punto de vista producto-mercado:

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>FLOW SHOP</b>	<b>JOB SHOP</b>
<b>VARIEDAD DEL PRODUCTO</b>	Pequeña	Grande
<b>DISEÑO DEL PRODUCTO</b>	Fabricante	Cliente
<b>PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN</b>	Contra Stock	Bajo Pedido

Desde el punto de vista de los inputs:

<b>Característica</b>	<b>Flow Shop</b>	<b>Job Shop</b>
<b>Layout orientado a:</b>	Producto	Proceso
<b>Nivel de automatización</b>	Mayor	Menor
<b>Intensivo en:</b>	Cápita	Trabajo/Materiales
<b>Capacidad</b>	Fácilmente definible	Difícilmente definible
<b>Plazo de maduración de expansión</b>	Alto	Bajo
<b>Necesidad de fiabilidad</b>	Alto	Menor
<b>Tipo de mantenimiento</b>	Integral/parada	Individual
<b>Número de inputs</b>	Mayor	Menor
<b>Variabilidad de inputs</b>	Mayor	Menor
<b>Intensidad de consumo de energía</b>	Mayor	Menor

- d) Grupos autónomos de trabajo: Las cadenas de fabricación son usadas para reducir los costes y tiempo de fabricación. Esto se debe a que al dividir el trabajo en tareas lo más simples posibles, hace que los trabajadores no necesiten estar tan cualificados y sin embargo se especialicen más en lo que están haciendo; como además no tienen que estar rotando, no pierden la concentración al cambiar de un puesto a otro y por tanto se producen menos errores. También se consigue ahorrar herramientas, ya que ahora no será necesario que todos los trabajadores lleven las mismas, sino solo las imprescindibles para su tarea. Sin embargo la

---

falta de incentivos y la monotonía en el trabajo es menos tolerada cuanto mayor es su cualificación. Por ello surgen los grupos de trabajo, donde las tareas son puestas sobre la mesa, y es el grupo el que se organiza como quiere.

- e) Sistemas Just in Time: Alternativa al Flow Shop, es un sistema de organización de origen japonés que permite aumentar la productividad, reducir la gestión y las pérdidas en los almacenes por stock innecesario. Sus características son:
- Flujo de materiales tipo “Pull”: Ya no se fabrica bajo suposición sino bajo pedido. La demanda del cliente es la que activa la orden de producción, que se transmite desde un puesto de trabajo al anterior hasta llegar a los proveedores.
  - Nivel de calidad elevado y constante: Puesto que el producto realizado ya se está esperando, es imprescindible adoptar un sistema de gestión de calidad que garantice la conformidad del producto, pero que no retrase su entrega. Así surge el Total Quality Management, en el que los mismos operarios realizan las pruebas de verificación en vez del Control de Calidad.
  - Tamaño de lotes pequeños: El stock permite organizarse con poco control y sin miedo a rupturas de inventario, sin embargo obligan a cargar con grandes costes de almacenamiento. Rebajar los lotes reduce tanto estos costes como los lead-times de fabricación y facilita la búsqueda de piezas defectuosas al haber menos unidades. Sin embargo obliga a una buena relación con los proveedores y subcontratistas.
  - Tiempos de preparación de máquinas pequeños: las máquinas ahora son preparadas con más frecuencia; se buscará que estos tiempos sean lo mínimo posibles, así como los tiempos muertos en el recorrido o los de cambio de herramienta.
  - Carga uniforme en los puestos de trabajo: La producción ha de tener un periodo corto de tiempo y ser constante.
  - Componentes y métodos de trabajo estandarizados: Una mayor estandarización de componentes lleva asociada una mayor repetitividad, aumentando la productividad.

---

#### 1.1.2.4. Tipos de distribución en planta

Una vez establecido la localización y dimensiones de la nave habrá que estudiar la implantación de la maquinaria. Para ello primero se decidirá si se quiere un taller pensado en una demanda variada (que sirva para una gran variedad de productos) o si por el contrario se centrará solo en la fabricación del bloque motor. Habrá que ver también que esta maquinaria ha de poder instalarse sin originar largos recorridos en el proceso de fabricación, que no origine cuellos de botella, que sea lo más segura posible para los trabajadores y que pueda moldearse a posibles variaciones en el flujo de entrada de los bloques.

- a) Estudio de la distribución: su objetivo es garantizar la capacidad productiva requerida, con la calidad exigida y unos costes aceptables asegurando también la flexibilidad mencionada en la anterior introducción. Por ello se deberá analizar todos los factores que ocupen un espacio (personal, maquinaria, almacenes, etc.) y tener en cuenta:
- Cantidad de centros de trabajo: Con el fin de reflejar las decisiones tomadas con anterioridad se tendrá que ver cuántos centros de trabajo se necesitarán y que apoyo se les tendrá que dar (utillaje, almacén, etc.).
  - Espacio necesario para cada centro de trabajo: Es necesario dimensionar adecuadamente cada centro de trabajo debido a que si éste es inferior al requerido la productividad puede disminuir, y si es superior supone una pérdida de dinero potencial y posibles problemas internos.
  - Configuración del espacio de cada centro: Se ha de buscar que sea un lugar agradable que inspire comodidad. Además se ha de configurar de tal manera que el trabajador pueda tener a mano todo aquello que requiera para su trabajo, sin que se requiera de un excesivo esfuerzo para alcanzarlo.
  - Donde situar cada centro: Su estudio es importante por dos razones. La primera es que una buena distribución reducirá el proceso de fabricación del bloque motor, y la segunda es que así se podrá calcular con mayor precisión

---

el tiempo muerto de la producción debido al desplazamiento de los operarios y del material.

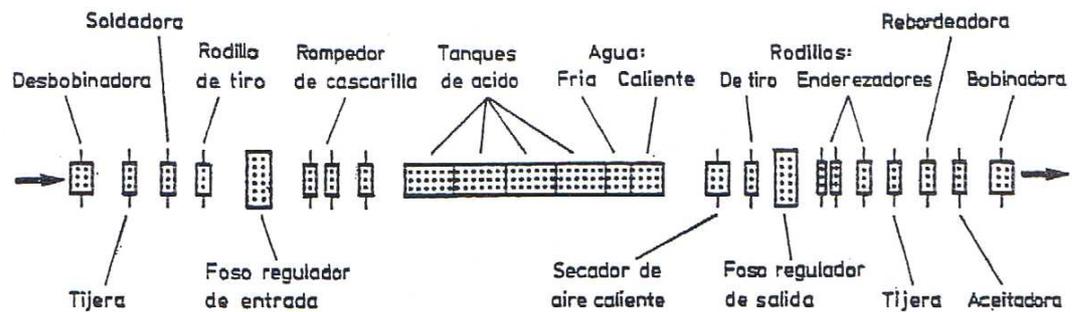
De todo esto se puede concluir que es el tipo de operaciones que se quiere realizar el que fija en un almacén el flujo de materiales y la preparación de los pedidos.

b) Factores a considerar en la distribución en planta: Se han de tener en cuenta los siguientes aspectos:

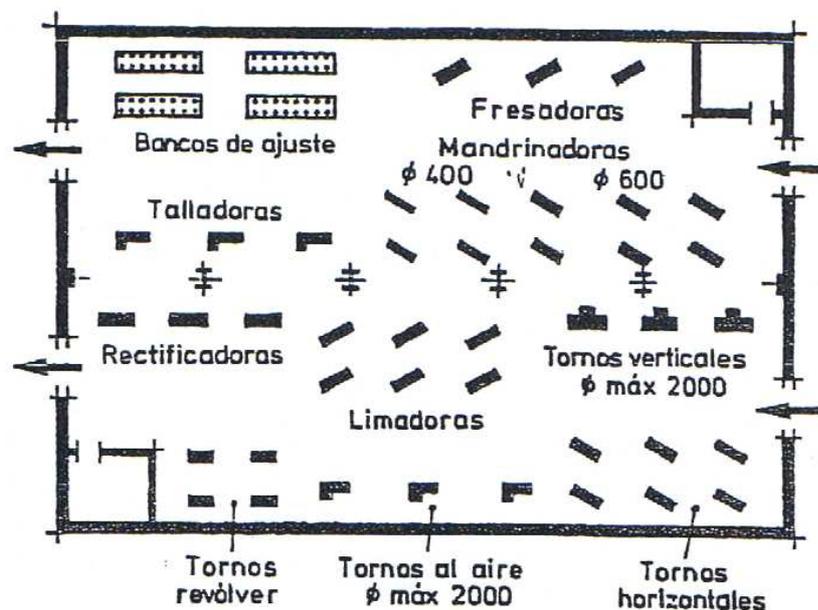
- Maquinaria e instalaciones de producción
- Número de operarios
- Movimiento de operarios y materiales
- Espera entre etapas del proceso
- Servicios auxiliares
- Restricciones de espacio en el edificio
- Posibles cambios futuros en el proceso

c) Tipos de distribución en planta:

- En línea: Los puestos de trabajo se distribuyen como una fabricación en series (ver pag.20). El principal inconveniente es el tener que conseguir una continuidad de funcionamiento, tratando de igualar los tiempos de las actividades o añadiendo puestos de trabajo iguales; en piezas muy repetitivas se puede garantizar esta continuidad estableciendo que al pie de máquina se encuentren varias piezas en espera. El paso entre puesto y puesto debe ser hecho por medios automáticos aunque conviene una automatización total, lo que eleva el coste de producción. Sin embargo la mano de obra directa no precisa de alta categoría profesional.

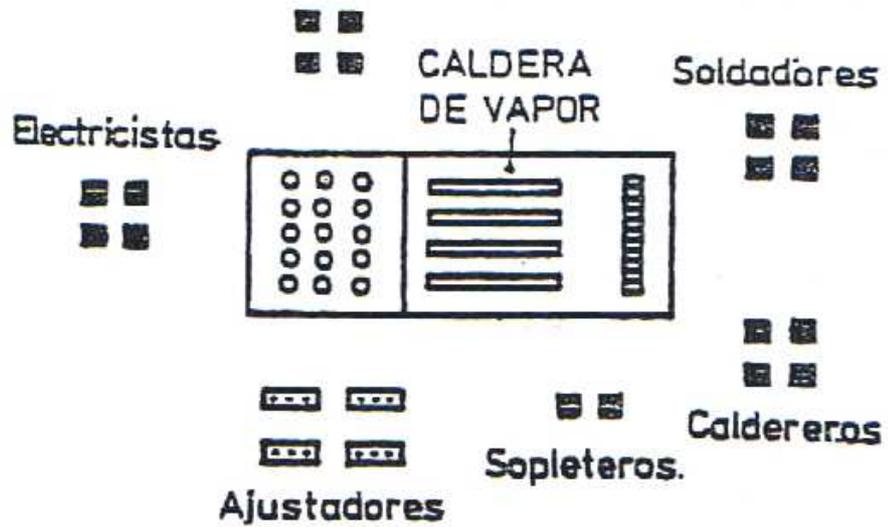


- Funcional: Los puestos de trabajo se sitúan por secciones homónimas. Estos puestos realizan las mismas operaciones aunque las características y capacidades de las máquinas pueden ser diferentes. El material en curso de fabricación se desplaza entre puntos diferentes dentro de una misma sección o de una sección a otra. Ésta distribución es más versátil siendo factible fabricar en ella cualquier elemento (solo está limitada por la instalación) y pudiendo programar los puestos de trabajo con la máxima carga posible. Además, las averías no originan retrasos acusados en la producción total.

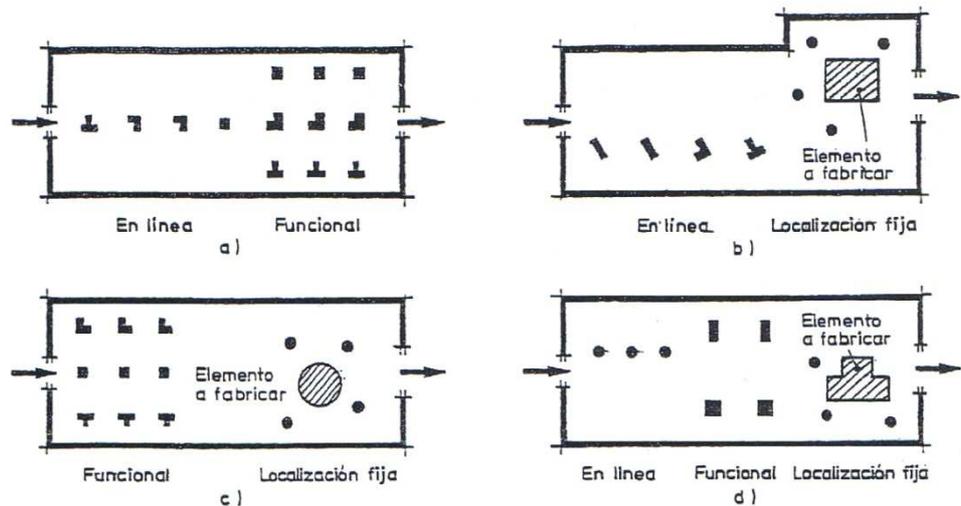


- Localización fija: Todos los puestos de trabajo, oxicorte, soldadura, pintura, etc., se instalan con carácter provisional (tanto tiempo como sea preciso) junto al elemento/conjunto que se fabrica/monta. La instalación puede estar cubierta o a la intemperie y todos los materiales o elementos, total o

parcialmente elaborados, concurren en él. Los puestos de trabajo se han de adaptar fácilmente a cualquier variación del elemento o conjunto a producir.



- Combinación de las distribuciones en planta: La mayoría de los procesos de trabajo pueden ser adaptados a una sola clase de distribución. Sin embargo, existen procesos más complejos que conviene subdividirlos en procesos parciales más simples, y que pueden tener distribuciones de planta distintas entre sí. Según esto, podrían hacerse combinaciones de dos en dos o de tres en tres:



- 
- d) Circulación del material: Una vez establecida la clase de distribución en planta conviene representar la circulación del material en curso de fabricación. Según la distribución, la ubicación de los puestos de trabajo se condiciona por diversos motivos: económicos, aprovechamiento de locales, versatilidad de procesos en la misma instalación, seguridad, etc. Algunos ejemplos de ésta circulación pueden ser:
- En línea recta: Los puestos de trabajo se disponen formando una línea recta, resultando instalaciones alargadas con la entrada y salida del material en prolongación, como en industrias de decapados o laminaciones.
  - En “U”: Los puestos de trabajo se disponen formando una U, acortando la longitud de la instalación.
  - En zig-zag: Se utiliza para adaptarse a locales ya existentes. La entrada y salida suelen encontrarse distantes y en fachadas ortogonales.
  - Irregular: Se da, como en el caso anterior, en locales ya existentes, pero esta vez los puestos de trabajo se colocan sin orden, solo se busca que la entrada y salida estén donde más convenga.
- e) Distribución de los almacenes: A veces, un proceso productivo necesita que sean acumulados sus productos en alguna fase. Esto ralentiza el proceso por tener que llevar las mercancías de un lugar a otro y por tanto lo encarece, de manera que se ha de intentar evitarlo o al menos, que el almacenaje sea lo menor posible y con las unidades más simples posibles para un mejor manejo. Estas mercancías, además, tras ser recibidas y almacenadas empezarán a perder valor hasta ser sacadas, por lo que se intentará que el flujo de las mercancías sea lo mayor posible. El almacén, puede distribuirse de distintas maneras según donde reciba y expida la mercancía, siendo en “U” si ambos puntos tienen los muelles de carga situados en el mismo lugar, en línea recta si los muelles se encuentran en puntos opuestos del edificio (muy normal cuando las mercancías recibidas proceden de una planta de fabricación adyacente).

---

### **1.1.2.5. Control y programación de la producción. Suministro a línea. Producción sincronizada**

El sistema de distribución física se ocupa de todas las actividades que hacen posible el desplazamiento de los productos terminados desde el final del proceso de fabricación hasta los clientes. Éste es, por consiguiente, un nexo entre la empresa y el cliente por lo que sus objetivos serán dar servicio a sus clientes y ocuparse de los costes. Los elementos que forman este concepto son:

- a) Tiempo de ciclo pedido-entrega
- b) Fiabilidad del inventario
- c) Fiabilidad de los medios de transporte de los pedidos
- d) Exigencias en el tamaño del pedido y frecuencia de entrega
- e) Flexibilidad del sistema
- f) Facilidad para efectuar pedidos
- g) Exactitud en el sistema de facturación
- h) Reclamaciones y quejas de los clientes
- i) Información sobre el estado de un pedido

Los elementos que añaden coste a un pedido son:

- a) Información
- b) Mantenimiento de inventarios
- c) Operaciones de manutención
- d) Roturas de stock
- e) Transporte
- f) Instalaciones de almacenaje
- g) Devoluciones

Para planificar las rutas de reparto se ha de conocer y localizar las demandas. Tras saber las posibles opciones que se tiene para llegar hasta ahí (camiones, trenes, aviones o barcos), se escoge la más económica que permita llegar en el plazo fijado. Una ruta puede pasar por varios puntos de demanda y también pueden existir varios

---

puntos de origen. Estas rutas pueden variar de un pedido a otro según la cantidad de mercancía que se pida y la distancia entre puntos de pedido ya que los vehículos tienen una capacidad máxima de transporte y los conductores no pueden conducir más de un determinado número de horas por día (lo que aumenta la duración de las rutas). Además los clientes no siempre pueden recibir el pedido en cualquier momento del día y muchos de ellos necesitan que les llegue un determinado día de la semana.

El suministro del proveedor a la línea de fabricación puede realizarse mediante tren o camión (esta elección dependerá del precio al que este el carburante, las tasas horarias de los transportistas, etc.). Éste es descargado en los muelles mediante carretillas elevadoras que lo transportan hasta el almacén para más tarde usarlo. Una vez mecanizado se paletizará y volverá a ser cargado al camión.

### **1.1.3. Producto y proceso de fabricación de un bloque motor**

#### **1.1.3.1. Características de la fábrica**

##### **1.1.3.1.1. Filosofía de la línea**

El *análisis de flujo* de la producción es una herramienta para determinar las familias de componentes y los grupos de máquinas empleadas en la fabricación con el fin de proceder a la mejor distribución de la maquinaria, programar la introducción de los cambios y presupuestar los gastos y reducciones de coste de manera que se pueda efectuar un control eficaz. Este estudio se realiza mediante las hojas de ruta de las piezas.

Actualmente las fábricas utilizan dos tipos de distribución: la *lineal* (ver pag. 26) y la *funcional* (ver pag. 27).

Para el diseño de la línea de este proyecto se ha decidido seguir una distribución lineal ya que es la más rápida de todas. Esta distribución tendrá forma de “doble U”, ya que la longitud que ocuparía siendo una sola recta sería demasiado larga e

---

innecesaria (de esta manera es más fácil acceder a cualquier punto de la fabricación). A lo largo de esta línea se colocarán las islas de control o verificación con el fin de perder el menor tiempo posible con el transporte de la pieza hasta el laboratorio. El paso de los operarios por la planta se hará a través de puentes que pasarán por encima de la cinta transportadora y el refrigerante será bombeado y suministrado a las máquinas desde un depósito por medio de canales bajo la fábrica.

#### **1.1.3.1.2. Descripción de la instalación**

Industria Autofabrientec es contratada para la fabricación del bloque motor. Esta se situada en el polígono industrial Empresarium. El polígono está situado en el Barrio de la Cartuja Baja, a 6 km de Zaragoza, en la autovía de Castellón A68 (a 1,5 km) y la carretera de Torrecilla de Valmadrid (a la cual da la fachada), compartiendo espacio con otras grandes empresas como Tudor, HispanoCarrocera, Schindler, etc. Empresarium cuenta con todo tipo de servicios como gas natural, Internet de banda ancha, potencia eléctrica de hasta 45 kV, agua industrial y agua potable.

Zaragoza es la capital de la Comunidad Autónoma de Aragón y de la provincia de Zaragoza. Es la quinta ciudad española en población con 666.129 habitantes empadronados a 1 de enero de 2008 según INE (682.283 según el Ayuntamiento) y la cuarta en actividad económica. Su privilegiada situación geográfica, a unos 300 km de Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao y Toulouse, la convierte en un importante nudo de comunicaciones. La economía zaragozana muestra una acusada dependencia respecto a la industria ligera del metal y, en particular, del automóvil. Ocupa en ella un lugar destacado la fábrica de Opel (General Motors) en Figueruelas, una localidad próxima, alrededor de la cual se ha desarrollado un ecosistema de industrias auxiliares. En el terreno industrial también sobresalen B.S.H. (electrodomésticos), CAF (material ferroviario), SAICA, ICT Ibérica y Torraspapel (papel), Pikolin (colchones), Lacasa (chocolates), Hispano-Carrocera (autocares), etc. Además, Zaragoza dispone de aeropuerto (a 10 km desde la fábrica) y ferrocarril de alta velocidad, AVE (a 2 km desde la fábrica), con trayecto Madrid-Zaragoza-Lerida (se puede estar en Madrid en 90 minutos) y otro a Barcelona.



Imagen sacada de El Periódico de los terrenos de Empresarium





### 1.1.3.1.3. Cimentación, canal rápido, carriles y puentes de transporte

- a) Cimentación: La bancada de la máquina no es la única que encargada de absorber las vibraciones producidas en la fabricación, la cimentación sobre la que va montada también ha de ser robusta y tenaz. Solo así se consigue dimensiones muy precisas y un lugar de trabajo más apacible ya que estas vibraciones no solo producen inexactitudes sino también ruidos según las revoluciones a las que trabaje la máquina. Suele ser de hormigón.
- b) Canal rápido: Cuando se utilizan gran cantidad de máquinas, suele ser normal que los refrigerantes que vayan a ser utilizados en las herramientas vengan de un depósito común para optimizar su uso. Estos canales son de doble sentido, es decir, mediante conductos llevan el refrigerante limpio a la máquina y el que ya ha sido usado vuelve al depósito por fuera del conducto (aunque dentro del canal) donde es depurado hasta poder volver a ser utilizado.
- c) Carriles y puentes de transporte: La zona de fabricación dispone de carriles y puentes de transporte que en un primer momento serán encargados de instalar las máquinas sobre su cimentación y una vez que están instaladas se emplean para el transporte tanto de bloques motor desde un punto de la instalación a otro como de maquinaria y accesorios pesados. Por otra parte, en el almacén existen puentes grúa encargados de apilar los bloques, tanto una vez mecanizados como los que vienen de fundición.



Imagen de una cadena de puentes de transporte

#### 1.1.3.1.4. Bancos de rodillos

Son esenciales en líneas de fabricación donde se mecanizan pesadas piezas. Estos llevan las piezas de una máquina a otra automáticamente, sin tener que usar puentes grúa, ni la necesidad de usar mano de obra (aunque permite una fácil manipulación de los elementos que circulan por él). Sustituyen la cinta transportadora, que debido a la cantidad de piezas y el peso de éstas, se desgastaría rápidamente por rozamiento. Para su correcto uso son necesarios también androides que coloquen correctamente la pieza en la máquina y la devuelvan a los bancos cuando ésta haya terminado su fase de mecanizado.



#### 1.1.3.2. Distribución en planta de la línea

##### 1.1.3.2.1. Operaciones de mecanizado del bloque motor y puntos clave

*Nota aclaratoria: Este apartado pretende explicar brevemente cada uno de las operaciones realizadas en el proceso de mecanizado que viene detallado en el apartado 6. Anexos de la Memoria Descriptiva.*

La búsqueda por un bajo coste, obliga a mantener poco tiempo al bloque motor en el almacén una vez ha sido recogido del muelle de carga. Puesto que el tiempo ciclo será, al fin de cuentas, el que determine la velocidad a la que irá disminuyendo el

almacén, hay que intentar mantener controlada todas las operaciones con el fin de que no se produzcan fallos que detengan la producción.

Las operaciones a realizar son las siguientes:

- a) **OP 10 a 30: Fresado de las cara cárter, cara culata y cara asiento de bancada en desbaste:** El bloque se sujeta en los desarenados y en los apoyos de fundición de la cara cárter previstos con anterioridad, para así tener una referencia con la que programar el CN y poder empezar la fabricación. Se empieza fresando las caras principales culata y cárter, ya que serán sobre las que se colocará el bloque más adelante y se ha de asegurar una mínima planicidad para no descentrar mucho las herramientas de corte.

La cara cárter es la cara inferior. En ella se atornilla el Carter, asegurando una perfecta estanqueidad para no tener pérdidas del aceite recogido del motor, con el que se lubricará el cigüeñal a altas presiones.



Imagen del cárter



Imagen de la cara cárter

La cara culata es la cara superior. Es una zona importantísima del bloque motor ya que ahí va montada la culata, parte imprescindible que aloja las válvulas, uno dos árboles de levas, la cámara de combustión y en los motores de gasolina, las bujías. Por ello se debe asegurar la estanqueidad, para optimizar al máximo el poder calorífico en la combustión y evitar fugas peligrosas para la vida del motor.



Imagen de una culata



Imagen de la cara culata

También se fresará la cara del asiento de las tapas de la bancada debido a que sobre ésta irá apoyada la tapa encargada de formar el recinto dentro del cual girarán las muñequillas del cigüeñal. Será uno de los puntos clave a los que prestar atención, ya que las continuas vibraciones que producirá el cigüeñal obliga a que no se pueda permitir el más mínimo defecto (tanto en esta superficie como en la correspondiente a las tapas).

- b) **OP 40 y 50: Fresado de la cara cárter y la cara asiento de bancada en acabado:** Una vez obtenida una aproximación a la medida deseada, se realizará el acabado de estas dos superficies. Del perfecto acabado de la cara cárter dependerá posteriormente que se cumplan las tolerancias dimensionales y geométricas del bloque motor.
- c) **OP 60 a 80: Taladrar, refrentar y escariar por cara cárter taladros diversos para referencia de utillaje del resto de la línea:** Sustituirán a los apoyos de fundición, aunque se posicionarán en función de estos, por lo que es muy importante que el bloque haya llegado de fundición con las medidas exactas ya que sino el resto de las operaciones estarán mal. De la misma manera también es muy importante la precisión con la que se taladren estas nuevas referencias lo que las convierte en otro punto clave de la fabricación.



Taladros de referencia

- d) **OP 90 a 180: Fresado en desbaste de las caras frontal, trasera, izquierda y derecha:** Se realizará una primera pasada sobre estas caras para acercarse a las medidas estipuladas. Estas operaciones solo planearán las caras sin centrarse en los entrantes. Al igual que con las caras culata y cárter, sobre estas superficies también se montarán más tarde otros equipos, por lo que habrá que ir prestando atención a como quedan las superficies tras el mecanizado.

Los equipos que se montarán posteriormente son:

- Ventilador del radiador: Se monta sobre la cara frontal. Aspira el aire cuando es necesario para refrigerar el motor.



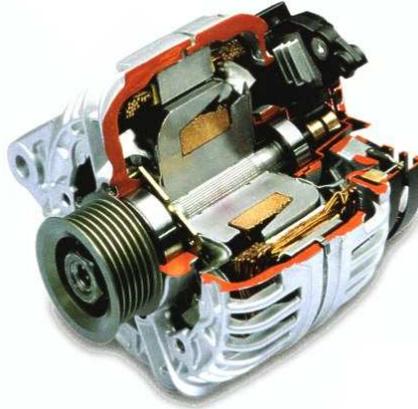
- Bomba de agua: Se monta sobre la cara frontal. Bombea el agua que pasa a través de las camisas y refrigera el motor evacuando el calor por el radiador.



- Bomba de aceite: Se monta sobre la cara frontal. Se ocupa de dar presión a los conductos del aceite para que éste circule por todas partes y lubrique correctamente, evitando el gripaje producido por rozamientos.



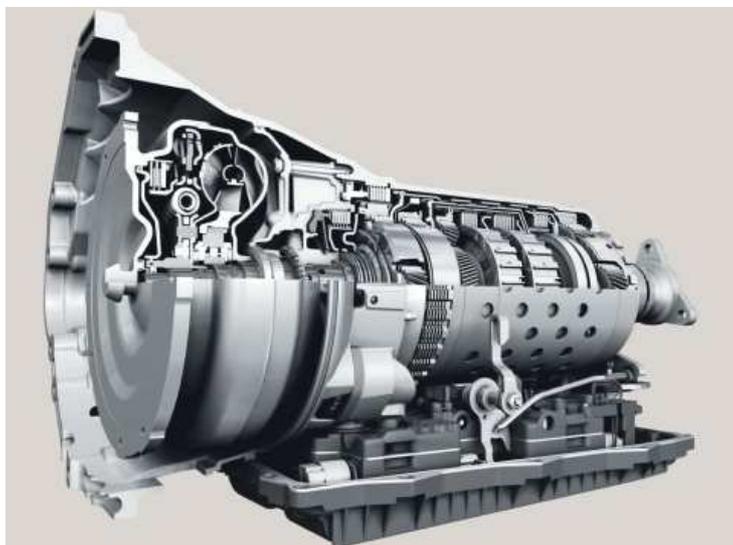
- Alternador: Se monta en la cara frontal. Produce energía, usando el movimiento del coche, para todo el sistema eléctrico que almacena en las baterías.



- Compresor del aire acondicionado: Se monta en la cara frontal. Mediante un embrague se conecta o desconecta el dispositivo con los conductos del aire para refrigerar la cabina.



- Caja de velocidades: Se monta en la cara trasera. Se encarga de regular la potencia que llega a través de los ejes hasta las ruedas mediante la combinación de distintos engranajes que se seleccionan con la palanca de cambios.



- e) **OP 190 a 250: Fresado en desbaste cara frontal:** Continuando con la operación anterior, ahora se fresara las paredes interiores de los orificios donde irán acoplados los equipos y se empezará a dar forma a la cavidad de la bomba de engrase.
- f) **OP 260 a 320: Fresado en desbaste cara izquierda, cara derecha y cara trasera:** Como en las operaciones anteriores, se fresarán las cavidades y orificios en desbaste. En la cara izquierda se fresará el enfriador, en la derecha los agujeros de los desarenados y en la trasera se fresará el alojamiento del retén.
- g) **OP 330: Lavado del bloque motor:** Se procederá a un primer lavado de tipo túnel para asegurar que no queden virutas por las superficies que puedan dañar las superficies en las siguientes operaciones ahora que van siendo más importantes.



- h) **OP 340 a 360: Fresado en desbaste de los apoyos del cigüeñal:** Aquí irán apoyadas las muñequillas del cigüeñal, las cuales girarán a altas velocidades y durante mucho tiempo. Sin una película de aceite perfectamente distribuida se produciría gripamiento, por lo que éste es otro de los puntos clave en los que el mecanizado ha de estar bien controlado.
- i) **OP 370: Fresado periférico de los apoyos de la bancada**

- j) **OP 380: Fresado de muescas para el alojamiento de los casquillos en los apoyos:** Aparte de la película de aceite, también hay que asegurar el rozamiento por el movimiento relativo entre los apoyos del cigüeñal y las muñequillas. Para ello se instalan unos casquillos metálicos que reducen el rozamiento, y para sujetarlos correctamente se realizan unas muescas en los apoyos.



- k) **OP 390 y 400: Mandrinado de cilindros en desbaste por posiciones:** Los cilindros son la parte del motor donde se produce la explosión del combustible mezclado con el aire. Esta zona es sumamente importante, ya que su acabado debe ser tal que permita el juego entre el cilindro y pistón para que el rozamiento no produzca pérdidas mecánicas y a la vez, que pueda fluir el aceite de refrigeración sin ocasionar fugas de presión o del mismo combustible al resto del motor. El control de las dimensiones de estos cilindros ha de ser por tanto muy riguroso.



- l) **OP 410 a 440: Taladrar raíles de engrase por cara trasera y frontal:** Se realizan para poder llevar el aceite a través de todo el motor como las muñequillas o el árbol de levas. Se realizará mediante dos taladros profundos dado su longitud. El circuito posee una toma de presión, que unido a un sistema electrónico comprobará si es el correcto ya que de lo contrario se corre el riesgo de tener falta de lubricación y por tanto que algún componente del motor gripe.

- 
- m) **OP 450 a 590: Taladrar agujeros diversos por caras frontal, trasera, derecha e izquierda:** Se taladrará los agujeros a los que luego se atornillará la distribución, la caja de cambios, el enfriador, etc.
- n) **OP 600 a 650: Roscar agujeros diversos por caras frontal, trasera, derecha e izquierda:** Se roscan los taladros anteriormente hechos para poder atornillar los tornillos.
- o) **OP 660 a 710: Taladrar, roscar y avellanar agujeros diversos por cara culata:** Ahora se taladrarán los agujeros donde irá atornillado la culata. También se preparará la zona donde más tarde se taladrarán los pasos de agua, avellanándola.
- p) **OP 720 a 740: Taladrar y roscar agujeros diversos por cara cárter:** También habrá que taladrar los agujeros donde se atornillará el cárter y las tapas de la bancada.
- q) **OP 750 a 770: Taladrar, mandrinar y escariar los alojamientos de los taqués:** Se abrirán los pasos de los taqués. Estos son vástagos de metal que se encargan de trasladar el movimiento vertical de las levas a la válvula, haciendo que los balancines abran o cierren las válvulas dependiendo de la fase del motor en la que se esté. Por ser un movimiento tan preciso, deberá asegurarse el perfecto dimensionado e inclinación de estos taladros, así como su acabado superficial para no exceder en la fricción.



- 
- r) **OP 780 a 790: Taladrar pasos de agua superiores:** Se taladrarán diversos agujeros para comunicar el refrigerante entre las camisas y así mantener un mismo nivel en y presiones en ambos.
- s) **OP 800 a 810: Taladrar raíles de engrase hacia eje de cigüeñal:** Desde los raíles principales se sacarán conductos que lleguen hasta las muñequillas y de éstas al árbol de levas para lubricar todo el motor.
- t) **OP 820: Lavado del bloque motor:** Se volverá a realizar un lavado antes de terminar con la última fase del mecanizado para asegurar que no haya virutas ni obstrucciones por las superficies.
- u) **OP 830 a 900: Fresado de las tapas en desbaste y acabado:** Se fresarán en desbaste las caras frontal, trasera y laterales de las tapas; también las caras donde irán apoyadas al bloque motor, la línea del cigüeñal y la cara donde se introducirán los tornillos. Después se fresarán en acabado todas las caras que estarán en contacto directo con el bloque, es decir, las caras laterales, frontal y trasera (para que encajen bien) y la que estará en contacto con el asiento en el bloque.
- v) **OP 910 a 920: Taladrar y roscar paso de tornillos de cosido a bloque:** Ahora se practican los agujeros que atraviesan las tapas.
- w) **OP 930 a 940: Fresado de muescas para posición de cojinetes en la línea del cigüeñal, fresar y cortar tapas individualizando las 5 unidades:** El último paso es hacer las muescas que coincidan con las del bloque motor y después separarlas con una sierra.
- x) **OP 950: Lavado de las tapas:** Al igual que con el bloque se lavan las tapas para quitar posibles virutas y taladrina que pueda quedar por la superficie.
- y) **OP 960: Montar tapas de bancada según referencia indicada consiguiendo par de apriete:** Es una operación semiautomática ya que la colocación de las

---

tapas es manual, pero para evitar problemas con el apriete de los tornillos (que no queden sueltos o muy prietos, lo que originaría roturas) se hace mediante robots.

- z) **OP 970 a 980: Mandrinar los apoyos del eje de levas por cara frontal y trasera:** Se mandrinará primero en desbaste y luego en acabado. Es uno de los puntos clave ya que el árbol de levas forma parte del mecanismo de apertura y cierre de las válvulas.
- aa) **OP 990: Mandrinar en acabado la línea del cigüeñal:** Se mandrinará la superficie cilíndrica de la línea con las tapas montadas. Se hace así porque es la única forma de conseguir las tolerancias geométricas de redondez, ya que de hacerlo por separado no tendrían porque coincidir. Tras mandrinarlo, se volverán a separar las tapas para poder introducir el cigüeñal.
- bb) **OP 1000: Mandrinar en acabado alojamiento del cubo loco**
- cc) **OP 1010 a 1020: Mandrinar en acabado los cilindros:** Se aproximará aun más a las medidas de los cilindros, mejorando su rugosidad poco a poco y empezando a obtener ya tolerancias geométricas tales como de posición, perpendicularidad y cilindridad.
- dd) **OP 1030 a 1130: Fresar en acabado las caras frontal, trasera, derecha, izquierda y culata:** Con ello quedan ya acabadas las caras principales, estando sus dimensiones acabado superficial dentro de tolerancia. Así mismo se obtiene las condiciones de perpendicularidad y planitud en las caras.
- ee) **OP 1140 a 1150: Limpieza del raíl de engrase y toma de presiones de la bomba de engrase:** Mediante unas escobillas se limpiará manualmente los raíles y se comprobará visualmente que no hayan quedado virutas y la mecanización sea correcta.
- ff) **OP 1160 a 1170: Lavado general del bloque motor y calibrado de los pasos de agua:** Salvo el bruñido de los cilindros, el bloque motor no pasará por

---

ninguna otra operación de mecanizado, por lo que se volverá a lavar para asegurar que no queden virutas en las siguientes operaciones de control y montaje del bloque.

- gg) OP 1180: Aplicar sellante en los desarenados:** Mediante un robot se introducirá sellante en estos agujeros, que como ya no tienen utilidad, es mejor cerrarlos a permitir que se vuelva a meter suciedad en el bloque.
- hh) OP 1190: Montar tapones:** Se introducen tapones en los agujeros con sellante.
- ii) OP 1200: Prueba de micro fugas:** Tras realizar el sellado de los agujeros se introducirá el bloque en una cámara de agua, para comprobar si los pasos de aceite y agua presentan alguna fuga.
- jj) OP 1210 a 1220: Bruñir cilindros en semiacabado y acabado:** Se obtendrán las dimensiones finales del cilindro y se realizarán pequeños surcos a 35° para que el lubricante fluya idóneamente.
- kk) OP 1230 a 1240: Medición automática de diámetros y marcado automático del código de familia:** Se medirán los primeros 60 mm de longitud del cilindro (desde la cara culata) para determinar si está o no dentro de tolerancia. En función de la medida real, se determinará a cuál de las tres familias pertenece y se marcará en sus proximidades. Esto sirve para después poder saber que cilindro introducir en él en función de las dimensiones que se hayan obtenido con éste también.
- ll) OP 1250: Lavado calibrado del bloque y secado:** Aun pueden quedar minúsculas virutas por el bloque, así que este lavado se encarga de limpiarlo en profundidad. Además el bruñido anterior aparte de haber levantado algo de material, también ha usado aceites que no deben de quedarse ahí.

- 
- mm) OP 1260: Montar casquillos en el árbol de levas:** Para disminuir la fricción entre el bloque motor y el árbol de levas cuando éste gire, se colocarán casquillos en los puntos de apoyo.
- nn) OP 1270: Marcar clave de componente mediante tampón:** Se marcará cada bloque en su cara trasera para luego poder trazarlo y tener un control en la producción.
- oo) OP 1280: Colocar piezas en pallet:** Se colocan 8 bloques motor por pallet para luego poder almacenarlos.

Como se puede comprobar, cuanto menor sea el rango de una tolerancia, más procesos de mecanizado se han de realizar para poder obtenerla, y en determinados casos, las tolerancias son tan pequeñas que no vale cualquier modo de fabricación para poder conseguirla. Por ello cuanto más exigente sea una pieza, mayor será su precio de fabricación. El buen diseñador es aquel que mantiene un equilibrio entre las exigencias con las tolerancias dimensionales, las geométricas y el acabado superficial; como medidas de referencia:

$$Ra_{\max} = \frac{IT}{30}$$

Los grados típicos de acabado superficial son:

- a) **Ra = 0,1 µm:** Conocido como acabado espejo, no muestra marca de herramienta alguna. Se usa en cojinetes o rodamientos con carga.
- b) **Ra = 0,2 µm:** En contactos con cuerpos deslizantes como el juego cilindro-pistón, las levas, etc.
- c) **Ra = 0,4 µm:** En sellados o cuerpos sometidos a fatiga.
- d) **Ra = 0,8 µm:** En zonas de vibración o tensiones.
- e) **Ra = 1,6 µm:** En tolerancias estrechas sometidas a esfuerzos no alternativos.
- f) **Ra = 3,2 µm:** En superficies normales, no trabajen a deslizamiento.

---

### 1.1.3.2.2. Máquinas principales. Plan de implantación.

A medida que el proceso productivo se hace más complejo, gran parte de las máquinas de mecanizado que se encuentran en el mercado se vuelven inservibles. En estos casos, cada vez son más las empresas que deciden buscar soluciones ajustadas a sus problemas, es decir, máquinas diseñadas única y exclusivamente para esa producción. Estos casos resultan más caros que comprar máquinas ordinarias, pero si la producción es grande, es fácilmente amortizable y tiene la ventaja de resultar más productivas al estar pensadas para ese fin.

El diseño de estas máquinas se lleva a cabo por los fabricantes, que tras estudiar tus necesidades, modifican alguna de sus máquinas ordinarias para ajustarla a tus exigencias o bien la diseñan de cero. Luego se realiza una prueba con el prototipo para ver si cumple lo esperado y si es así, se realiza el pedido y se instala la máquina en la fábrica.

En el caso de este proyecto, aunque la producción permite fácilmente pedir máquinas a medida, se ha optado por elegir las existentes en el mercado ya que el bloque motor exige perfectos acabados y gran precisión, pero en superficies de fácil acceso. Con los grandes avances tecnológicos, todo esto ya es capaz de realizarlo máquinas de tres ejes ordinarias, siendo necesario solamente modular las revoluciones y velocidad de pasada (de hecho, en pocos momentos se le llegará a exigir a la máquina el máximo de sus posibilidades). Se elegirán para ello fresadoras horizontales, verticales, bruñidoras y taladradoras, siendo la esta última la única que se haga a medida ya que será usada para realizar los taladros profundos.

Otra cuestión importante a tener en cuenta es la forma en la que se hará interactuar a las máquinas. Para ello se puede optar por dos métodos:

- a) Máquinas transfer: Utilizada para grandes series, es la línea de fabricación en la que la pieza es transportada de una máquina a otra por medios automáticos. Estos medios pueden ser una cinta transportadora apoyada por robots que cojan las piezas de la cinta, la coloquen y la vuelvan a depositar sobre ella tras la operación

o bien rieles en el techo por el que circula brazos mecánicos que transportan la pieza de una máquina a otra posicionándola. En cualquier caso, las piezas han de disponer de referencias y superficies de apoyo y guiado.



Imagen de una línea transfer

- b) Células flexibles: Para series pequeñas, la línea se compone de varias máquinas CNC que transportan las piezas en pallets.

### 1.1.3.2.3. Elementos de control. Pruebas de estanqueidad.

#### Microfugómetros

Los elementos de control se encargarán de encontrar tres posibles problemas que pueden surgir durante el mecanizado: fallos relacionados con el dimensionamiento del bloque, fallos relacionados con el acabado de éste y fallos relacionados con la estanqueidad.

Los relacionados con el dimensionamiento son consecuencia del mal posicionamiento de las herramientas a la hora de mecanizar, de una mala sujeción a la mesa, de poca precisión en la máquina, etc., provocando que las dimensiones se salgan de sus tolerancias. Para controlarlo se emplearán **comparadores** con la suficiente sensibilidad que pueden ser usados bien de forma manual o bien de forma automática, **pie de rey** para hacer un chequeo rápido a pie de máquina o **sondas** cuando se quieren controlar taladros y roscas que requieren de mucha más precisión.



Imagen de un comparador con especificaciones técnicas

Graduation	Order No.*	Range	Dial reading	Spindle travel	Accuracy	Measuring force	Remarks
0.001mm	<b>524-501</b>	±0.05mm	50-0-50	3mm	±1µm	1.2N or less	w/ spindle lifting cable
0.0005mm	<b>524-500</b>	±0.03mm	30-0-30	3mm	±0.5µm	1.2N or less	w/ spindle lifting cable
0.01mm	<b>524-603</b>	±0.5mm	50-0-50	3mm	±5µm	1.2N or less	w/ 2m signal cable
0.002mm	<b>524-602</b>	±0.1mm	100-0-100	3mm	±1.5µm	1.2N or less	w/ 2m signal cable
0.001mm	<b>524-601</b>	±0.05mm	50-0-50	3mm	±1µm	1.2N or less	w/ 2m signal cable

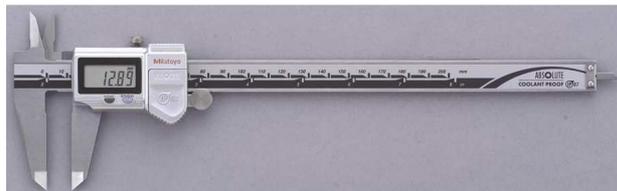


Imagen de un pie de rey con datos técnicos

**Datos Técnicos**

Accuracy: ±0.02mm (≤200mm), ±0.03mm (>200mm) (excluding quantizing error)

Resolution: 0.01mm or .0005"/0.01mm

Repeatability: 0.01mm

Display: LCD

Length standard: ABSOLUTE electromagnetic induction linear encoder

Max. response speed: Unlimited

Battery: SR44 (1 pc.), **938882**

Battery life: Approx. 3 years under normal use (1 year: over 300mm models)

Dust/Water protection level: IP67

Los relacionados con el acabado superficial son consecuencia de una mala elección del material de filo de corte de la herramienta, de la velocidad o avance de ésta o de su excesivo uso, siguiendo mecanizando cuando ya está gastado en vez de cambiarlo. Elementos externos como las vibraciones por una mala estabilidad de la máquina también deterioran el acabado. Para su control se usan **rugosímetros** de diversas



Imagen de un rugosímetro y ficha técnica

### Datos Técnicos

#### X-axis

Measuring range: 100mm or 200mm

Resolution: 0.05 $\mu$ m

Measurement method: Linear encoder

Drive speed: 0 - 80mm/s

Measuring speed: 0.02 - 5mm/s

Traversing direction: Backward

Traverse linearity:  $(0.05+1L/1000)\mu\text{m}^*$  (0.5 $\mu$ m/200mm: 200mm range model)

Inclining range:  $\pm 45^\circ$

#### Z2-axis (column)

Vertical travel: 300mm or 500mm, power drive

Resolution: 1 $\mu$ m

Measurement method: ABSOLUTE linear encoder

Drive speed: 0 - 20mm/s

#### Detector

Range / resolution: 800 $\mu$ m / 0.01 $\mu$ m, 80 $\mu$ m / 0.001 $\mu$ m, 8 $\mu$ m / 0.0001 $\mu$ m  
(up to 2400 $\mu$ m with an optional stylus)

Detecting method: Skidless / skid measurement

Measuring force: 4mN or 0.75mN (low force type)

Stylus tip: Diamond, 90° / 5 $\mu$ mR (60° / 2 $\mu$ mR: low force type)

Skid radius of curvature: 40mm

Detecting method: Differential inductance

Base size (W x H): 600 x 450mm or 1000 x 450mm

Base material: Granite

Dimension (W x D x H): 756 x 482 x 966mm (S4 type) 756 x 482 x 1166mm (H4 type) 1156 x 482 x 1176mm (W4 type) 766 x 482 x 966mm (S8 type) 766 x 482 x 1166mm (H8 type) 1166 x 482 x 1176mm (W8 type)

Los relacionados con la estanqueidad son consecuencia de un mal mecanizado, que produce tensiones residuales las cuales originan grietas. También se puede deber a haber mecanizado más de lo debido debilitando paredes, o creando orificios a través de ellas. Su control se realiza mediante un **microfugómetro** y medirá tres tipos de fugas:

- a) De agua: Circula por las camisas del bloque y se encarga de refrigerarlo, si hubiese perdidas este se recalentaría muy rápido originando un desastre.
- b) De aceite: Circula por los rafiles de engrase y se asegura que no exista fricción entre los cuerpos en movimiento, ya que el refrigerante por sí solo no bastaría para enfriar las temperaturas que se originarían produciendo gripamientos.
- c) De combustible: Se encuentra en la cámara de combustión y es el que le aplica la fuerza al motor al producirse la combustión. Si se producen fugas en esa cámara, no solo será de combustible sino de la presión que hay ahí, por lo que se perdería potencia.



Imagen de un microfugómetro

Características:

Rango de Fugas: 1 a 250 gramos/hora.

Rangos de Presión: 1 a 350 bars.

Tiempos de control: 15 a 120 segundos.

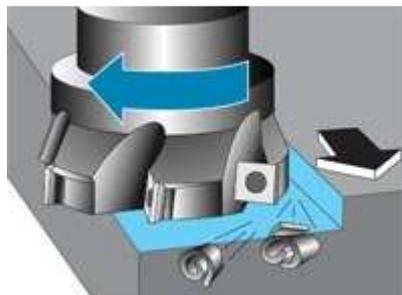
### 1.1.3.3. Condiciones de corte

#### 1.1.3.3.1. Fresado

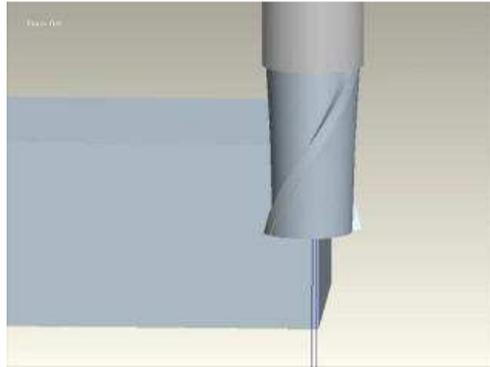
Corte de una máquina-herramienta que permite obtener superficies prismáticas, mediante la combinación de un movimiento de corte rotacional (herramienta) y un movimiento de avance, rectilíneo y longitudinal o transversal que puede venir dado por la mesa o por la mesa y la herramienta, obteniendo así avances en tres o cinco ejes. El desarrollo del control numérico y de los materiales de corte de las plaquitas de una fresa, han contribuido a que hoy en día la fresadora sea uno de los métodos polivalentes del mecanizado ya que incrementa considerablemente la productividad, la calidad y precisión de las operaciones.

Existen varios tipos de fresas con los que poder realizar distintas operaciones:

- a) Frontal o Planeado: Una de las operaciones más frecuentes. Se busca conseguir superficies planas mediante fresas de plaquitas intercambiables de metal duro. De diversos tamaños, puede ser usado tanto como para desbastar (usando plaquitas redondas) como para conseguir superficies acabadas de poca rugosidad (dependiendo del material conviene usar ángulos distintos).



- b) Periférico: Fresado frontal en paredes verticales. Debido a esto, no sirven fresas con forma de plato como en las anteriores, sino que tienen forma tubular con plaquitas por toda su longitud.



- c) En escuadra: Cuando se da a la vez un fresado frontal con uno periférico. Se utilizan plaquitas cuadradas.



- d) De ranuras: pueden ser rectos o de chavetas. El recto no es más que una fresa cilíndrica que mediante escuadrado, deja una incisión en el material con la misma profundidad desde la entrada al material hasta su salida, que además suele coincidir con el inicio y final de una cara. Las chavetas son ranuras en donde a medida que se avanza se va profundizando más hasta llegar a un nivel en el que se vuelve a ascender dejando una huella parabólica.
- e) Copiado: Son fresas con plaquitas de perfil de media bola o de canto redondo que realizan operaciones de mecanizado en orografías.
- f) Roscado: A veces, una fresa es capaz de sustituir un taladro de roscar si es capaz de realizar interpolaciones helicoidales simultáneamente en dos direcciones. Suelen ser plaquitas de metal duro que permiten trabajar a altas velocidades.
- g) Mandrinado y escariado: Fresado de agujeros en el que se quita muy poco material y se usa para conseguir medidas con tolerancias muy estrechas. Previo a esto, el agujero debe de ser taladrado. Si los agujeros son pequeños se emplea directamente el escariado que sale más barato que el mandrinado; suelen requerir de dos pasadas, una en desbaste y otra en acabado.



h) Chaflanado: Usando plaquitas de 45°, se aplica en los bordes de las piezas para evitar que estos corten.



### 1.1.3.3.1.1. Factores de corte

A continuación se detallan los factores de corte en una operación de fresado:

$D_c$ = Diámetro de corte	mm	$K_{c1}$ = Fuerza específica de corte (para $h_{ex} = 1$ mm)	N/mm <sup>2</sup>
$l_m$ = Longitud mecanizada	mm	$n$ = Velocidad del husillo	rev/min
$D_e$ = Diámetro de corte efectivo	mm	$P_c$ = Potencia de corte neta	Kw
$a_p$ = Profundidad de corte	mm	$\eta_{mf}$ = Rendimiento	
$a_b$ = Ancho de corte	mm	$\kappa_r$ = Ángulo del filo de corte principal	grados
$v_c$ = Velocidad de corte	m/min	$v_{c0}$ = Constante para la velocidad de corte	
$Q$ = Volumen de arranque de viruta	cm <sup>3</sup> /min	$C_{vc}$ = Factor de corrección para la velocidad de corte	
$T_c$ = Tiempo de corte	min	$m_c$ = Aumento de la fuerza específica de corte ( $K_c$ ) en función del espesor de viruta	
$z_n$ = Número total de filos en la herramienta	filos	$IC$ = Círculo inscrito	
$f_z$ = Avance por diente	mm		
$f_n$ = Avance por revolución	mm/rev		
$v_f$ = Avance de la mesa (velocidad de avance)	mm/min		
$h_{ex}$ = Espesor máx. de viruta	mm		
$h_m$ = Espesor medio de viruta	mm		
$z_0$ = Número efectivo de dientes	filos		

Y las fórmulas a utilizar son:

Velocidad de corte  
(m/min)

$$v_c = \frac{\pi \times D_c \times n}{1000}$$

Velocidad del husillo  
(rev/min)

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_c}$$

Avance de la mesa (velocidad de avance)  
(mm/min)

$$v_f = f_z \times n \times z_n$$

Avance por diente  
(mm)

$$f_z = \frac{v_f}{n \times z_n}$$

Avance por revolución  
(mm/rev)

$$f_n = \frac{v_f}{n}$$

Volumen de arranque de viruta  
(cm<sup>3</sup>/min)

$$Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000}$$

Fuerza específica de corte  
(N/mm<sup>2</sup>)

$$k_c = k_{c1} \times h_m^{-m_c}$$

Espesor medio de viruta (mm)  
(frases de disco) cuando  $a_p/D_c \leq 0,1$

$$h_m = f_z \sqrt{\frac{a_p}{D_c}}$$

Espesor medio de viruta (mm)  
cuando  $a_p/D_c \geq 0,1$

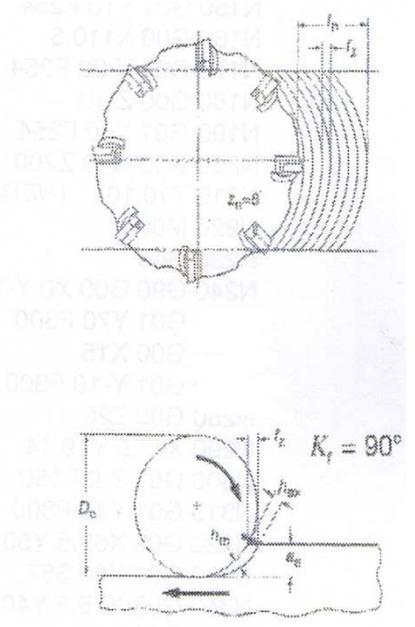
$$h_m = \frac{\sin \alpha_r \times 180 \times a_p \times f_z}{\pi \times D_c \times \arcsin\left(\frac{a_p}{D_c}\right)}$$

Tiempo de mecanizado  
(min)

$$T_c = \frac{l_m}{v_f}$$

Potencia neta  
(kW)

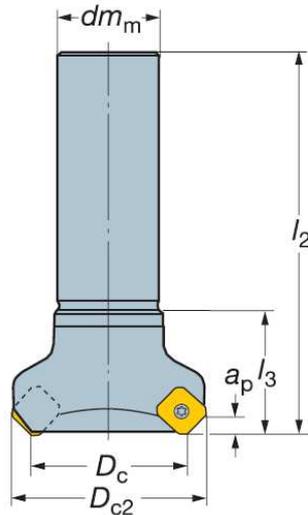
$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_c}{60 \times 10^3 \times \eta}$$



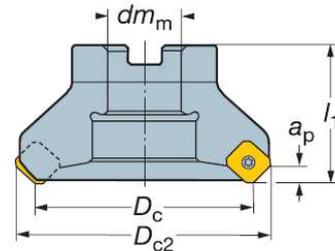
Hay que tener en cuenta que dependiendo de si se mecaniza en desbaste o acabado, las fórmulas a utilizar serán unas u otras ya que primarán unos factores u otros.

### 1.1.3.3.1.2. Diámetros de fresa

**Mango cilíndrico**



**Eje**



Tanto si las fresas son de mango cilíndrico como si se acoplan directamente al eje, a la hora de escoger una de ellas siempre habrá una serie de medidas que el fabricante deberá dar y que son iguales entre sí:

- $D_{c2}$  se refiere al diámetro total de la fresa, es decir, el espacio necesario para que la fresa pase por algún sitio.
- $D_c$  es el diámetro de corte, la anchura de material que realmente va a ser mecanizado.
- $a_p$  es la profundidad máxima que puede ser mecanizada. Ésta viene determinada por las características de la plaquita y el ángulo de inclinación con la que se coloque en la fresa.
- $dm_m$  se refiere al diámetro necesario de acople con la máquina. Si es de tipo mango cilíndrico, el  $dm_m$  será el diámetro del mango de la fresa y si es de tipo eje, será el diámetro del husillo necesario para acoplarlo a la fresa.
- $l_1$  o  $l_3$  son las longitudes de la fresa. Si es de tipo eje, será necesario para poder programarlo en el control numérico.
- $l_2$  es la longitud total de una fresa de tipo mango cilíndrico. Usado para poder programar el control numérico.

---

Para calcular la velocidad de corte de la fresa, el diámetro usado es el que arrancará material, es decir:

$$V_c = \frac{\pi \times D_c \times n}{1000}$$

### 1.1.3.3.1.3. Posicionamiento de la fresa

La fresa puede ser sujeta a la máquina de tres formas distintas:

- a) Sujeción mecánica: El tipo de sujeción más antiguo y universalmente conocido como *porta-pinzas*. Mediante una tuerca y tornillo se acoplan la fresa al cabezal, siendo la pinza cilíndrica si se quiere un gran apriete o cónica si el apriete es normal. Es un método lento y se hace de forma totalmente manual.
- b) Sujeción hidráulica: No es muy recomendable si se usa a altas revoluciones (20000 rpm) ya que la limitada rigidez hace aumentar el salto radial de la herramienta. La ventaja es que no necesita de mecanismos secundarios para la sujeción y es 3 veces más fuerte que la mecánica.
- c) Sujeción térmica: El portaherramientas es calentado para dilatar su diámetro interior. Una vez dilatado se introduce la herramienta y al enfriar, la contracción produce un agarre muy estable.

Estos sistemas de sujeción presentan problemas al mecanizar a altas velocidades ya que el cono del portaherramientas se introduce más dentro del eje del husillo de lo normal debido a que éste se expande por la fuerza centrífuga, originando imprecisiones en el mecanizado o atoramientos del cono. Para evitar esto, a altas velocidades los conos deben de ser equilibrados según la norma ISO 1940-1 que establece distintas *clases G* estando el cono más equilibrado cuanto menor sea su clase.

Dependiendo de la superficie a mecanizar o de las características de la máquina (fresadora horizontal o vertical), el posicionamiento de la fresa puede ser vertical u horizontal.

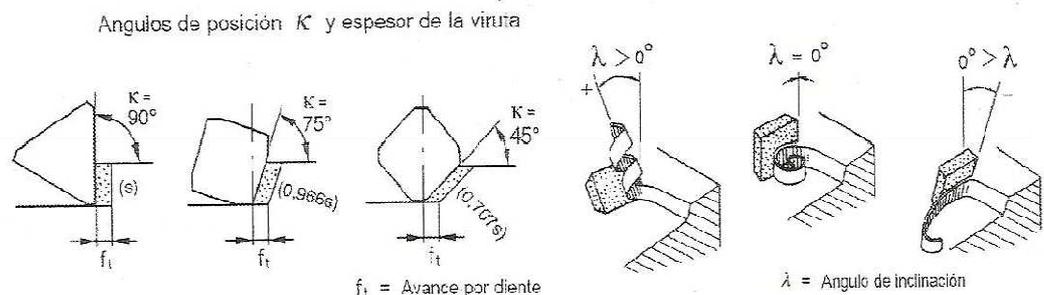
### 1.1.3.3.1.4. Paso entre plaquitas

Las plaquitas son los filos de la herramienta de corte. Estos son intercambiables y presentan una gran diversidad de tamaños, formas y materiales según las operaciones que se quieran realizar (desbaste o acabado) y el material en cuestión a mecanizar. Los distintos ángulos y cotas que se miden para cada tipo de herramienta quedan recogidos en la norma ISO 3002/1-1982.

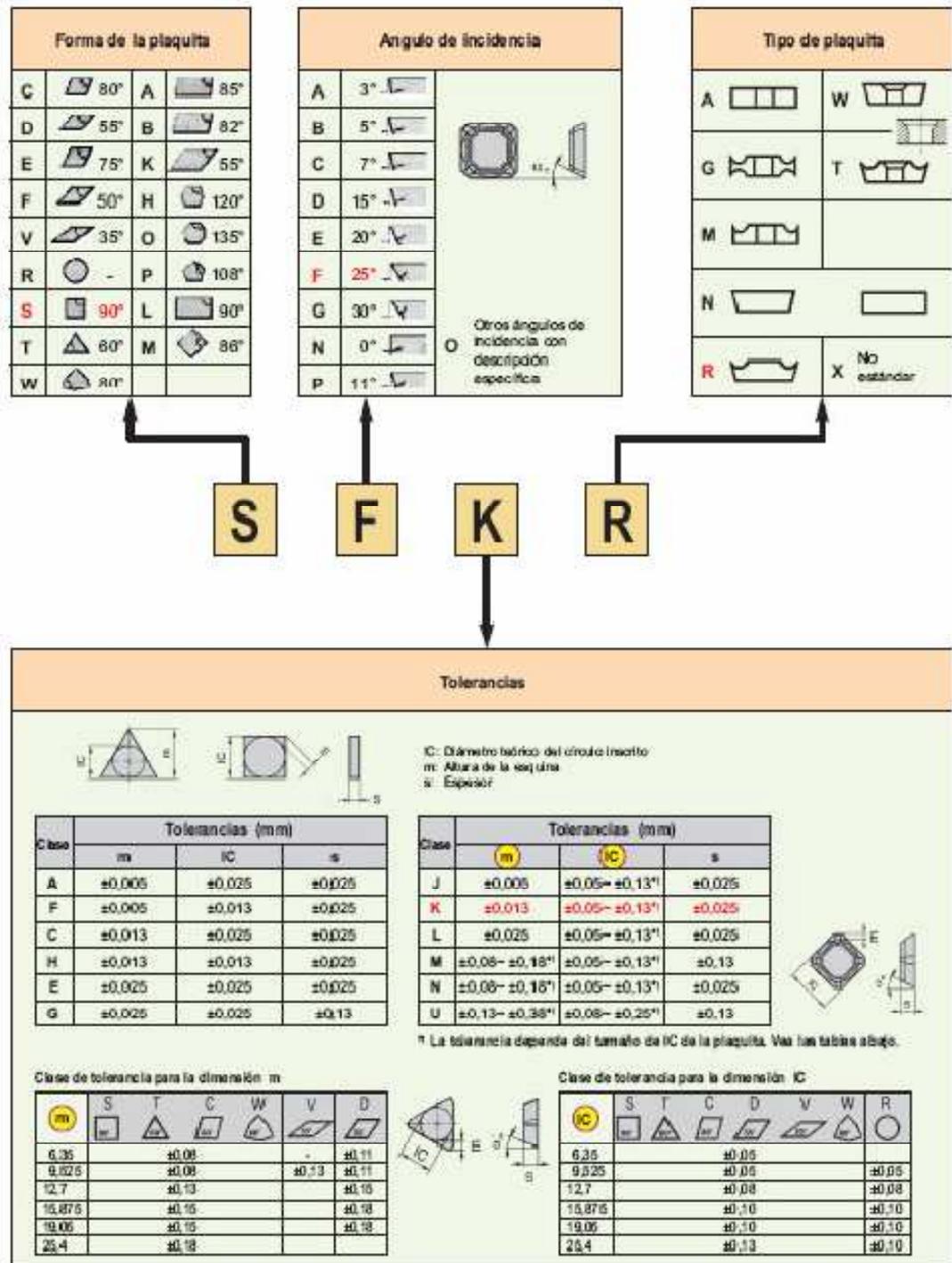


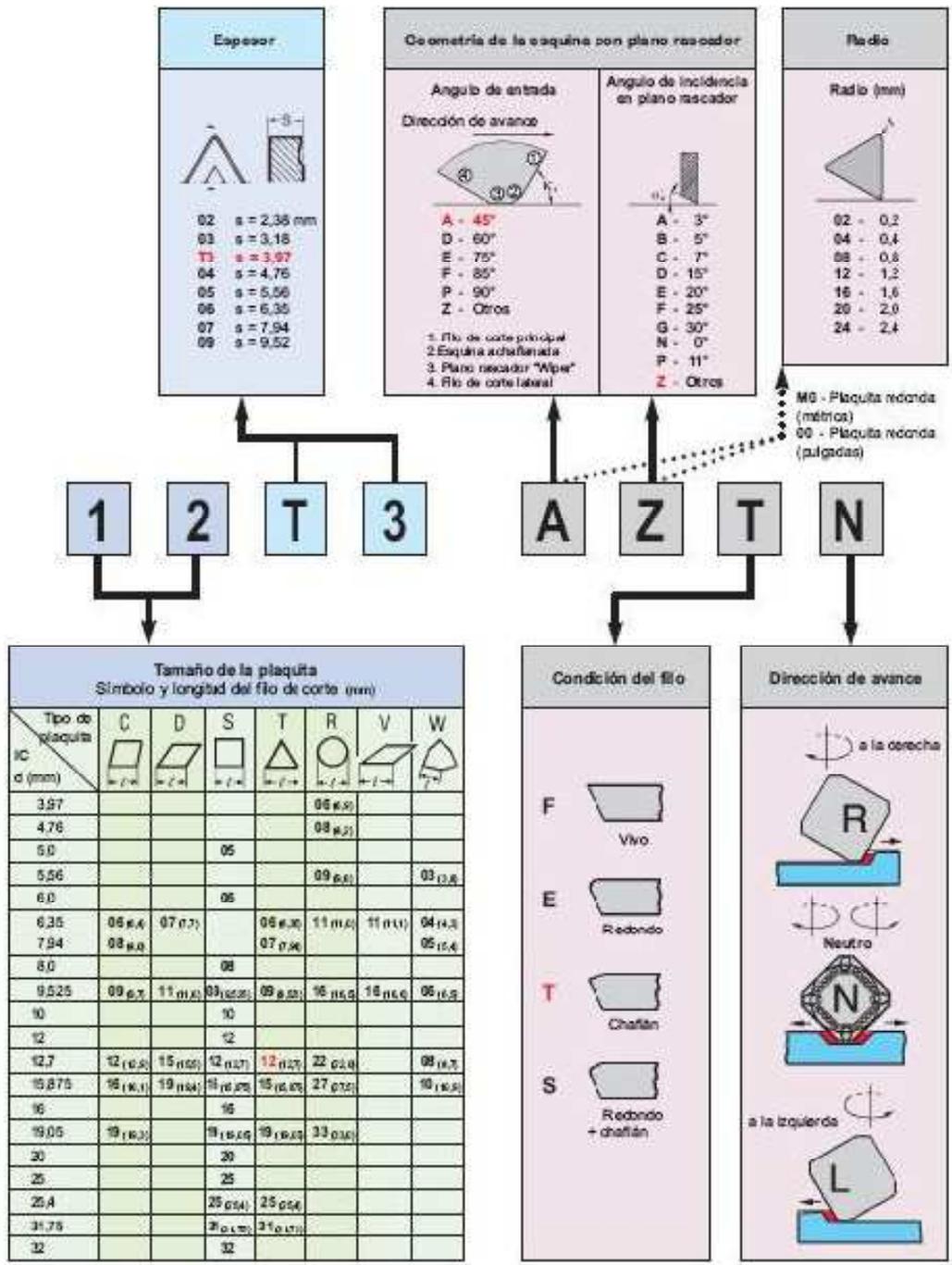
Los materiales principales que se usan para la fabricación de plaquitas son el acero rápido y el metal duro, aunque también se usan otros como el diamante policristalino, el CBN, materiales cerámicos o cermet. Además, sobre estos se pueden usar recubrimientos de TiAlN, TiCN o TiN para aumentar la vida de la herramienta al proporcionar una defensa contra la fricción y el calor producido en el proceso de corte.

Las plaquitas pueden estar orientadas con diversos ángulos, obteniendo para cada uno un tipo de viruta u otra. Esto será importante ya que si se juega con ello y el tipo de geometría de ésta, se puede conseguir el tipo de viruta deseado para que no interfiera con el mecanizado en proceso



Los fabricantes pueden ofrecer plaquitas muy distintas unas de otras según en que hayan querido centrarse, de manera que para poder saber que ofrece cada uno de una forma rápida, se estableció un código para clasificarlas:



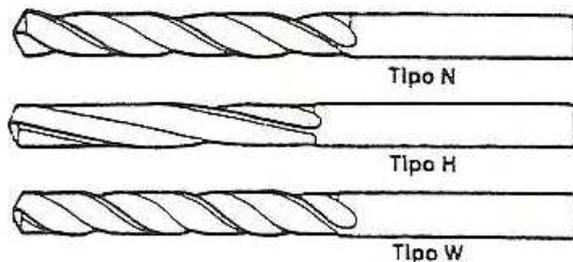


El paso entre plaquitas se refiere al número de plaquitas que están equiespaciadas a lo largo de una fresa. Este paso tiene un mínimo y un máximo número de plaquitas ya que cuantas más haya mayor será la precisión (las plaquitas se equilibran entre sí y al haber más cortando material, los esfuerzos disminuidos), pero también necesitará mayor potencia y una geometría más compleja.

### 1.1.3.3.2. Taladrado

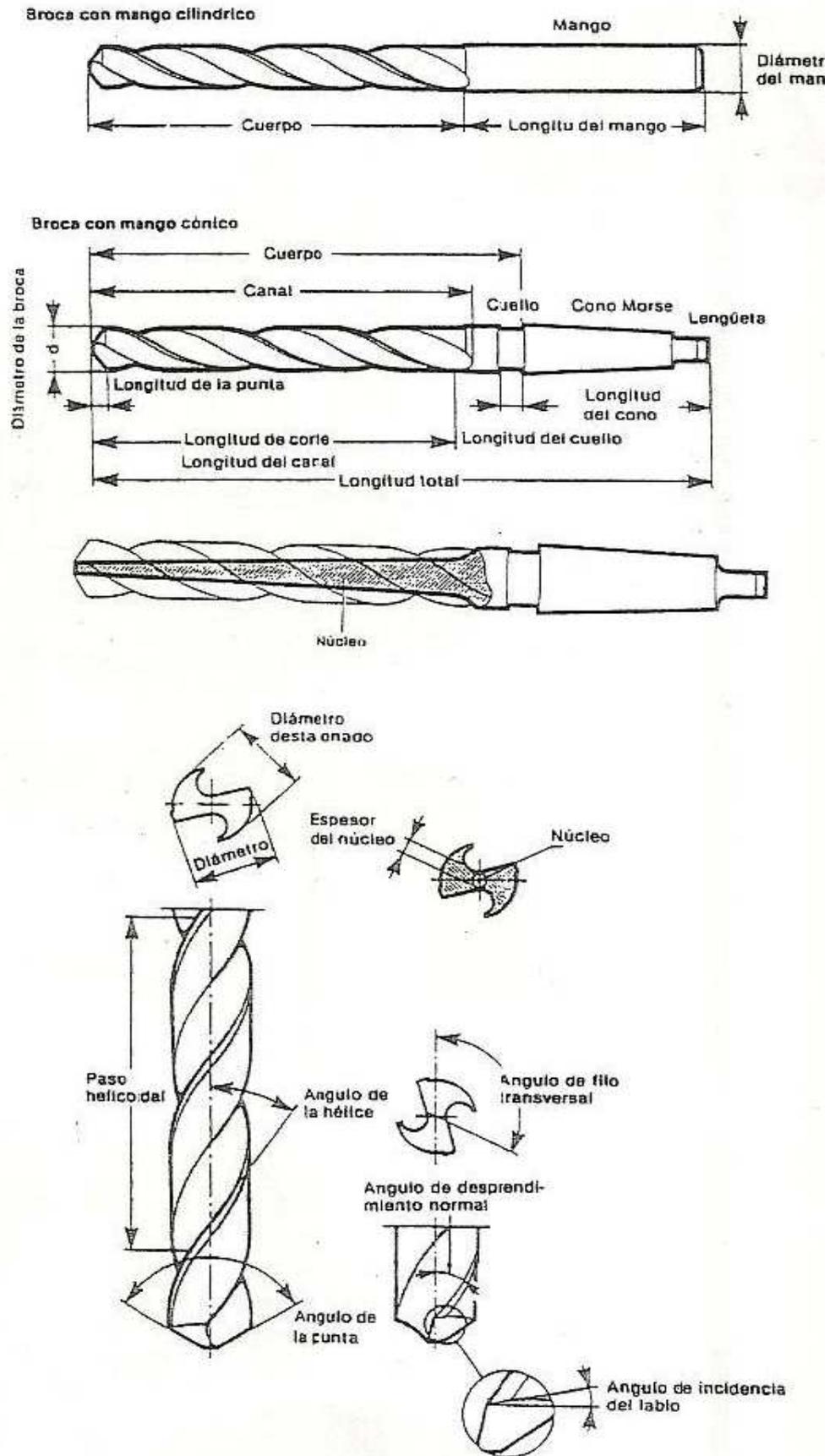
Método de fabricación que permite obtener agujeros mediante la combinación de un movimiento de corte rotacional (herramienta) y un movimiento de avance rectilíneo (pieza o herramienta).

La herramienta que utiliza se llama broca y para poder mecanizar un agujero, los filos de corte han de iniciarse en el centro de ésta. Suele estar hecha de acero rápido y según el material que se quiera taladrar, éstas se dividen en tres categorías: *Tipo N* (para aceros), *Tipo H* (para viruta corta) y *Tipo W* (para aluminio).

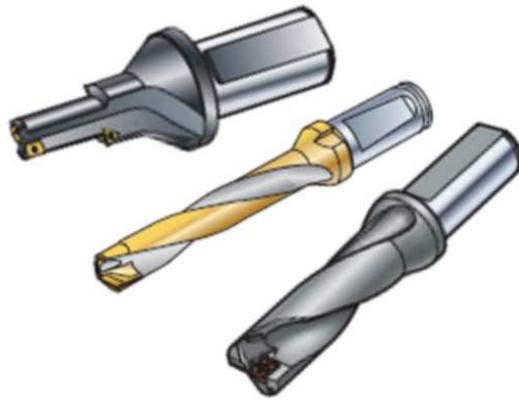


Según el filo de corte, se pueden distinguir dos tipos de brocas:

- a) Brocas enterizas: constan de tres partes: *mango*, *cuerpo* y *punta*. El *mango* sirve para sujetar la broca y puede ser cónico o cilíndrico. El *cuerpo* se compone del canal (dos o más hélices alrededor del cuerpo por la que se evacua la viruta), fajas-guía (borde estrecho que sobresale del cuerpo y que se extiende sobre la longitud del canal determinando el tamaño de los filos de corte) y el núcleo ( es el centro de la broca; es cónico y aumenta su espesor desde la punta hacia el mango para dar estabilidad). La *punta* de la broca se compone de dos filos rectos unidos por un filo transversal que pasa por el centro. Se denomina *ángulo de punta* al formado por los dos filos principales

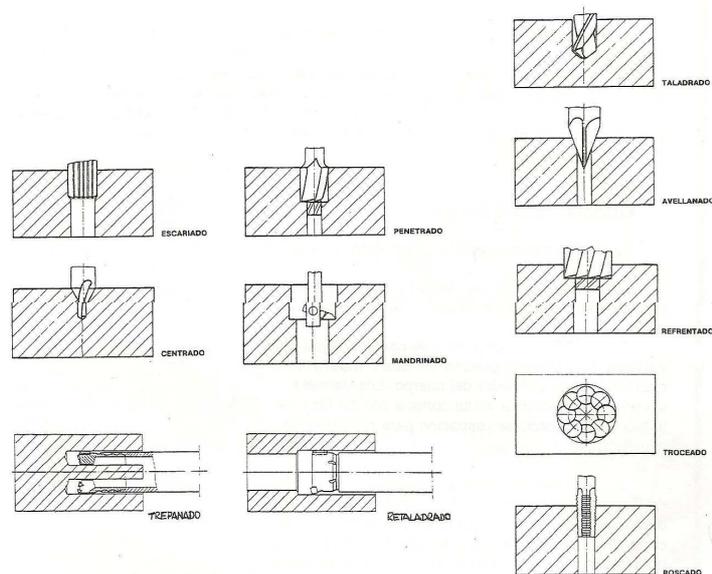


- b) **Brocas con plaquitas:** La diferencia con las anteriores es que el filo de corte es intercambiable, por lo que no es necesario tirar toda la broca cuando el filo está gastado. Cuantas más plaquitas haya por broca más fácil será la extracción de viruta puesto que la anchura de ésta será cada vez menor, aunque tiene un límite por la geometría de la broca. Para diámetros muy pequeños (menos de 15 mm), estas brocas no valen ya que no se puede introducir plaquitas en la punta.



Las brocas pueden estar hechas por tres tipos distintos de materiales: acero al carbono (para taladrar materiales muy blandos como madera), acero rápido o HSS (para aceros de poca dureza) y metal duro (para fundiciones y aceros en trabajos de gran rendimiento).

Distintas operaciones que se puede realizar con una taladradora son:

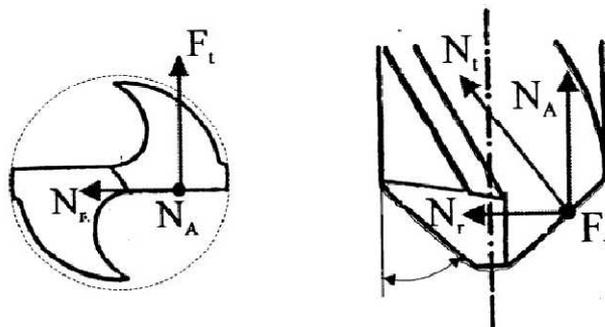


### 1.1.3.3.2.1. Factores de corte

- Velocidad de corte  $V_c$ : Se define como la velocidad lineal en la periferia de la broca. Su elección viene determinada por el material de la broca, el tipo de material a taladrar y las características de la máquina. Una alta velocidad de corte permite realizar el mecanizado en menos tiempo pero acelera el desgaste de la broca.
- Velocidad de rotación de la broca  $n$ : Normalmente expresada en revoluciones por minuto. Se calcula a partir de la velocidad de corte y del diámetro de la broca.
- Avance  $f$ : Definido como la velocidad de penetración de la broca en el material. Se puede expresar de dos maneras: bien como milímetros de penetración por revolución de la broca, o bien como milímetros de penetración por minuto de trabajo.
- Tiempo de taladrado  $T_c$ : Es el tiempo que tarda la broca en perforar un agujero, incluyendo la longitud de acercamiento inicial de la broca.

### 1.1.3.3.2.2. Fuerza, potencia de corte y momento de rotación

Las fuerzas que intervienen en un proceso de taladrado son:  $F_t$  (fuerza en la dirección del movimiento de corte) y  $N_t$  (fuerza perpendicular a  $F_t$ ) que se divide en  $N_a$  (sentido axial) y  $N_r$  (sentido radial).



La fuerza de corte se calcula mediante la presión específica de corte  $k_s$  que viene dado en tablas según el material que se vaya a taladrar:

$$F_T = k_s \times \frac{D}{2} \times S_n$$

Una vez obtenida la fuerza se puede calcular el par o momento de rotación:

- a) Con broca equilibrada:  $M_T = k_s \times S_n \times a \times \frac{D-a}{2}$
- b) Sin broca equilibrada:  $M_T = k_s \times S_n \times a \times \frac{D}{2} \times (1,17 - \frac{a}{D})$

Con el par ya se puede obtener la potencia de corte:

- a) Con broca equilibrada:  $P = \frac{a \times S_n \times K_s \times V}{6120} (1 - \frac{a}{D})$
- b) Sin broca equilibrada:  $P = \frac{a \times S_n \times K_s \times V}{6120} (1,17 - \frac{a}{D})$

Si se quisiera conocer la potencia consumida habría que considerar las pérdidas:

$$P_{MH} = \frac{P}{\eta}$$

### 1.1.3.3.3. Roscado

Consiste en la mecanización helicoidal interior (tuercas) o exterior (tornillos) sobre un cuerpo cilíndrico. Esta operación está presente en casi todas las líneas de producción, ya que es el método más común utilizado para unir y sujetar si nos referimos a materiales metálicos. Presenta el inconveniente de ser una de las operaciones más complicadas ya que las restricciones impuestas (tolerancias dimensionales, evacuación de viruta, etc.) obligan a conjugar de forma precisa las variables máquina-herramienta, pieza y herramienta de corte.

#### 1.1.3.3.3.1. Herramientas para mecanizar roscas

El roscado es una operación que se puede realizar de diversas maneras. Puede ser hecho o bien de forma manual con machos y terrajas o bien con máquinas ya sean taladradoras, fresadoras o tornos siendo la herramienta de corte distinta en cada caso.

En grandes producciones se utiliza el roscado por laminación cuando el material de la pieza lo permite.



Imagen de distintos tipos de machos para roscar

#### 1.1.3.3.2. Selección del macho de roscar

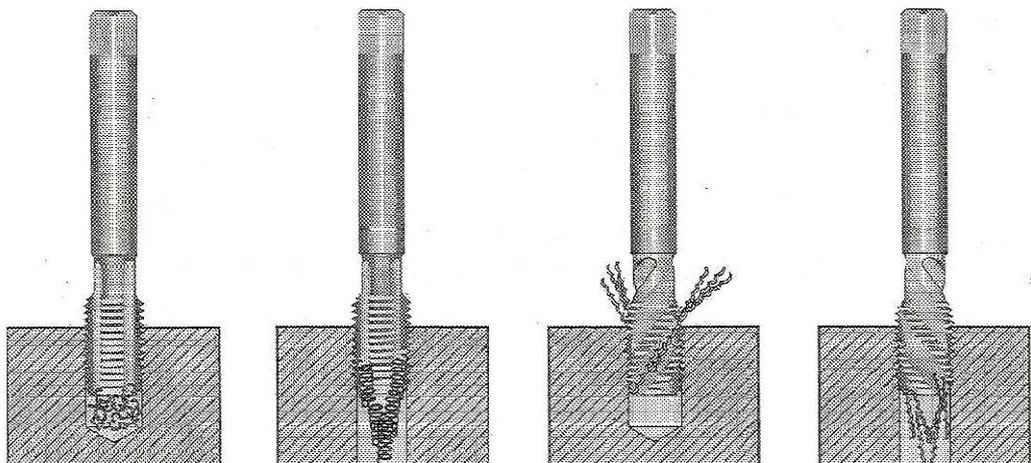
Como ya se comentó anteriormente, el roscado puede ser hecho bien por laminación (deformación del material) o bien por arranque de material. Cuando la laminación no pueda hacerse por el material habrá que elegir uno de los siguientes tipos de macho para el arranque de material:

- a) Macho de labio recto: Se utiliza en agujeros ciegos para materiales de viruta corta.
- b) Macho de labio en espiral: Se utiliza en agujeros pasantes y ciegos en materiales de viruta larga.
- c) Macho de punta en espiral: Se utiliza en agujeros pasantes de mayor profundidad en una amplia gama de materiales.

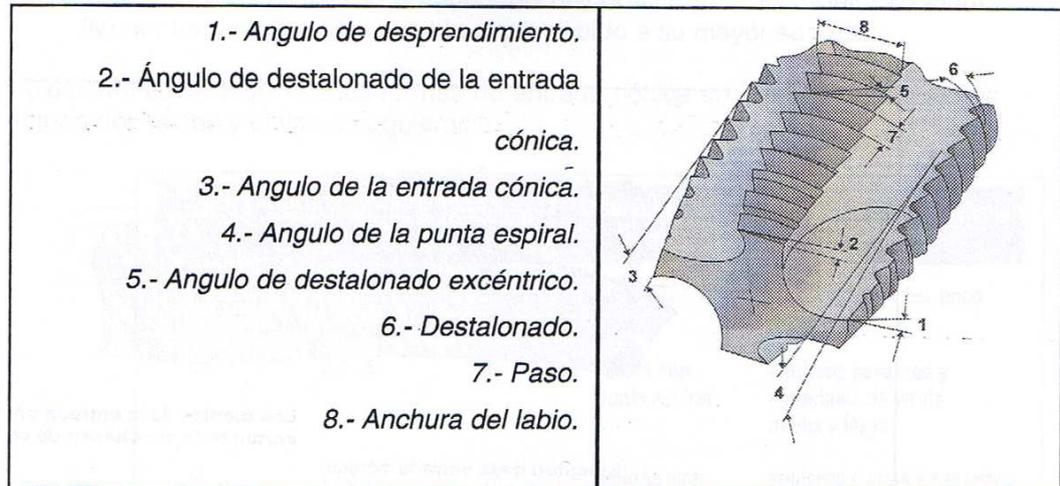


Los machos son elegidos según el agujero a mecanizar y la dirección que vaya a tomar la viruta en la fase de corte. Con estos datos se determinará el ángulo de la hélice del labio que puede establecerse dentro de los siguientes rangos:

- 0°: En aceros suaves, fundición, latón en agujeros pasantes o ciegos y acero en agujeros pasantes.
- 15°: Para aceros de difícil mecanización
- 25° a 35°: Para aceros inoxidable y usos generales.
- 45°: Para aluminio.

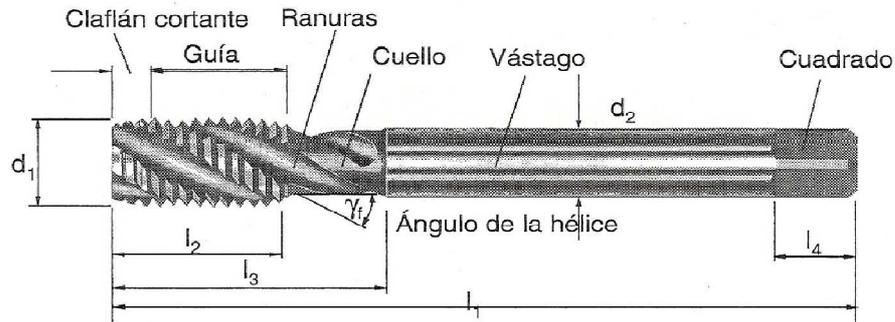


Por tanto la geometría del macho determinará el tipo de material a mecanizar. Los machos se componen de las siguientes partes:

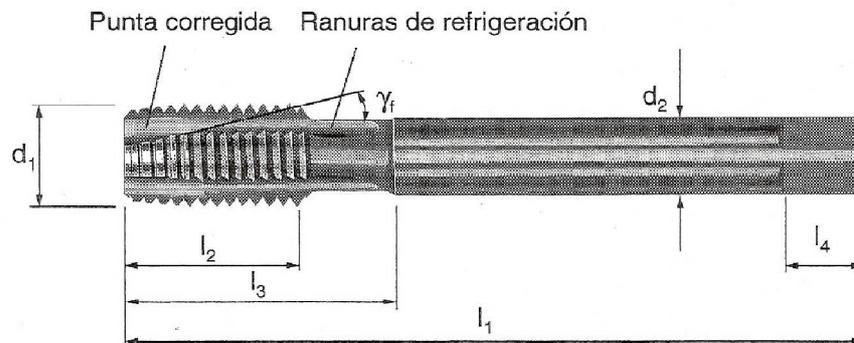


- a) Ángulo de desprendimiento: Varía en función del material a mecanizar e influye en el control de la viruta por lo que habrá que adecuarlo al corte de entrada y el recorrido del macho. Entre  $0^\circ$  y  $3^\circ$  se considera un ángulo de desprendimiento pequeño que produce viruta corta y un filo de corte fuerte aunque tiene que soportar mayores fuerzas de corte; entre  $10^\circ$  y  $18^\circ$  se considera un ángulo de desprendimiento grande que produce virutas rizadas (muy importante si se trabaja con materiales de viruta larga) y disminuye las fuerzas de corte al aumentar el ángulo de ataque.
- b) Ángulo de destalonado de la entrada cónica: El corte principal se produce en la entrada cónica donde hay que cortar todo el volumen de la viruta, por lo que de ello depende la duración y calidad de la rosca realizada. El número de hilos y la longitud de la entrada influirán para evitar sobrecargas al determinar la carga de viruta.
- c) Destalonado: Factor clave para que la viruta no se pegue al girar el macho en contrasentido al sacar la rosca. En materiales tenaces y duros es una táctica obligada, mientras que en materiales de viruta corta puede omitirse para así romper la viruta más fácilmente.

Las dimensiones de un macho de roscar son las siguientes:



$d_1$  = Diámetro nominal       $l_3$  = Longitud de la rosca + longitud del cuello  
 $d_2$  = Diámetro del núcleo       $k..$  = Dimensiones del cuadrado  
 $\gamma_f$  = Ángulo de la hélice       $l_1$  = Longitud total  
 $l_2$  = Longitud del filo       $l_4$  = Longitud del cuadrado



$d_1$  = Diámetro nominal       $l_3$  = Longitud de la rosca + longitud del cuello  
 $d_2$  = Diámetro del vástago       $k..$  = Dimensiones del cuadrado  
 $\gamma_f$  = Ángulo de la punta corregida       $l_1$  = Longitud total  
 $l_2$  = Longitud del filo       $l_4$  = Longitud del cuadrado

#### 1.1.3.3.4. Bruñido

El estado de la superficie de los cilindros tiene una considerable influencia sobre el asentamiento del motor, y sobre la tendencia al engrane, al desgaste y al consumo de aceite.

La pulcritud de su acabado, en la operación de bruñido, es uno de los factores fundamentales para el funcionamiento y la vida del motor. Tal es la importancia de este proceso, que los fabricantes de motores dedicaron mucho tiempo al estudio y ensayos de los cilindros, con el objeto de optimizar el deslizamiento y la lubricación de los aros y pistones.

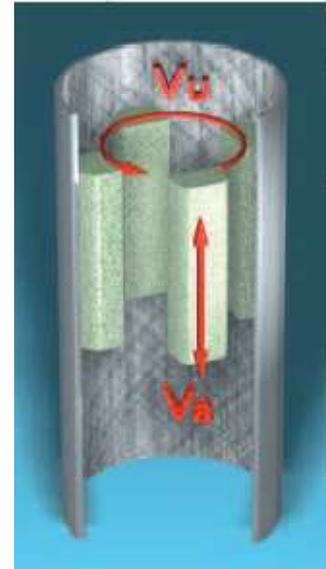
Mientras en el pasado se trataba de obtener superficies de cilindros muy lisas, hoy la experiencia demuestra que son convenientes superficies con rugosidades dentro de límites muy cuidadosamente establecidos. Básicamente, la idea es lograr un deslizamiento suave desde la puesta en marcha, disminuyendo el desgaste prácticamente a cero a los pocos kilómetros, y continuando el motor con poco desgaste por un período muy extenso. El desgaste inicial es necesario para lograr una superficie de apoyo compatible con el cilindro, los aros y el pistón.

Es fundamental para este proceso de hermanado, la terminación del cilindro (bruñido) y de la superficie de los aros.



El trabajo de bruñido se caracteriza por dos movimientos que se solapan: el movimiento giratorio de la herramienta de bruñido  $V_u$  y el movimiento lineal, ascendente o descendente, de ésta también  $V_a$ . Al cambiar el sentido de la carrera se produce la intersección de las marcas de mecanizado, generando ese acabado con estrías cruzadas.

Ángulo de estrias cruzadas $\alpha$	30°	45°	60°	90°
Velocidad de carrera	1	1	1	1
Velocidad periférica	3,7	2,4	1,75	1



#### 1.1.3.3.4.1 Características superficiales del bruñido

Lo primero que se ha de tener en cuenta en este proceso es que las partículas que se desprendan han de ser lo suficientemente pequeñas para quedar suspendidas en la película de aceite. Esta superficie, además, ha de asegurar una lubricación uniforme en toda la zona de fricción mediante los canales formados al rayar la superficie con el bruñido.

Para conseguir una superficie adecuada, el bruñido ha de cumplir:

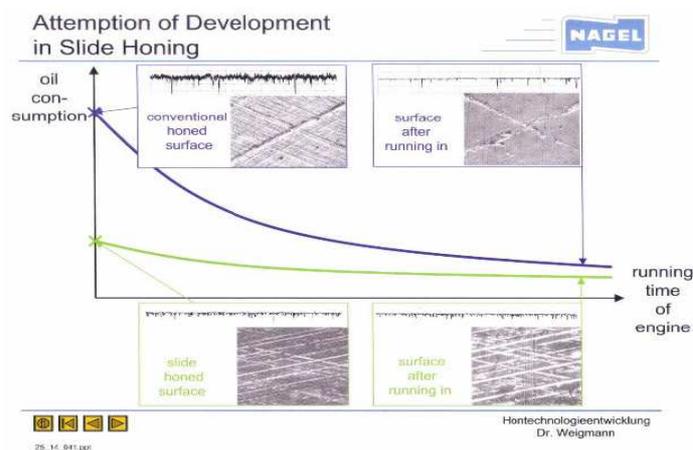
- Producir un corte limpio y uniforme libre de material desgranado
- El ángulo de rayado ha de comprenderse entre los 30° y los 60°
- Bruñido no vidrioso
- Rugosidad entre 0,6 y 1,2 Ra
- Un ancho de rayado cercano a 0,015 mm con una profundidad de 0,011 mm
- Una altura máxima de pico de 0,004 mm
- El lubricante debe de ser filtrado y lubricado periódicamente y ha de ser dirigido mediante potentes chorros al cilindro, para eliminar inmediatamente el material abrasivo
- Excedente mínimo de material para bruñir de 0,05 mm

Si se consiguen estas pautas la superficie terminada garantizará una buena distribución del aceite, el adecuado deslizamiento de los aros y del pistón, un rápido asentamiento con mínimo desgaste y una prolongada vida útil.

Si por el contrario se realizará un mal bruñido, las consecuencias serían las siguientes:

- a) Consumo anormal de aceite
- b) Desgaste abrasivo de los aros y cilindros
- c) Escasa lubricación
- d) Rayas de engrane
- e) Huellas de quemadura en los aros
- f) Desgaste de las ranuras de los pistones
- g) Elevado gaseo

A continuación se muestra un gráfico sobre el efecto del rozamiento de los pistones sobre sus camisas y como el consumo de aceite disminuye al pulir las imperfecciones en la rugosidad:



### 1.1.3.3.4.2. Piedras y aceites para bruñir

Hay dos tipos de piedras según el nivel de calidad superficial que se quiera:

- Bruñido en desbaste: Tamaño de granulación de 150. Se requiere un rebaje de material de aproximadamente 0,06 mm referido al diámetro.
- Bruñido en acabado: Tamaño de granulación de 280. Se debe de rebajar aproximadamente 0,02 mm de material referido al diámetro.

Los materiales que se emplean son:

#### Corindón fundido

El corindón es un óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ) cristalino y se divide, por pureza creciente, en corindón normal, corindón semipuro y corindón puro. El corindón normal y semipuro se obtiene por fundición de bauxita calcinada y corindón puro de alúmina pura en el horno eléctrico de arco, a unos 2.000 °C. Por medio de diversos aditivos y un enfriado determinado, se varía la viscosidad del corindón. A mayor proporción de  $Al_2O_3$ , mayor será la dureza y la acritud del corindón.



Corindón puro 99,5 %  $Al_2O_3$   
Notación abrev.: EK 1

#### Corindón sinterizado microcristalino

Los corindones sinterizados microcristalinos se distinguen de los corindones fundidos en su fabricación y propiedades. Por su proceso especial de fabricación, en el corindón sinterizado se forma una estructura granular especialmente homogénea y finamente cristalina. La estructura finamente cristalina sólo permite la aparición de pequeñas partículas en caso de desgaste granular creciente – de esta forma, se aprovecha al máximo el grano abrasivo.



Corindón sinterizado microcristalino  
Notación abrev.: EB o EX

#### Carburo de silicio

El carburo de silicio (SiC) es un producto puramente sintético y se obtiene en el horno eléctrico de resistencia a partir de arena de sílice y coque a unos 2.200 °C. Se distinguen el carburo de silicio verde y el negro con viscosidad ligeramente creciente.

El carburo de silicio es más duro, más frágil y de cantos más vivos que el corindón. El carburo de silicio se aplica mayoritariamente con materiales duros y frágiles como fundición gris y metal duro así como con metales no férricos.



Carburo de silicio verde 98-99,5 % SiC  
Notación abrev.: SC9

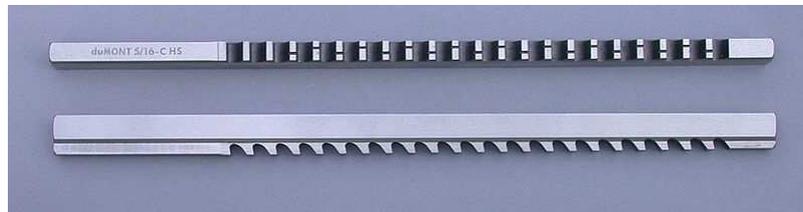
Y los tamaños de grano:

Identificación de tamaño de grano (mesh)	Diámetro medio de grano en $\mu\text{m}$				
	DIN ISO 6344	JIS	ANSI		
60	270	270	270	<b>Macrogranos</b>	
70	230		230		
80	190	190	190		
90	160		160		
100	140	165	140		
120	120	120	120		
150	95	95	95		
180	80	80	80		
200	70				
220	60	70	70		
240	45	57	57		<b>Microgranos</b>
280		48	37		
320	29	40	29		
360		35	23		
400	17	30	17		
500	13	25	13		
600	9	20	9		
700		17			
800	7	14	7		
1000	5	12	4		
1200	3	10	3		
1500	2	8			
2000	1	7			
2500		5			
3000		4			
4000		3			
6000		2			
8000		1			

La utilización de un aceite para bruñir adecuado es imprescindible para conseguir un buen acabado. Éste viene recomendado por el fabricante y mientras menos viscoso sea, más rápido será la operación. En caso de poseer una elevada viscosidad, habrá que elevar considerablemente la presión de las regletas de bruñido sobre las paredes, reduciendo la vida útil de éstas y ovalizando el orificio del cilindro.

### 1.1.3.3.5. Brochado

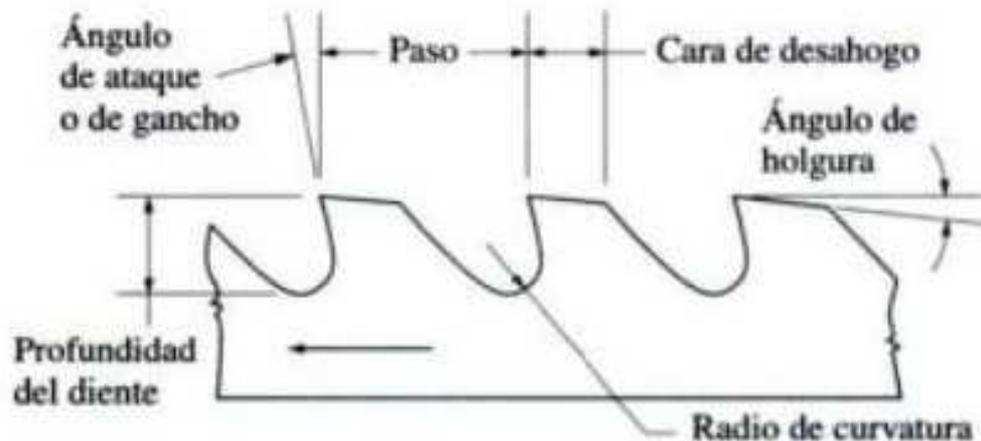
Procedimiento de mecanizado por arranque de viruta en agujeros no circulares y ranurados exteriores, realizados en piezas pequeñas y medianas. Su herramienta, la brocha, es una barra multifilo cuyos dientes de corte están dispuestos en escalonamiento progresivo, y permite un movimiento de corte rectilíneo arrancando por cada pasada de diente un grosor entre 0,025 y 0,075 mm obteniendo progresivamente el perfil de la brocha.

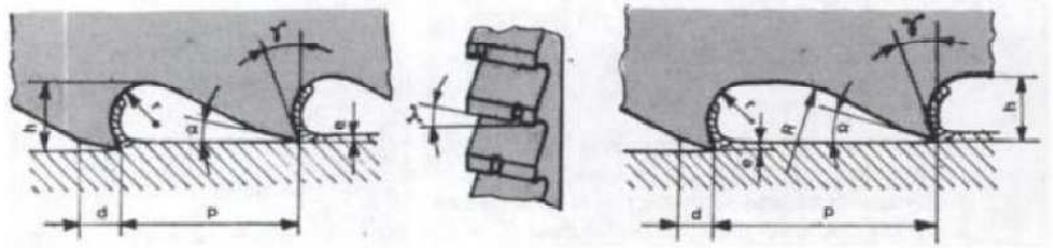


#### 1.1.3.3.5.1. Características de los dientes

##### 1.1.3.3.5.1.1. Perfil de diente

El ángulo de ataque varía según el material entre  $0^\circ$  a  $20^\circ$  y la holgura ronda entre  $1^\circ$  y  $4^\circ$ . Hay que tener cuidado con ésta última ya que si el ángulo es muy bajo, el diente friccionará contra la superficie.





Paso del diente,  $p = 0,4 \cdot l$  para  $l < 15$ ;  $p = 1,75 \cdot \sqrt{l}$  para  $l > 15$ .

En diente normal,  $h = p/3$ ;  $d = p/4$ ;  $r = p/5$ .

En diente alargado,  $h = p/5$ ;  $d = p/6$ ;  $r = p/8$ ;  $R = p/4$ .

En brochas planas el ángulo de oblicuidad  $\lambda$  se hace de  $0^\circ$  a  $30^\circ$  según el material que se ha de brochar.

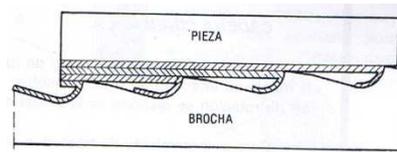
Progresión y ángulos de corte						
VALORES INDICATIVOS						
Material a brochar	Progresión e, mm			Ángulos de corte		
	Desbastado	Semiacabado	Acabado	Salida, $\gamma$	Desbastado, $\alpha$	Acabado, $\alpha$
Aceros de 45 a 60 kg/mm <sup>2</sup>	0,05 - 0,1	0,02 - 0,05	0,01 - 0,02	15° - 20°	2° - 3°	0 - 1°
Aceros de 60 a 85 kg/mm <sup>2</sup>	0,04 - 0,08	0,02 - 0,04	0,01 - 0,02	15° - 20°	2° - 3°	0 - 1°
Aceros de 85 a 110 kg/mm <sup>2</sup>	0,03 - 0,05	0,02 - 0,03	0,01 - 0,02	12° - 15°	2° - 3°	0 - 1°
Fundiciones	0,1 - 0,3	0,02 - 0,05	0,01 - 0,02	6° - 10°	1° - 3°	1
Latones y bronces	0,1 - 0,4	0,02 - 0,08	0,01 - 0,02	0 - 10°	0 - 1°	0° - 1
Aleaciones ligeras	0,1 - 0,2	0,02 - 0,05	0,01 - 0,02	15° - 20°	1° - 3°	1° - 3°
Velocidades y líquidos de corte						
VALORES INDICATIVOS						
Material a brochar	Velocidad de corte, m/min.		Líquidos de corte			
Aceros de 45 a 60 kg/mm <sup>2</sup> .	2 a 4		Aceite mineral azufrado			
Aceros de 60 a 85 kg/mm <sup>2</sup> .	2 a 3		Aceite mineral azufrado			
Aceros de 85 a 110 kg/mm <sup>2</sup> .	1 a 2		Aceite soluble			
Fundiciones	3 a 6		Aceite mineral o soluble			
Latones y bronces	3 a 6		Aceite soluble			
Aleaciones ligeras	4		Aceite mineral			
Material para fabricación de brochas						
Material a brochar			Clase de acero			
Materiales fáciles de brochar			Acero al cromo			
Materiales con alguna dificultad al <b>brochado</b>			Acero al cromo-cobalto			
Materiales no abrasivos (acero semiduro, bronce, latón, etc.)			Acero rápido al wolframio			
Materiales difíciles de brochar			Acero rápido al cobalto			

### 1.1.3.3.5.1.2. Paso

Al igual que con un taladro, es el paso entre un diente y otro, medido perpendicularmente a las aristas de corte desde los vértices.

Los factores a tener en cuenta son la longitud de corte, la resistencia del diente así como su tamaño y la viruta.

La profundidad del diente y su paso deben ser lo suficientemente grandes como para acomodar las virutas producidas en el brochado, en especial si la longitud es muy larga. Siempre tiene que haber dos dientes en contacto como mínimo.



Las fórmulas para calcular el paso de una herramienta que corta una superficie de longitud  $L$  son:

$$\underline{L > 16 \text{ mm}}: P = 1,75\sqrt{L}$$

$$\underline{L < 16 \text{ mm}}: P = 0,42 * L$$

El paso entre dientes suele ser el mismo para toda la brocha. Sin embargo, para brochas de dientes uniformes, se ha comprobado que cada vez que un nuevo diente empieza a arrancar material, se produce una alteración en la velocidad de avance que origina pequeños defectos superficiales, siendo interesante en estos casos variar periódicamente el paso para mejorar el acabado.

El paso promedio en brochas pequeñas está entre 3,2 y 6,4 mm mientras que para las grandes está entre 12,7 y 25 mm.

### 1.1.3.3.5.1.3. Incremento de altura del diente

La profundidad de un diente  $h$  viene en función del paso y varía entre la mitad y un tercio de éste. El número de dientes en contacto no puede ser ni inferior a 2 ni superior a 6. Para calcularlo se emplea la expresión:

$$n_z = \frac{L}{P}$$

El número total de dientes de una brocha  $z$  dependerá del espesor de material que se quiera arrancar:

$$z = \frac{D - d_i}{2 * e} \quad D - d_i \equiv \text{diferencia entre el diámetro final e inicial}$$

A este valor se le añadirán otros 4 dientes más de reserva, que se disponen a continuación de los dientes de acabado para poder afilar la brocha sin riesgo de perder la medida.

### 1.1.3.3.5.1.4. Longitud del cuerpo dentado

Las brochas a tracción tienen una longitud considerable en relación a su sección transversal. En ellas hay que distinguir: *la caña* o extremo delantero que se fija al dispositivo de arrastre; *la guía delantera* que centra la brocha al principio de la pasada; *el cuerpo dentado* y *la guía trasera* para el guiado final de la herramienta.

Las brochas de compresión son mucho más cortas, con objeto de evitar el efecto pandeo. Tienen una *cabeza* donde se ejerce el empuje; *el cuerpo dentado* y *la guía delantera*.

### 1.1.3.3.5.1.5. Sección resistente de la brocha

Cada vez que un diente arranca material, origina una viruta que se enrolla sobre sí misma y ocupa el vano que hay entre los dientes. Si este vano no fuese lo

suficientemente grande, la viruta terminaría embotando la brocha produciendo graves desperfectos en la superficie a mecanizar.

#### **1.1.3.3.5.1.6. Material de la brocha**

El material habitual de las brochas es siempre acero para herramientas de alta aleación y también, en ciertos casos, metal duro con base de acero normal en construcción.

#### **1.1.3.3.5.2. Velocidad de corte**

La velocidad de corte está condicionada por la forma de trabajo de la brocha, puesto que el mecanizado de una pieza se realiza con una sola carrera de la herramienta. No obstante, aunque el arranque de viruta no puede ser excesivamente rápido, la velocidad de corte de una brocha en buenas condiciones es relativamente elevada.

#### **1.1.3.3.5.3. Potencia de corte**

La potencia de corte necesaria para el brochado depende de la fuerza de corte  $F_c$  y de la velocidad de corte  $V_c$ , es decir:

$$P = \frac{F_c \cdot V_c}{60 \cdot 75} \text{ [CV]}$$

### **1.1.3.4. Estudio económico del mecanizado**

#### **1.1.3.4.1. Introducción**

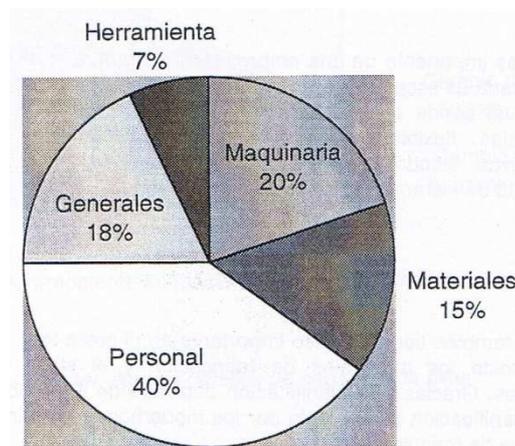
Para poder llevar a cabo un proyecto, sea de la índole que sea, habrá que tener en cuenta un desembolso inicial con el cual poder iniciarlo. Este desembolso se espera que termine siendo amortizado con las ganancias obtenidas del proyecto y lo antes

posible, ya que no se puede prever con facilidad que pasará con el mercado en un transcurso largo de tiempo.

Por ello, habrá que realizar con la máxima precisión posible un estudio con todos estos costes para ver si realmente resulta el proyecto viable para la empresa y si cumple con todo lo que se espera de él. Estos costes no son solo los básicos, tales como el terreno, la maquinaria o el utillaje, sino también todos los que van unidos a su desarrollo como la mano de obra, la electricidad o incluso la seguridad del recinto.

En el caso de la industrialización del bloque motor, los mayores costes a tener en cuenta son los que se refieren a la maquinaria, es decir, la electricidad que las mueves, el utillaje que van a necesitar o el mantenimiento que requerirán.

#### 1.1.3.4.2 Costes del mecanizado



##### 1.1.3.4.2.1. Costes generales

Suponen el 18% de los costes totales. Dentro de este coste tenemos el coste del personal indirecto (dirección, edificios, materiales de oficina, etc.).

Son costes ligados a la producción, de manera que si se mejora ésta, se pueden disminuir los recursos necesarios para obtener un mayor rendimiento. También se pueden emplear los mismos recursos para incrementar el beneficio (si por ejemplo se

---

invierte en una máquina nueva de alta velocidad para sustituirla por las antiguas, se ganará espacio, producción y se reducirán los costes de stock).

#### **1.1.3.4.2.2. Costes de mano de obra**

Suponen el 40% de los costes totales, siendo el coste más importante de una empresa (más si tenemos en cuenta que en el mercado actual la mano de obra es escasa y se valora mucho). Ciertamente es que el mercado tiende a la automatización de sus procesos productivos y a la inversión de máquinas más rápidas y fiables, permitiendo recolocar al personal en otras operaciones productivas para así incrementar el rendimiento del personal sin incrementar los costes de personal.

#### **1.1.3.4.2.3. Costes de material**

Supone el 15% de los costes totales. Tiene un peso importante en el coste total del producto. Se engloba en este coste los materiales de fabricación y el stock de consumibles como herramientas y aceites. Una buena planificación apoyada por los medios informáticos de control pueden reducir estos costes.

#### **1.1.3.4.2.4. Costes de máquina**

Suponen el 20% de los costes totales. Suele ser el mayor coste de la empresa después de la mano de obra, por lo que se deben centrar los esfuerzos en la reducción de los tiempos muertos de las máquinas para hacerlas productivas. Con los avances tecnológicos, el tiempo de amortización ha disminuido al aumentar la producción.

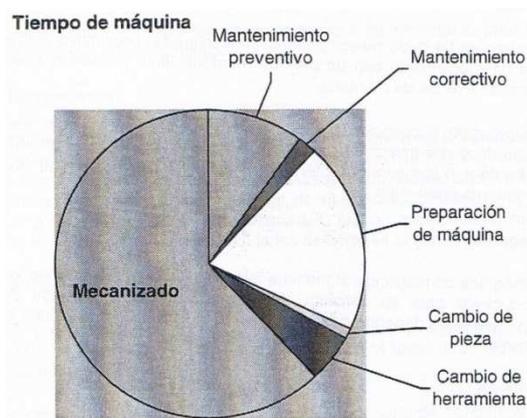
#### **1.1.3.4.2.5. Tiempo de máquina**

El tiempo de una máquina se puede dividir en 6 sectores:

- a) Mantenimiento preventivo: La máquina necesita de unos cuidados fundamentales para su correcto funcionamiento antes de la rotura de la máquina. Se fundamenta en la planificación de reposición de piezas y consumibles sometidos a desgaste, como pueden ser casquillos, rodamientos, etc., así como la limpieza de la

máquina. Cuanto más caro sea el tiempo de máquina, más necesario será este mantenimiento, ya que una avería supondría la parada total de la producción en esa máquina. Este mantenimiento también influye de forma indirecta en la productividad, ya que un ambiente limpio vuelve el trabajo más agradable.

- b) Mantenimiento correctivo: Es el mantenimiento que se le hace a la máquina por mal funcionamiento de alguna de sus piezas o rotura. Suele tener menos margen que el preventivo ya que hay que evitar llegar a él mediante mantenimientos preventivos.
- c) Preparación máquina: Corresponde al montaje inicial de la primera pieza con la adecuación de los medios productivos para su correcta mecanización, como el montaje de las herramientas o el utillaje. La preparación depende de la adecuación de la máquina al trabajo en cuestión y la dificultad de la misma.
- d) Cambio de herramienta: Con la producción en marcha, las herramientas se rompen o desgastan y hay que sustituirlas. Este tiempo varía según el tipo de herramienta a cambiar y las facilidades que se pongan para ello. No se debe confundir con el tiempo necesario en el reglaje de una herramienta ya que ese tiempo no produce una parada de máquina.
- e) Cambio de pieza: El tiempo que se tarda en cambiar una pieza por otra, varía como en los casos anteriores, según la facilidad con la que se lo haya diseñado y la dificultad de posicionar la pieza. Algún método para reducir este tiempo es por ejemplo la paletización.
- f) Mecanizado: Es el tiempo en el que la realmente la máquina está dando beneficio, por lo que interesa sea lo mayor posible. Se debe incrementar la productividad mediante la correcta utilización de las herramientas.



---

#### **1.1.3.4.2.6. Coste de herramienta**

Supone un 7% de los costes totales, pero resulta muy importante para mejorar los beneficios en la mecanización. Debido a su reducido coste, cada vez se tiende más a utilizar herramientas más sofisticadas y avanzadas que incrementan su vida útil y disminuyen los tiempos de mecanizado, suponiendo un ahorro en la economía.

#### **1.1.3.4.2.7. Mecanizado económico**

Se entiende por mecanizado económico aquel que ha reducido sus costes al máximo. Para ello, hay que estudiar en que sectores lo invertido se está desaprovechando para o bien mejorar esa inversión o bien invertirlo en otro sector.

Los sectores de maquinaria y herramientas son intocables: el primero no da juego a nada, es decir, basta con saber que máquina se necesita y comprar la más barata que tenga esas prestaciones y el segundo tiene tan poco impacto en los costes que no vale la pena romperse mucho la cabeza. Lo normal es tender a reducir los costes en el personal, sin embargo no se podría estar más equivocado si se elige esta opción como la primera, ya que muchas veces se consigue reduciendo el salario de los empleados lo que origina descontentos, desmotivación y pocas ganas de trabajar lo que disminuye la producción. El primer sector que se ha de intentar reducir es el reservado para gastos generales ya que muchas veces, utensilios tan básicos como lápices o folios son despilfarrados por no darles importancia.

#### **1.1.3.4.3. Duración de la herramienta**

Se entiende por duración de la herramienta como el tiempo de corte requerido para alcanzar un criterio de duración de la herramienta. La velocidad de cote es el factor más significativo que afecta la duración de una herramienta.



A principios del siglo XX, Fredrick Taylor junto a Maunsel White desarrollaron un estudio para sentar las bases del mecanizado moderno, investigando la duración de una herramienta. Para ello mecanizaron distintos materiales con herramientas de distintas composiciones, variando la velocidad de corte y su avance. El resultado de todo esto fue una fórmula matemática conocida como *Ecuación de Taylor* que aproximaba con bastante fidelidad lo que sucedía en la realidad en cuanto a la duración de la herramienta. La ecuación es:

$$n = \frac{\log V_2 - \log V_1}{\log T_1 - \log T_2}$$

Donde  $V_1$  y  $V_2$  son las velocidades de corte,  $T_1$  y  $T_2$  la duración de referencia de la herramienta a velocidad de corte  $V_r$  y  $n$  la constante que depende del material de la herramienta.

#### 1.1.3.4.3.2. Influencia de la viruta

La ecuación de Taylor solamente se puede utilizar cuando aparecen fijos los parámetros de ensayo. Esto sin embargo no siempre es así, de manera que investigadores posteriores han tratado de evaluar la influencia que ejercen diversos factores de mecanizado, entre los que se encuentran:

- a) El desgaste VB de la cara de incidencia: Se supone una relación lineal entre el desgaste de la cara de incidencia y la vida de la herramienta si permanece fija la velocidad de corte y el resto de los parámetros. Entonces  $K_2$  será la velocidad de corte que nos determina un desgaste de 1 mm para la vida de la herramienta de 1 min (calculado por Taylor) de manera que sustituyendo en la ecuación de Taylor:

$$V_c = K * VB^m$$

- b) Influencia del espesor de viruta: Tras realiza diferentes ensayos en los que primero se dejaba fija la velocidad de corte y se medía la vida de la herramienta para diferentes espesores de viruta y después se variaba la velocidad de corte y la viruta, pero la vida útil tenía que ser de 1 min (y siempre con  $VB = 1$  mm), se

pudo determinar la relación entre la velocidad de corte y los espesores que han hecho que el desgaste de la cara de incidencia sea de 1 mm para una duración de 1 min; esta es:

$$V_c = \frac{K_3}{h^x}$$

Donde  $x$  es un coeficiente que valora la influencia del espesor de viruta sobre la velocidad de corte y depende del material de la herramienta y pieza,  $K_3$  engloba y depende del resto de los parámetros que han permanecido fijos durante el ensayo y representa la velocidad de corte para  $T = 1$  min,  $V_B = h = 1$  mm.

- c) Influencia del ancho de viruta: De forma análoga al apartado anterior, se calcula la influencia del ancho de viruta para  $T = 1$  min y  $V_B = 1$  mm quedando la ecuación:

$$V_c = \frac{K_4}{b^y}$$

Donde  $y$  es un coeficiente que valora la influencia del ancho de viruta sobre la velocidad de corte y depende del material de la herramienta y pieza,  $K_4$  engloba y depende del resto de los parámetros que han permanecido fijos durante el ensayo y representa la velocidad de corte para  $T = 1$  min,  $V_B = h = b = 1$  mm.

Si ahora sustituimos las tres ecuaciones anteriores en la de Taylor y simplificamos, obtenemos la *Ecuación de Taylor Generalizada*, que queda:

$$V_c = \frac{K}{p^y * a^y * T^{n_{VB}}}$$

Donde:  $K$  = Velocidad de corte para  $a = p = 1$  mm y  $T = 1$  min,  $a$  = Avance en mm/rev,  $p$  = Profundidad de pasada en mm y  $T_{VB}$  = Tiempo de mecanizado entre dosafilados consecutivos para el desgaste  $V_B$  fijado.

Taylor no fue el único en hacer estudios de duración de herramientas, *Kronenberg* formuló otra ecuación muy parecida a la de Taylor pero expresada para 60 min en

---

vez de 1 y *Danis* demostró gráficamente la necesidad de elegir la velocidad de corte entre ciertos intervalos.

### 1.1.3.4.3.3. Economía de la velocidad de corte

Para estudiar el coste de una pieza hay que tener en cuenta los tres costes principales de los que se compone:

- a) Coste de máquina por pieza  $C_m$ : Se incluyen los costes de mano de obra y la amortización de la máquina. Estos costes disminuyen con el aumento de la velocidad de corte ya que podemos mecanizar más piezas
- b) Coste de herramienta por pieza  $C_t$ : Incluye además del mismo, el valor de los recambios, afilado, montaje y ajuste, etc. A medida que la velocidad de corte aumenta, consumimos más herramientas y por tanto su consume sube
- c) Costes fijos por pieza  $C_f$ : No se ven influenciados por la velocidad de corte. Estos son el material, la manutención, etc

El coste total será la suma de todos:  $C = C_m + C_t + C_f$  y si nos fijamos en su curva resultante se puede comprobar que existe un valor mínimo a una determinada velocidad llamada *velocidad económica de corte ( $V_e$ )*

No siempre conviene utilizar la velocidad  $V_e$ , ya que aunque sea el punto de menor gasto, puede interesar sacar las piezas un poco antes invirtiendo algo más. Para poder ver este último caso hay que sacar una curva más, la de *piezas producidas*. Esta curva irá creciendo con la velocidad de corte, ya que a mayor velocidad, mayor cantidad de viruta y más piezas terminadas. Sin embargo, excesiva velocidad supone un desgaste prematuro de la herramienta y por ello, alcanzado un punto de velocidad, la producción empieza a decrecer. A ese punto se le llama *velocidad máxima de producción ( $V_q$ )* y se utiliza cuando el coste no importa pero si la máxima producción.

El área comprendida entre  $V_e$  y  $V_q$  se conoce como rango de alto rendimiento ( $H_e$ ), en el cual se debe de trabajar siempre.

Para determinar le *tiempo económico de duración de la herramienta Te*:

$$T_e = \left(\frac{1}{n} - 1\right) * \left(\frac{C_t}{C_m} - T_{cambio}(min)\right)$$

Para calcular el *tiempo de duración de la herramienta Tp*:

$$T_p = \left(\frac{1}{n} - 1\right) * T_{cambio}(min)$$

### 1.1.3.5. Fluidos de corte. Temperaturas del mecanizado

- a) Fluidos de corte: Son utilizados en las operaciones de arranque de viruta, en la superficie donde se está realizando la operación. Estos fluidos vienen en forma líquida (más o menos viscosa) formados por aceites, emulsiones o soluciones. La mayoría están formados por aceites (pueden ser minerales, vegetales o sintéticos) a los que se le añaden aditivos como antiespumantes, antioxidantes, biocidas, solubilizadores, etc.



Los principales fluidos de corte utilizados son los aceites íntegros, las emulsiones oleosas y las soluciones semi-sintéticas y sintéticas, a los que se le suele añadir aditivos azufrados (el 70% de las veces parafinas cloradas).

Las emulsiones oleosas y las soluciones semi-sintéticas y sintéticas reciben el nombre genérico de *taladrinas*. Su pH ronda entre 8 y 10 y pueden formarse por todas o algunas de las sustancias mencionadas a continuación:

- Aceites: Tanto minerales, animales, vegetales como sintéticos
- Emulgentes: Pueden ser catiónicos, aniónicos o no iónicos.

- 
- Inhibidores de corrosión: Formado por nitritos, boratos y carbonatos.
  - Aditivos extrema presión: Parafinas cloradas, aditivos azufrados, aditivos fosforados, aceites minerales, grasas y alcoholes.
  - Colorantes
  - AComplejantes (EDTA)
  - Antiespumantes: Siliconas
  - Estabilizantes: Poliglicoles, alcoholes y fosfatos de aminas)
  - Metales pesados

Las taladrinas vienen concentradas para ser diluidas en el momento de uso, entre un 1,5 a un 15%. Las concentraciones según los tres tipos vistos anteriormente son:

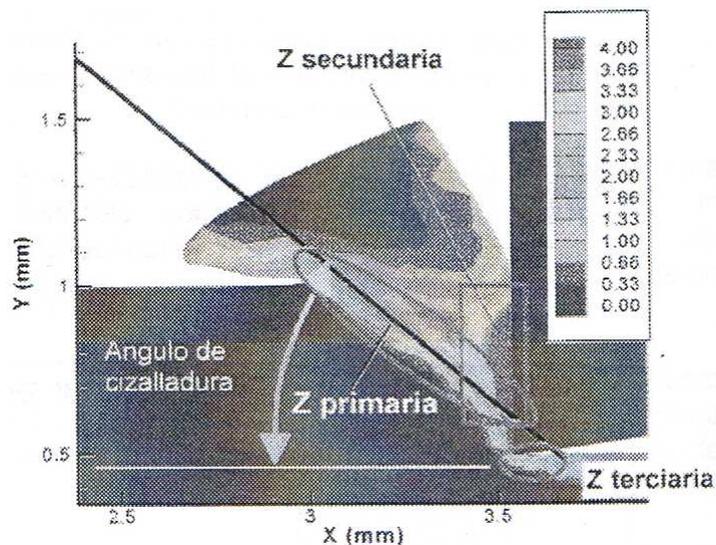
- En las emulsiones de aceite, la concentración varía entre un 2,5 a un 15% (lo normal es un 4%) y se compone de un 60% de aceites minerales, un 20% de emulgentes, un 10% de agua y un 10% de aditivos. Se utilizan en operaciones en las que el uso de taladrinas es prioritario como la laminación, la estampación, el embutido o la extrusión. Cuando se quiere proteger materiales de la corrosión se utiliza este tipo de taladrinas diluidas al 15%.
- Las taladrinas semi-sintéticas se diluyen entre un 1,5 y un 5%. Se componen de un 20% de aceite semi-sintético, un 30% de emulgentes, un 40% de agua y un 10% de aditivos. Se utiliza en operaciones de mecanizado.
- Las taladrinas sintéticas se diluyen entre un 1,5 y un 12% y se compone de un 15% de anticorrosivos, hasta un 25% de estabilizantes, un 10% de aditivos y entre un 50-75% de agua. Se usa en operaciones abrasivas como el rectificado.

b) Temperaturas del mecanizado: En altas velocidades y quitando bastante material, se pueden alcanzar temperaturas muy elevadas. En un proceso de corte se distinguen tres zonas principales:

- Zona de cizalladura primaria: Situada delante del filo de corte. En ella se produce un cizallamiento severo del material, que sale en forma de viruta

deslizándose a lo largo de la superficie de desprendimiento. La deformación del material en esta zona se traduce en una enorme energía de deformación que se convierte en calor, aproximadamente el 80% del calor generado en el proceso.

- Zona de cizalladura secundaria: Situada en la zona de la viruta sobre la cara de desprendimiento de la herramienta. Se produce un gran rozamiento entre viruta y herramienta debido a la presión y temperaturas alcanzadas, por ello el material se deforma en planos paralelos a la dirección de salida de la viruta; supone el 18% del calor generado en el proceso.
- Zona de cizalladura terciaria: Es una zona de reducidas dimensiones, que produce una deformación de la superficie de la pieza similar a la laminación. Puede introducir tensiones residuales en la superficie mecanizada, equivale al 2% del calor generado en el proceso.



Resumiendo, el calor producido se debe a las deformaciones plásticas (al romper los enlaces atómicos) y al rozamiento. Las deformaciones elásticas reabsorben el calor que previamente produjeron.

Parte de este calor se transmite a la superficie de la herramienta, aumentando la temperatura del filo que puede provocar el deterioro de su material. Para evitar esto hay que utilizar condiciones de corte moderadas y refrigerar el sistema o

bien dotar a la herramienta de una gran resistencia térmica a través de materiales base como los cerámicos o a través de recubrimientos.

El resto del calor o bien se queda en el material o bien es transportado con la viruta (ésta se lleva gran cantidad de calor).

Los factores que acentúan el calor que se produzca son materiales de la pieza muy duros, altas velocidades de corte y mucha profundidad de pasada.

Por último tener en cuenta que en el contacto herramienta-viruta se produce una presión de contacto muy intensa que deforma la zona, lo que conduce a la adhesión del material de la viruta sobre el material de la herramienta llamado *BUE*. Este filo adherido es inestable y perjudica el acabado.

### **1.1.3.6. Tipos de estaciones de trabajo**

#### **1.1.3.6.1. Fabricación flexible FMS**

##### **1.1.3.6.1.1. Introducción**

Los sistemas de fabricación flexible (FMS) están formados por un conjunto de máquinas gobernadas por un ordenador combinado con sistemas de manejo, carga y descarga de material, y de operaciones directas sobre el material. Los elementos de este sistema han de ser muy flexibles y versátiles, permitiendo una fabricación muy variada en el mismo momento.

Los FMS aparecieron en los años 80 cuando el mercado empezó a diversificarse para adaptarse a las necesidades concretas de cada cliente, a una mayor calidad de sus productos y a una competencia a nivel mundial. Hoy en día, los productos tienen un corto periodo de vida debido a los constantes y rápidos avances tecnológicos, y si no se tiene una línea de fabricación que pueda adaptar rápidamente esos avances, estas fuera del mercado.

Se dice que un sistema FMS es flexible debido a es capaz de realizar varias piezas de forma simultánea en sus puestos de trabajo. Además es capaz de variar entre los distintos tipos y su tasa de producción dependiendo de la demanda del momento, por lo que es la opción correcta si se quiere tener una producción que se comprometa entre la variedad de productos y la cantidad de estos. Los productos, eso sí, han de ser parecidos; se variará la escala o el modelo dentro de unos límites.

Los requisitos mínimos que ha de tener una fabricación FMS son que ha de identificar y distinguir los distintos productos procesados por el sistema y facilitar rápidamente la realización de cambios, tanto físicos como lógicos.

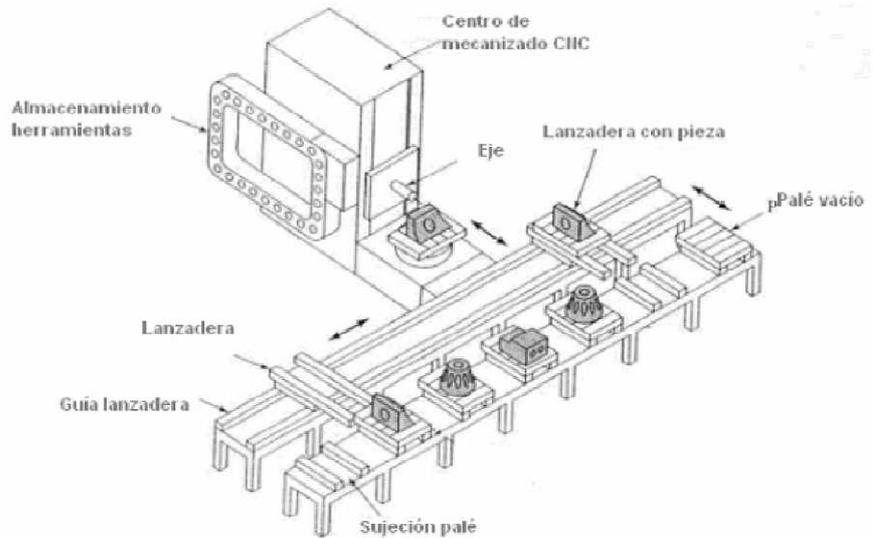
#### **1.1.3.6.1.2. Tipos de FMS**

Dependiendo de cuales vayan a ser las operaciones que realice un FMS este puede ser de fabricación o de montaje. No se suele diseñar con ambos tipos a la vez ya que supondría utilizar demasiada superficie y empleados en ella.

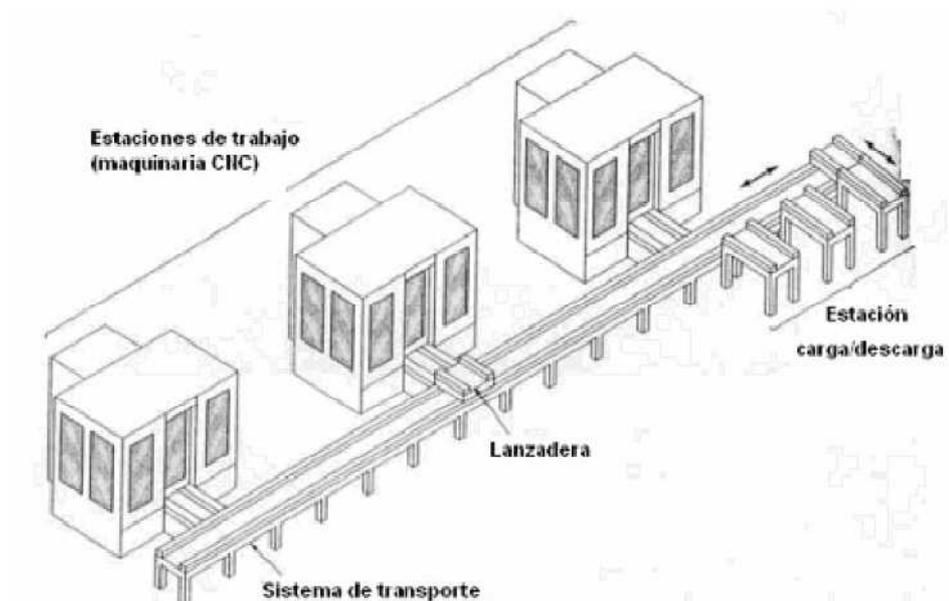
Las dos formas de clasificar las FMS son:

- a) Según número de máquinas: Es un sistema cuantitativo y se refiere al número de máquinas que compone la FMS. Los tipos de máquinas que se utilizan son:
- Celda de una única máquina (SMC): Suele estar formado por un centro de mecanizado CNC junto con un sistema de almacenamiento para realizar operaciones muy simples. Funciona cogiendo las piezas en bruto del sistema de almacenaje, mecanizándolas y descargándolas fuera del sistema.

Es una opción muy buena para fabricar por lotes o varios productos a la vez. Sin embargo su flexibilidad es limitada, ya que al estar toda la producción en función de una sola máquina, si ésta se estropea se tiene que parar por completo.



- Celda de fabricación flexible (FMC): En vez de ser una única máquina CNC, ahora se conectan dos o tres mediante un sistema de transporte que a su vez se combina con otro sistema de carga y descarga que almacena un número limitado de piezas



- 
- Sistema de fabricación flexible (FMS): Muy similar a la FMC. Este sistema presenta un número de máquinas mayor a cuatro, tiene al menos una estación de trabajo que no interviene en el proceso pero da soporte y coordina al resto y debido a la complejidad de todo esto, su sistema de control es mucho más sofisticado (tiene sistemas de diagnósticos y está todo monitorizado).

De todo esto se deduce que a mayor número de máquinas, mayor será la inversión pero también el volumen de producción.

- b) Según nivel de flexibilidad: Este tipo de clasificación puede aplicarse a cualquier caso, pero lo normal es que sea usado en sistemas FMS y FMC donde haya más de una máquina. Hay dos categorías:
- FMS diseñados para sistemas de fabricación especial: Se fabrican pequeñas familias de productos, lo que permite especializarse exhaustivamente tanto en el proceso como en la maquinaria. Esta da facilidad para poder sustituir maquinaria en caso de avería y el grado de especialización produce un aumento en la productividad y flexibilidad del proceso.
  - FMS con orden aleatorio: Se fabrica gran variedad de productos que implica tener que elevar el grado de complejidad de los procesos. Se requiere de un sistema robotizado para el control y maquinaria genérica para todos los procesos que da la flexibilidad.

La primera opción da una gran productividad pero menos flexibilidad mientras que con la segunda pasa al contrario. Habrá que tener esto en cuenta y estudiar qué es lo que le viene mejor al sistema de producción.

### **1.1.3.6.1.3. Componentes de un FMS**

Como ya se ha venido comentando anteriormente, una FMS se compone de varias componentes.

---

### 1.1.3.6.1.3.1. Estaciones de trabajo

Son los encargados de llevar a cabo las operaciones. Dependiendo del tipo de operaciones estos equipamientos pueden variar mucho unos de otros. Las estaciones típicas que se pueden encontrar son:

- a) Estaciones de carga y descarga: Son el punto de interacción entre una FMS y el resto de la fábrica, ya que el material entre por aquí y sale transformada en el producto. El método de carga se puede realizar de forma manual o automática, pudiendo utilizarse sistemas auxiliares como grúas mecánicas en caso de que se haga de forma manual y el material pese mucho. Tanto los sistemas auxiliares como el propio FMS han de estar pensados para que se permita la libre función de todas sus máquinas y se favorezca las tareas de limpieza. Al entrar el producto queda guardado en un registro. La estación tiene un sistema de monitorizado para que el operador pueda establecer las pautas que debe seguir en función de órdenes que se le ha dado y el modo de transporte es mediante pallets.
- b) Estación de mecanizado: Se encarga de las operaciones de mecanizado, entendiéndose por tales, aquellas que realizan una transformación en un material de entrada. La maquinaria más utilizada es la de CNC que ha de disponer de un almacén de herramientas y poder cargar/descargar el material del pallet de forma automática.
- c) Otras estaciones de procesamiento: Son aquellas estaciones que preparan el material para su posterior mecanizado como por ejemplo hornos para calentar el metal, prensas o forjas, máquinas de serrado para dividir el material, etc.
- d) Estaciones de ensamblaje: En líneas de producción en serie, se busca sustituir la mano de obra humana por sistemas robóticos, sobre todo el brazo robot, capaz de adaptarse a distintos tipos de productos y de mucha precisión.
- e) Otros equipos y estaciones: Son las estaciones encargadas de los trabajos de inspección. Pueden ser máquinas de medición, de sondas o de sistemas de visión. También se incluye aquí todos aquellos dedicados a la limpieza.

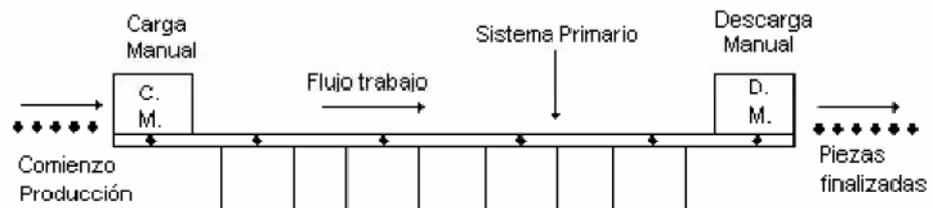
### 1.1.3.6.1.3.2. Sistemas de transporte y almacenamiento de material

Las funciones principales del sistema de transporte son:

- Permitir un movimiento libre y aleatorio entre las estaciones. En caso de haber averías, han de existir caminos alternativos que permiten continuar la producción
- Permitir varias configuraciones de productos en el transporte. Como ya se comentó, se usarán pallets para desplazar distintos tipos de productos, así que han de ser capaces de sujetar todas esas variadas geometrías. En el caso de ser geometrías que puedan rodar, se usarán robots para su transporte.
- Permitir almacenar en una pequeña cola los productos que van llegando, con el fin de mejorar el rendimiento de las máquinas
- Facilitar la carga y descarga
- Tener un sistema informático con el cual poder guiar los pallets hacia diferentes zonas.

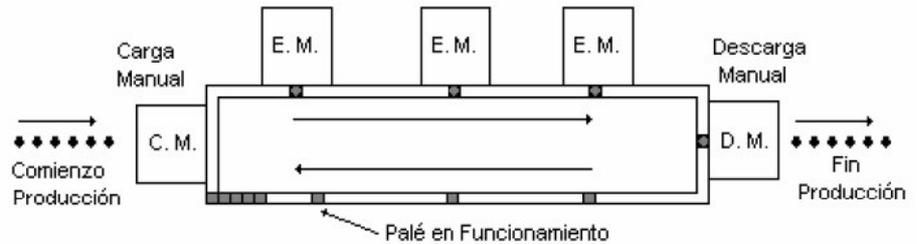
Este sistema de transporte cuenta con un equipamiento (mecanismos de transmisión o robots) y puede ser dividido en dos subsistemas:

- Transporte primario: Se ocupa de la distribución básica del producto en las estaciones. Dependiendo de la distribución del sistema, tendrá un equipamiento u otro:
  - Distribución en línea: Las estaciones de trabajo se colocan alrededor de una única línea, que ejecutan los planes de proceso de cada tipo de pieza o producto. Para el transporte pueden utilizar pallets, cintas transportadoras o vehículos guiados por raíles.

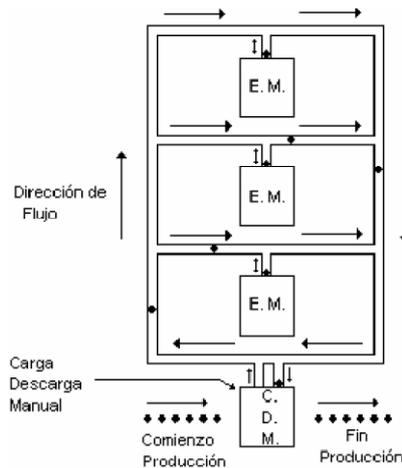


- Distribución en bucle: Un sistema de carga y descarga introduce las piezas en un proceso unidireccional en el que la pieza circula siempre en un recorrido

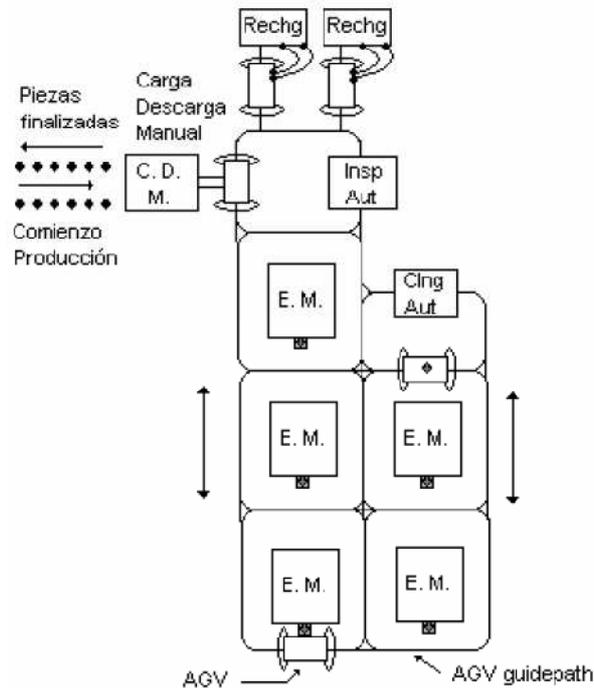
cerrado hasta que es sacada de él. Se utilizan sistemas de cintas o una línea de arrastre de carros.



- Distribución escalada: Se intercalan sub-bucles dentro de otro gran bucle. Esto facilita el traslado de la pieza, reduce el tiempo necesario para la operación ya que el recorrido de la pieza es menor y por tanto, no es necesario un sistema anticongestión. Pueden utilizarse sistemas de cinta, de vehículos guiados automáticamente o de vehículos guiados por raíles.



- Distribución en campo abierto: Consiste en múltiples bucles y escalas. Resulta apropiado cuando se quiere trabajar con una familia grande de productos. Se utilizan sistemas de vehículos guiados automáticamente o de vehículos guiados por raíles.



b) Transporte secundario: Está formado por todos aquellos componentes necesarios para el transporte situados entre el primario y la posición de trabajo de la máquina en cuestión. Lo componen cambiadores automáticos de pallets y mecanismos similares del FMS. La función del sistema secundario es llevar el material que se va a trabajar del sistema primario a la máquina o a otra estación para que se realicen las operaciones pertinentes. Este sistema tiene otras funciones como la reorientación del producto en el caso que no esté en la posición correcta y un buffer de almacenamiento para minimizar el tiempo de cambios y maximizar la utilización. En muchos casos, en las instalaciones del FMS, el posicionamiento y el registro de los requerimientos son realizados por el sistema primario. En estos casos el sistema secundario no es necesario. Las distribuciones anteriormente vistas con transporte secundario querían así:

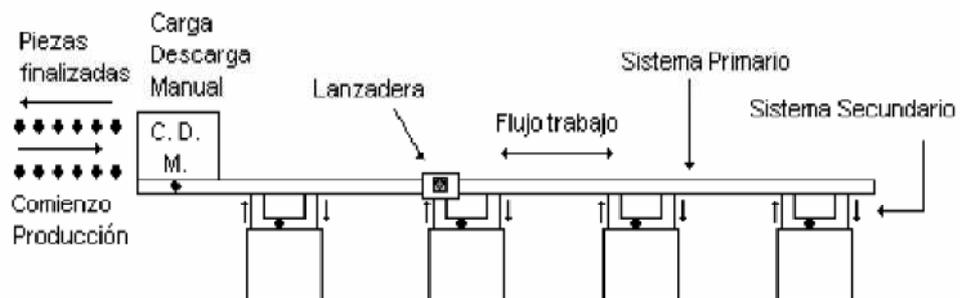


Imagen de una distribución en línea

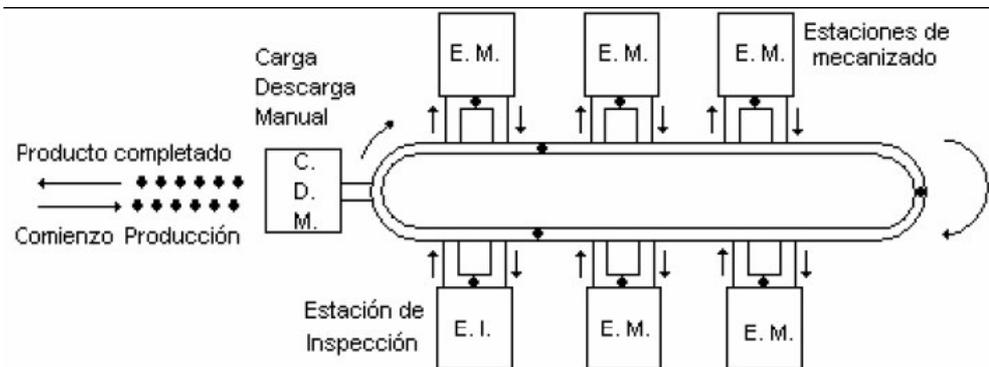


Imagen de una distribución en bucle

### 1.1.3.6.1.3.3. Sistema de control por computadora

Las FMS poseen un sistema informático formado por un ordenador central y microprocesadores colocados en cada estación de trabajo o elemento de transporte. Así todo el sistema puede ser controlado desde el ordenador central y éste puede coordinar las distintas actividades de sus componentes para conseguir un funcionamiento estable.

Las funciones de un sistema de control son:

- a) Controlar la estación de trabajo: Bien sean estaciones de procesamiento o de ensamblaje, necesitan de un control informático. En el caso de estaciones de procesamiento, las máquinas de mecanizado utilizan un control numérico al que previamente se les ha instalado el mismo programa informático que el del ordenador central para que puedan llegar las órdenes.
- b) Controlar la producción: Gestiona, según las necesidades, la variedad de productos con el nivel de producción. Para ello se necesita saber las tasas de producción diaria deseada de cada producto, el número de piezas disponibles sin trabajar y el número de pallets disponibles.
- c) Controlar el tráfico: Gestiona el sistema de transporte primario para mover las piezas entre estaciones. Esto se consigue mediante sensores colocados por toda la línea que avisan del paso de los pallets.

- 
- d) Controlar la lanzadera: Cada lanzadera debe de ser coordinada con el sistema de transporte primario y sincronizado con las herramientas de operación de la máquina.
- e) Controlar las piezas y herramientas: El ordenador ha de comprobar el estado final de las piezas mecanizadas y saber en todo momento el número de herramientas disponibles en el sistema. Si por algún motivo no se dispusiera de la herramienta necesaria llegado el momento de ser usada, se tendrían dos opciones:
- Comprobar si hay alguna otra estación libre con esa herramienta para re-direccionarla hasta ahí.
  - Notificar del problema al responsable de utillaje para que introduzca en la unidad de almacenamiento la herramienta demandada.
- f) Controlar la vida útil de las herramientas: Se generará un historial con el tiempo de uso de cada herramienta para poder saber en qué momento han de ser cambiadas. Llegado el momento se le notificará al operador para que lo haga.
- g) Controlar el rendimiento: El FMS guarda un informe de todas las operaciones y el rendimiento de las estaciones. Así luego se podrá gestionar y analizar posibles mejoras.
- h) Diagnosticar: Descubre los orígenes de problemas ocasionados y realiza mantenimientos preventivos para indicar posibles fallos inminentes. Esto lleva a la reducción de averías, y a la reducción de tiempo de inactividad por el mantenimiento llevado a cabo por humanos.

#### **1.1.3.6.1.3.4. Recursos humanos**

La automatización de una fabricación FMS no exime de disponer de mano de obra humana. Las tareas que desempeña un hombre en estos sistemas son:

- a) Cargar la materia prima si se decide no automatizarlo y del mismo modo, descargar el producto acabado (sale más rentable)
- b) Cambiar y ajustar las herramientas
- c) Realizar un mantenimiento y reparar los equipos
- d) Programar el CNC

- e) Programar el sistema informático
- f) Realizar una gestión global del sistema

#### **1.1.3.6.1.4. Beneficios de los FMS**

Los principales beneficios son:

- a) Con la tecnología del FMS, el uso de las máquinas se incrementa a un 80 o 90%. Esto se debe a que una máquina puede estar trabajando las 24 horas del día (incluso cuando no hay operarios en la planta), el cambio de herramienta se realiza automáticamente, los pallets realizan un cambio más rápido y efectivo y las colas de espera de las piezas aseguran la inhibición de las máquinas
- b) Al aumentar el uso de las máquinas, reduce la cantidad necesaria de éstas para poder llevar a cabo la producción
- c) Comparado con un sistema Job-Shop con las mismas capacidades, el FMS requiere entre un 40 y un 50% menos de espacio
- d) Tiene una rápida respuesta a cambios producidos en el diseño, a la introducción de nuevos tipos de piezas o cambios en la cadena de producción. Las averías no originan tantos problemas y es posible hacer reajustes en la cadena de producción de un día para otro según la demanda de los clientes.
- e) La necesidad de realizar un inventario se reduce entre un 60 a un 80% debido a que ahora las piezas ya no se mecanizan por lotes. Debido a esto el tiempo de entrega a un cliente se ve reducido.
- f) Aumenta la productividad

#### **1.1.3.6.1.5. Cuestiones de planificación e implantación**

La inversión en un FMS es muy costosa. Resulta imprescindible que antes se haga una minuciosa planificación, gestionando correctamente todos los recursos ya que si no, no se podría sacar el máximo provecho a la FMS convirtiéndose en un gasto innecesario.

---

### **1.1.3.6.1.5.1. Cuestiones de planificación y diseño de los FMS**

La fase inicial de la planificación de un FMS se ha de centrar en las piezas que se van a producir. De aquí surgen los siguientes problemas:

- a) Determinar la familia de la pieza y el límite de la gama con la que trabajará el FMS. Dichas piezas estarán ya definidas, basándose en la similitud entre los tipos de piezas y en la generalidad del producto al que pertenece.
- b) Determinar la maquinaria necesaria para poder procesarlo. Dependiendo de la geometría de la pieza, ésta tendrá que ser mecanizada por centros de mecanizado o centros rotativos. De la misma forma, el tipo de sujeción que se empleará también dependerá de esto.
- c) Dimensionar la pieza, ya que de nada sirve tener la maquinaria si ésta no es capaz de soportar el peso de la pieza o no entra en la mesa de trabajo.
- d) El volumen de producción será decisivo para conocer la cantidad de maquinaria que se necesitará. El volumen también influirá en el modo de sujeción, ya que cuanto mayor sea, más rápido y fácil tiene que ser el cambio de la pieza.

Tras definir estos parámetros, también habrá que aclarar los siguientes factores:

- a) La distribución del FMS y las posibles variaciones en su ruta
- b) El sistema de manejo del material, estrechamente relacionado con el tipo de distribución ya que como se vio en el apartado 1.3.6.1.3.2, no todas las distribuciones permiten los mismos equipos de sujeción. También se deberá tener en cuenta que las características de la pieza pueden ser un impedimento.
- c) El nivel de trabajo de las máquinas y su almacenaje. Un nivel muy bajo de trabajo inhibe las máquinas, pero uno muy alto las congestiona. El almacenaje debe ser tal que apoye dicho nivel.
- d) El tipo de herramientas y la cantidad de máquinas que las posean también es importante, ya que cuantas más máquinas tengan las mismas herramientas, más fácil será redirigir una pieza en caso de avería, pero más caro saldrá.
- e) La cantidad de pallets que se usarán

---

### 1.1.3.6.1.5.2. Cuestiones de operación de los FMS

Una vez instalado el sistema, habrá que ocuparse de los siguientes puntos:

- a) Programación y envío: La programación de la producción viene dada en el programa de producción maestro. El envío se ocupa de poner en marcha cada parte del sistema a su debido tiempo para que la producción concluya en el momento requerido.
- b) Carga de máquina: Los recursos de explotación y de herramientas deben asignarse a cada una de las estaciones para llevar a cabo el programa de producción demandado.
- c) Enrutamiento de piezas: Cada pieza seguirá una ruta de procesos ya planificada que asegurará la máxima utilización de los recursos de las estaciones de trabajo.
- d) Agrupamiento de piezas: En el sistema se pueden producir diferentes tipos de piezas de forma simultánea. Debido a esto, se debe determinar para cada tipo de pieza el grupo en el que va a ser producido, teniendo en cuenta las limitaciones de los recursos del sistema.
- e) Administración de herramientas: Se debe decidir cuándo cambiarlas y cómo repartirlas en las diferentes estaciones de trabajo del sistema, etc.
- f) Asignación de pallets y fijaciones: Los tipos de pallets y fijaciones dependen de los tipos de piezas que se producen en el sistema.

### 1.1.3.6.1.5.3. Análisis cuantitativo de los FMS

Éstas técnicas sirven para arreglar problemas en el diseño y en las operaciones. Se clasifican en modelos deterministas, modelos de colas, simulación de eventos discretos y otras aproximaciones

Los modelos deterministas obtienen una estimación inicial de la operación del sistema, permitiendo evaluar y dejar de lado parámetros que pueden perjudicar el funcionamiento. Por ello estos modelos sobreestiman el funcionamiento del FMS y permiten ver si se ha diseñado o administrado mal las operaciones al comparar el funcionamiento real con el estimado.

---

Los modelos de colas profundizan un poco más en los parámetros del sistema y se usan para describir características dinámicas no estimadas por el método anterior. Estos modelos se basan en teorías matemáticas pero solo sirven para configuraciones sencillas.

En fases más avanzadas del diseño, la simulación de eventos discretos probablemente ofrece el método más aproximado para el modelado de los parámetros específicos para un FMS en particular. Características como la distribución, el número de pallets del sistema, y las reglas de programación del funcionamiento pueden incorporarse a este modelo.

#### **1.1.3.6.1.5.4. Cuellos de botellas**

Es un modelo determinista fácil y sencillo que permite describir matemáticamente el número de estaciones de trabajo y la tasa de producción del sistema.

El término significa que la tasa de producción total del sistema viene limitado por el flujo de las piezas. Dicho de otro modo, si el sistema presenta varias partes donde el flujo máximo es distinto, la tasa de producción total del sistema quedará limitada por el menor de los flujos.

Se definirán a continuación algunas características, términos y símbolos para el modelo de cuello de botella:

- a) Mezcla de piezas: La fabricación de diversas piezas dentro de un mismo FMS se define por  $p_j$  que indica la proporción de piezas de un mismo tipo sobre la producción total del sistema. El subíndice  $j$  variará de 1 al valor del número de tipos del producto, y la suma de todas las  $p_j$  ha de dar 1.
- b) Estaciones de trabajo y servidores: Se definirá por  $n$  al número de estaciones de trabajo que hay dentro de un FMS. Se entiende por servidores al número de máquinas que desempeñan la misma función, por lo que una estación puede tener varios servidores y vienen definidos como  $s_i$  donde  $i$  varía de 1 a  $n$ . La estación de carga y descarga se considera como una estación más del FMS.

- 
- c) Ruta de proceso: Se define por  $t_{ijk}$  al tiempo de proceso de cada tipo de pieza, entendiendo por este tiempo al transcurrido sin contar la espera en las estaciones. El significado de cada subíndice es:  $i$  indica la estación,  $j$  la pieza o producto y  $k$  la secuencia de operaciones en la ruta de proceso.
  - d) Sistema de recepción de trabajo: La recepción es un caso especial de estación. Se la denomina  $n+1$  y  $s_{n+1}$  al número de transportadores que utiliza.
  - e) Tiempo de transporte: Nombrado por  $t_{n+1}$ , es el tiempo necesario para mover la pieza de una estación de trabajo a otra.
  - f) Frecuencia de operación: Indica el número de piezas del mismo tipo que sufren la misma operación dentro de la ruta de procesos.

#### 1.1.4. Gestión del taller

##### 1.1.4.1. Kaizen

Es una corriente filosófica proveniente de Japón que significa “mejora continua” (kai = cambio, zen = bueno). La búsqueda de esta corriente es tanto el bienestar de la empresa y sus trabajadores en el día de hoy como el saber encontrar mejoras en cualquier momento mediante el uso de herramientas organizativas.

Parte del principio de que el tiempo es el mejor indicador aislado para medir la competitividad y su aplicación se realiza eliminando aquellas cosas en la empresa que resultan prescindibles, bien sea en el campo de fabricación como en el administrativo. Con ello se consiguen resultados concretos en cortos periodos de tiempo y a bajo costo, lo que aumenta los beneficios, pero para que funcione ha de existir un trabajo en equipo entre empleados y directivos. Algunas pautas para poder llevarlo a cabo son:

- a) Involucrar a los empleados en el proceso: Permitirles expresar sus ideas o premiar las iniciativas hace que los empleados utilicen la cabeza y no solo las manos. Ver que sus ideas tienen importancia en la empresa les acerca a ella.

- 
- b) Grupos de trabajo: Cada empleado tiene conocimientos y experiencia sobre una parte del proceso, pero no de todo ello. El trabajo en equipo para apoyarse y así rellenar esas lagunas es esencial para triunfar.
  - c) Sencillez: Esta filosofía no requiere de grandes técnicas avanzadas o tecnologías innovadoras, solo sentido común y entendimiento
  - d) Resolución de problemas: Lo importante cuando surge un problema, no es tanto el ver los síntomas que se han originado, sino encontrar la raíz de todo ello y repararlo o mejorarlo.
  - e) Calidad: Ya que se hace algo, que se haga con la calidad y que el cliente necesita, investigando, diseñando y desarrollando los productos.

Si se lleva a cabo de forma debida se pueden obtener los siguientes resultados:

- a) Un aumento de la calidad
- b) Reducir el nivel del inventario
- c) Incremento sistemático y continuo de la producción, lo que conlleva una reducción de los costes.
- d) Reducir los tiempos ciclo y los plazos de respuesta, esto conlleva una mayor flexibilidad y capacidad para satisfacer mejor a los clientes.

#### **1.1.4.2. Adiestramiento**

Aunque a medida que la mano del hombre es sustituida por máquinas, también es cierto que éstas deben estar gobernadas por alguien.

Estas máquinas cada vez son más complejas, permitiendo obtener nuevas formas de fabricación y aumentando la capacidad de las líneas, pero también van desarrollando un sistema de control cada vez más especializado en ellas y diferenciándose más del resto de las máquinas (y no digamos ya entre distintas marcas y modelos). Además, se tendrá que cumplir una serie de indicaciones en relación a su instalación, mantenimiento y reparación si se quiere un correcto uso de ellas.

Todo esto no se puede conseguir si no se adiestra al operario en el funcionamiento de la maquinaria y en el proceso en el que interviene, ya que de lo contrario, ante cualquier imprevisto no sería capaz de reaccionar. Para realizar este adiestramiento, la empresa debe facilitar cursos de aprendizaje de manera continua y así tendrán trabajadores que serán capaces de adelantarse a la aparición de fallos.

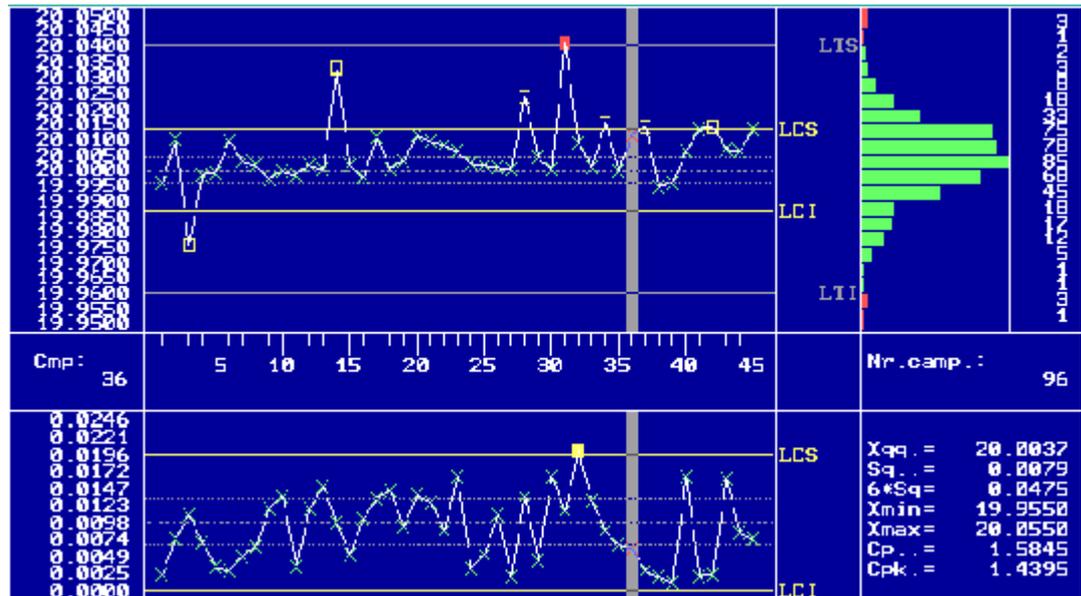
### **1.1.5. Aseguramiento de la calidad**

#### **1.1.5.1. Control estadístico del proceso (CEP)**

EL CEP es el empleo de técnicas estadísticas para el control continuo de la producción en todas las operaciones. Mediante el uso de los sistemas informáticos, la toma de estos datos se hace en el mismo momento en que se están produciendo de forma on-line. Esto permite intervenir en el acto y no tras varias repeticiones fallidas, pero hay que tener en cuenta que no se puede intervenir muy a menudo, ya que el que se produzca una anomalía puede ser algo puntual y no que a partir de ese momento siempre se produzca, y sin embargo, intervenir significa parar la producción (si intervienes siempre que algo se salga de los parámetros, la producción no avanzaría).

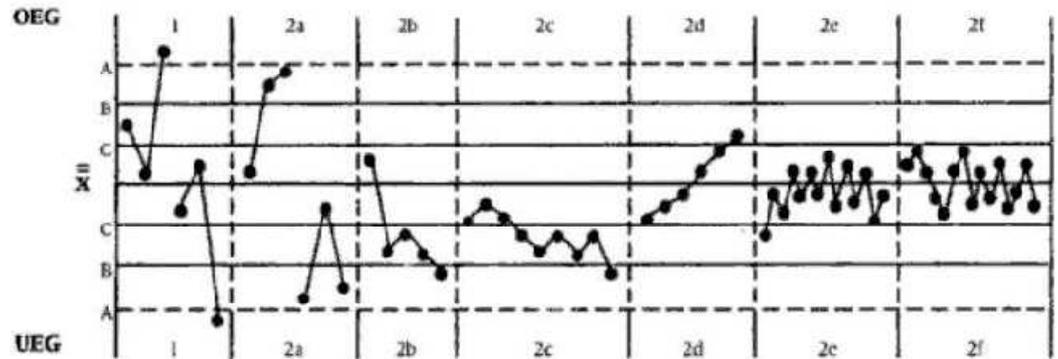
La herramienta utilizada para realizar el CEP es el *gráfico de control*. Es una herramienta sencilla de fácil comprensión que intenta aclarar los puntos donde realmente surgen los problemas para poder tomar rápidas decisiones.

El uso de estos gráficos se hace estableciendo un parámetro a controlar en el tiempo. En el Eje Y se representará la escala de los posibles valores que puede tomar y en el Eje X se representará el tiempo en el que se obtienen. Todos estos puntos se unirán para formar el gráfico, que si representa una buena fase de mecanizado debería quedar como una sola recta con el valor establecido en los planos. Esto no suele pasar, sino que la gráfica presenta picos debidos a las variaciones de este valor, por lo que se suele delimitar el rango de valores que son aceptados mediante dos rectas que actúan de *límite de control superior* y *límite de control inferior*.



En teoría se debería intervenir en el proceso cuando un parámetro se sale de dicho rango de valores, sin embargo como ya se ha explicado no siempre es así. Se considerará que el proceso está fuera de control cuando:

- Uno o más puntos están fuera de los límites de control
- Existe un *patrón de inestabilidad*. Para detectarlos se divide el rango de valores que está dentro de tolerancia en 6 intervalos del mismo tamaño (3 por encima del valor nominal y otros 3 por abajo). Se nombrará como zona A, a las subzonas más cercanas a los límites de control, zona C a las zonas pegadas al valor nominal y zona B a la que queda entre A y C. Estos patrones pueden ser de las siguientes formas:
  - 2 puntos de 3 consecutivos se encuentran en la zona A
  - 4 puntos de 5 seguidos se encuentran al mismo lado de la zona B
  - 9 puntos seguidos en el mismo lado
  - 6 puntos consecutivos con una tendencia creciente o decreciente
  - 14 puntos que se mueven de forma consecutiva hacia arriba o hacia abajo en forma de ondas
  - 15 puntos consecutivos en la zona C



Como norma general, los límites de control son aquellos valores cuya probabilidad de ser alcanzada son 0,3. Además, con todas las posibles medidas que se pueden controlar en el proceso, se tendrán que seleccionar aquellas que realmente influyan en la calidad del producto y hacer gráficos de ellas y no de todas. Los gráficos de control que se suelen hacer son para la media y para la desviación típica.

Para ello, una vez escogido las medidas a comprobar, se elige un tamaño de muestreo y la frecuencia con la que se tomará (se recomienda que el tamaño de muestreo este entre 4 y 6 muestras). De esos datos se sacará la media aritmética y la media de sus desviaciones, obteniendo un punto para cada una de las gráficas.

Hay que tener en cuenta que estos gráficos solo sirven si se utilizan cuando el proceso empieza trabajando bien. De implantarse para resolver un problema cuando ya se está dando, no aportaría solución alguna.

Otros tipos de gráficos de control son los *CUSUM* (detectan variaciones del proceso de un valor nominal establecido a priori) y los *EWMA* (detectan pequeñas variaciones en la media).

### 1.1.5.2. Autocontrol

No se puede conseguir una buena calidad del producto si la calidad del proceso es mala. Por ello, hoy en día ya nadie trabaja con los métodos tradicionales de control de calidad sino que fortalecen los métodos de prevención de errores. Esto lleva a que las empresas planteen el control de calidad en términos de autocontrol.

---

Este concepto en sí es simple, cada individuo que trabaje en la cadena de producción ha de asegurar la calidad del producto en la parte del proceso que le corresponde. Sin embargo, llevar esto a la práctica requiere de mucho más trabajo, ya que saber qué es lo que se tiene que hacer no significa que se pueda.

Como con cualquier otro método, para implantar el autocontrol primero se ha de formar a los operarios, para explicarles cómo funciona el éste y que se espera de ellos. Sin embargo, lo normal es que vean como se les añade más responsabilidad y trabajo que antes era realizado por los responsables de calidad, mientras que estos últimos se relajan al estar exentos del control a pie de máquina. Esto implica que se tenga que recurrir en gastos para facilitarles más su labor de control, pero muchas veces todo esto no basta y los fallos no desaparecen demostrando que hay un problema de fondo.

Con esto se quiere explicar que el autocontrol no funciona solo con decir cómo se deben de hacer las cosas, sino que hay que definir qué objetivos operativos se pretenden alcanzar para lograr el objetivo general.

Aclarado los problemas básicos que aparecen en el autocontrol, ya se puede pasar a definirlo. Se entiende por autocontrol como: *un conjunto de objetivos operativos a cumplir necesariamente en el proceso de trabajo para que su repercusión en la calidad del producto ofrezca una fiabilidad máxima*. Dichos objetivos se han descrito siguiendo un orden nemotécnico, cuya utilidad ha sido más que probada en innumerables ocasiones, con objeto de crear una “cultura del autocontrol”.

Estos objetivos son generales, no tiene que ser cumplidos solo por los operarios, sino por todos los que componen la empresa. Los objetivos necesarios para implantarlo son:

- a) La actitud: Se requiere una actitud positiva para alcanzar los objetivos parcialmente o en su totalidad ya que de ser negativa, este método ni siquiera se podría implantar. Para conseguir tal actitud en los operarios, la dirección y toda la cadena de mando a de apoyar el cambio y motivar al personal.

- 
- b) Unicidad: Dedicación del esfuerzo a una única tarea bien realizada. En los centros de trabajo debe existir lo necesario y sólo lo necesario, evitando de este modo error es que por simples son los más comunes. Esto implica, por supuesto, un control estricto de las órdenes de fabricación, de las listas de requisición... Esto no tiene porqué suponer un incremento de trabajo para ningún estamento de la empresa, antes al contrario, supone una racionalización de ese mismo trabajo, extrapolando los problemas de autocontrol en un departamento de producción a una búsqueda de soluciones en todos los departamentos directamente relacionados.
- c) Tecnologías: Toda la tecnología de la fábrica debe de ser entendida como una herramienta para el operador y no al revés. Los poka-yokes deben ser controlados, y no acatados como un dogma de fe. El automantenimiento de las máquinas y utillajes tiene que ser visto como una tarea a realizar con la máxima importancia por el que las maneja, así como la formación en todas las tecnologías directamente relacionadas con el trabajo del operador.
- d) Organización: Toda organización tiene un procedimiento de trabajo establecido, aunque muchas veces éste es ignorado por los operarios, bien sea por una actitud negligente o porque no está claro. En fabricas donde se está rotando continuamente, la difusión de estas normas es clave ya que el cumplimiento no solo facilita la labor a todo el personal sino que fomenta la *tormenta de ideas*.
- e) Trazabilidad: Muchas veces, hay una parte del stock intermedio que queda fuera de control. Esto genera problemas en la trazabilidad del producto que por la simpleza del error es difícil de corregir. No existe más solución que una implicación de los operadores en la detección del error, y en la prevención del mismo, eso sí, definiendo claramente un procedimiento general de actuación. Este es uno de los factores clave en el control de la fábrica, ya que no afecta a un producto o un cliente, sino a la propia planificación de la fábrica y servicio a los diversos clientes (no hay que olvidar que un error en almacén siempre es doble) sobre todo en sistemas de flujo tenso.
- f) Orden: Trabajar en un ambiente desordenado provoca errores y dificulta la ejecución de determinadas tareas. Éste es un reflejo de la actitud del ambiente, por lo que hay que marcar un sitio para cada cosa y que estas sean solo las

---

necesarias. Aquí interviene el departamento de métodos, ayudando a convertir la dificultad en ergonomía.

- g) Control: Deben existir unas pautas claras y temporizadas sobre los controles que debe de realizar un operador. También hay que facilitar registros claros y detallados sobre el tratamiento de los datos de control y ser posible, informatizados. Para que el operador preste la atención debida a esta tarea hay que implicarle en la resolución de los problemas y planes de mejora, derivados de la observación y tratamiento de dichos registros.
- h) Necesidades: Ya se comento que con este método los operarios sienten como se les carga con más trabajo y responsabilidad. Este sentimiento genera una actitud negativa que es lo que se intenta evitar. Una solución para vencer esas reticencias suele ser dar la posibilidad de exigir al operario aquello que necesita para desempeñar mejor su trabajo.
- i) Limpieza: No hay duda alguna de que la limpieza juega un papel fundamental en la calidad del producto. Como con otros puntos, solo una actitud positiva por parte del trabajador puede solventar este problema, aunque la dirección puede ayudar facilitando un orden de la centro de trabajo.
- j) Responsabilidad: Se puede considerar que un sistema funciona en autocontrol cuando un operador es capaz de asumir, y de hecho asume sus propias decisiones. Es quizá el último paso y más importante dentro de la implantación, y el más difícil de dar. Se observa fácilmente que los trabajadores que asumen riesgos no son precisamente los más veteranos. Estos no aplican su experiencia más que a tareas cotidianas, pero nunca de decisión. La clave suele estar en malas experiencias en el pasado, resultado de las cuales acaban adoptando una actitud que se podría calificar de pasiva. El problema y la solución suele estar en manos de los mandos intermedios, que deben impulsar la asunción de responsabilidades hasta un cierto nivel, para lo cual normalmente deben empezar por cambiar ellos mismos de mentalidad. Se puede pedir a un operador que asuma un riesgo, pero más tarde no se le debe culpar si la decisión tomada es errónea. Se hace patente, como se ve, la necesidad de delimitar esos umbrales de decisión, así como fomentar el diálogo entre mandos y operadores, de forma que estos puedan consultar a aquellos, obteniendo una respuesta.

---

k) Observación: Un trabajador no suele valer para definir los puestos de trabajo, pero puesto que es él quien trabajará en éste, sus ideas son de suma importancia para redefinirlo y mejorarlo. Fomentando la observación por su parte, mediante planes de sugerencias, reuniones con ellos, etc., se obtendrán siempre nuevos datos para la mejora de las condiciones de trabajo, tanto en criterios ergonómicos, como de salud laboral, calidad,... mejoras que repercutirán indudable y rápidamente en la calidad del proceso.

Como se puede ver, el trabajo con autocontrol es un proceso lento que requiere un gran esfuerzo por parte de todos para que se lleve a cabo de forma satisfactoria, pero que si se consigue, obtendrá una empresa que marcha sola.

### **1.1.5.3. Poka-Yokes**

El termino *Poka-Yoke* procede del japonés (poka = error inadvertido y yokes = prevenir). Se entiende por dispositivo Poka-Yoke a cualquier herramienta que ayuda a prevenir los errores o los convierte en algo muy simple para que el trabajador lo vea a tiempo y pueda corregirlo, eliminando los defectos de un producto.

Los sistemas Poka-Yoke implican el llevar a cabo el 100% de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. Este enfoque resuelve los problemas de la vieja creencia que el 100% de la inspección toma mucho tiempo y trabajo, por lo que tiene un costo muy alto.

Los sistemas Poka-Yoke tiene dos misiones, inspeccionar las partes producidas y realizar acciones correctivas en caso de que surjan anomalías. Los efectos de este método dependerán del tipo de inspección que se realice, bien sea al inicio de la línea, de auto-chequeo o de chequeo continuo. Un buen sistema Poka-Yoke ha de ser simple, barato, estar bien integrado en el proceso y estar colocado ahí donde se produce el error.

Para conseguir reducir los defectos a cero, lo primero es saber distinguir entre un *error* y un *defecto*. Los *defectos* son los resultados y los *errores* son las causas que

---

producen los defectos. Una forma de eliminar los problemas es distinguiendo los defectos y clasificarlos en categorías según su importancia. Después se busca el error que los produce para poder así diseñar e implantar un dispositivo que los anule.

El producto o el mismo proceso, por la forma en que está definido o las condiciones que se le pide, invita a que ocurran errores en determinadas zonas. Algunas causas que los producen son:

- a) Ajustes
- b) Carencia de Especificaciones adecuadas.
- c) Complejidad.
- d) Programación esporádica.
- e) Procedimientos estándar de operación inadecuados.
- f) Simetría / Asimetría.
- g) Muy rápido / Muy lento.
- h) Medio ambiente.

También puede ser el hombre quien produzca estos errores. Algunas causas son:

- a) El olvido del individuo
- b) Un entendimiento inadecuado
- c) Falta identificación o es inadecuada la que existe
- d) Falta de experiencia del individuo
- e) Ignorar reglas o políticas
- f) Pasa desapercibido una situación
- g) Lentitud en el desarrollo de una operación
- h) Falta documentación en procedimientos o estándares de operaciones o sistema
- i) Falta de análisis de todas las posibles situaciones que pueden suceder
- j) Falta de integración del individuo con la operación

Dependiendo del propósito, la función o a las técnicas que utilice la fabricación, este método se encontrará dentro de una categoría u otra. Existen dos posible formas en que le método avisará del error:

- 
- a) Métodos de control: Existen métodos que cuando ocurren anomalías apagan las máquinas o bloquean los sistemas de operación previniendo que siga ocurriendo el mismo defecto. Estos tipos de métodos tienen una función reguladora mucho más fuerte, que los de tipo preventivo, y por lo tanto este tipo de sistemas de control ayudan a maximizar la eficiencia para alcanzar cero defectos.

No en todos los casos que se utilizan métodos de control es necesario apagar la máquina completamente, por ejemplo cuando son defectos aislados en una fabricación que no está en serie y que se pueden corregir después, se puede diseñar un mecanismo que permita "marcar" la pieza defectuosa, para su fácil localización y después corregirla, evitando así tener que detener por completo la máquina y continuar con el proceso.

- b) Métodos de advertencia: Este tipo de método advierte al trabajador de las anomalías ocurridas, llamando su atención, mediante la activación de una luz o sonido. Si el trabajador no se da cuenta de la señal de advertencia, los defectos seguirán ocurriendo, por lo que este tipo de método tiene una función reguladora menos poderosa que la de métodos de control. En los casos donde una luz advierte al trabajador: una luz parpadeante puede atraer con mayor facilidad la atención del trabajador que una luz fija. Este método es efectivo solo si el trabajador se da cuenta, por lo que en ocasiones es necesario colocar la luz en otro sitio, hacerla más intensa, cambiar el color, etc. Por otro lado el sonido puede atraer con mayor facilidad la atención de la gente, pero no es efectivo si existe demasiado ruido en el ambiente que no permita escuchar la señal, por lo que en este caso es necesario regular el volumen, tono y secuencia. En muchas ocasiones es más efectivo el cambiar las escalas musicales o timbres, que el subir el volumen del mismo. Luces y sonido se pueden combinar uno con el otro para obtener un buen método de advertencia.

En cualquier situación los métodos de control son mucho más efectivos que los métodos de advertencia, por lo que los de tipo control deben usarse tanto como sean posibles. El uso de métodos de advertencia se debe considerar cuando el

---

impacto de las anomalías sea mínimo, o cuando factores técnicos y/o económicos hagan la implantación de un método de control una tarea extremadamente difícil.

Los métodos Poka-Yoke se clasifican en:

- a) Métodos de contacto: Detecta las anomalías en el acabado o las dimensiones de una pieza mediante dispositivos sensitivos. No tiene porque existir un contacto directo pieza-sensor.
- b) Método de valor fijo: Las anomalías se detectan mediante la inspección de un número determinado de movimientos, en casos donde las operaciones deben repetirse un número específico de veces.
- c) Método del paso-movimiento: Las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos fijados. Es un método muy efectivo que tiene un amplio rango de aplicación, y la posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se este planeando la implementación de un dispositivo Poka-Yoke.

Existen muchos tipos de medidores para el método Poka-Yoke:

- a) Medidores de contacto:
  - Microinterruptores: Verifican la presencia y posición de objetos, detectan herramientas rotas, etc. Suelen ir equipados con luces para su fácil uso
  - Interruptores de tacto: Detectan la presencia de objetos, dimensiones o posición con gran sensibilidad mediante su activación al detectar una luz en su antena receptora.
  - Transformador diferencial: Capta los diferentes ángulos de contacto del transformador con la superficie, así como las fuerzas magnéticas. Se usa con piezas de gran precisión.
  - Trimetrón: Es un calibrador digital que detecta los valores límite de una pieza al igual que su posición. El mismo dispositivo detecta las medidas que son aceptadas y las que son rechazadas.

- Relevador de niveles líquidos: Detecta el nivel de un líquido usando flotadores.

b) Medidores sin contacto:

- Sensores de proximidad: Se usan en objetos magnéticos ya que responden al cambio de distancias desde objetos y los cambios en las líneas de fuerzas magnéticas.
- Interruptores fotoeléctricos: Hay de dos tipos, los *transmisores* en el que un rayo transmitido es interrumpido por piezas no ferrosas y los de tipo *reflector* que usa el reflejo de las luces de los rayos y distinguen diferencias entre colores.
- Sensores de luces: Hacen uso de rayos de electrones. Pueden ser transmisores o reflectores
- Sensores de posición: Detectan la posición de la pieza
- Sensores de dimensión: Detectan si las dimensiones de la pieza son correctas
- Sensores de desplazamiento: Detectan deformaciones, grosor y niveles de altura.
- Sensores de metales: Detectan cuando un producto pasa o no por un lugar y también la presencia de metal mezclado con material sobrante.
- Sensor de piezas dobles: Detectan cuando varios productos pasan a la vez
- Sensores de roscas: Detectan mecanizado de roscas incompletas
- Fluido de elementos: Detectan cambios en corrientes de aire ocasionados por la colocación o desplazamiento de objetos, también detectan brocas rotas o dañadas.
- Detector de cambios de presión: Usan calibradores de presión para detectar fugas de aceite.
- Detector de cambios de temperatura: Utilizan termómetros, termostatos, etc, para medir la temperatura de las superficies, partes electrónicas y motores, así como controlar la temperatura del ambiente industrial.
- Detectores de vibraciones anormales: Miden las vibraciones de una máquina y detectan cuando son anormales ya que pueden ocasionar defectos.

- Detectores de tiempo y cronometraje: Cronómetros, interruptores de tiempo, etc.
- Medidores de anomalías en la transmisión de información: Puede usarse luz o sonido, en algunas áreas es mejor un sonido ya que capta más rápidamente la atención del trabajador ya que si este no ve la luz de advertencia, los errores van a seguir ocurriendo. El uso de colores mejora de alguna manera la capacidad de llamar la atención que la luz simple, pero una luz parpadeante es mucho mejor.

Cuanto más sofisticado sea el proceso más habrá que invertir, sin embargo, lo importante es solucionar los problemas, no justificar la compra de dispositivos caros.

#### **1.1.5.4. Metrología y verificación**

##### **1.1.5.4.1. Instrumentos de verificación**

###### **1.1.5.4.1.1. Calibres fijos**

También conocido como *galga* son herramientas utilizadas para la verificación de las cotas con tolerancias estrechas de una pieza mecanizada. Son usadas en procesos en serie.

Hay una gran variedad de galgas según se quiera verificar diámetros de agujeros (*tampones*), diámetros de ejes (*galgas de herradura*) o roscas (mediante ejes roscados). Siguen el procedimiento de *Pasa - No Pasa*, por el cual se tiene un amplio abanico de estas galgas, calibrada cada una con una medida diferente, de manera que para comprobar que esta dentro de tolerancia, se hace pasar primero la galga de la medida adecuada (por la que pasará) y después la siguiente de mayor y menor calibración por la que no deberá pasar.

La verificación debe de hacerse en ambientes a 20°C para que no se dilaten las piezas

### 1.1.5.4.1.1. Calibres fijos para roscas

Herramientas simples de uso manual para verificar roscas. Se asemeja a una navaja suiza, pero en cuyo interior guarda patrones de roscas en vez de filos. Para comprobar una rosca, se selecciona el patrón correspondiente y se sitúa sobre la rosca, verificando que éste encaja, pero no los patrones más próximos al debido.

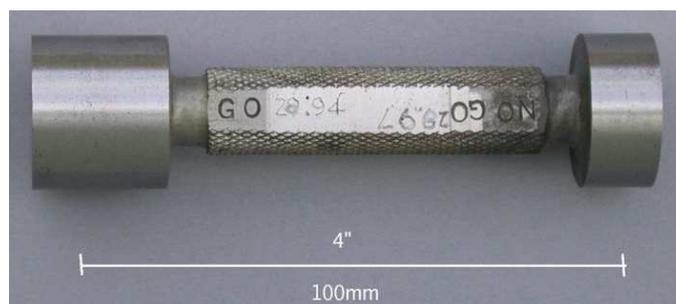
Los patrones deben de estar limpios y guardados en lugares donde no puedan deteriorarse.



### 1.1.5.4.1.2. Calibres fijos para verificación de agujeros

Estas galgas están formadas por un mango recto de sujeción y dos elementos de medida en sus extremos, donde uno corresponde con la dimensión máxima de medida llamada *No Pasa* y el otro corresponde con el valor mínimo de medida llamado *Pasa*. Para que el agujero esté en tolerancia, la dimensión de *Pasa* se ha de poder introducir pero no la de *No Pasa*.

Están fabricadas en acero templado y rectificado con gran precisión de ejecución.



### 1.1.5.4.1.2. Alexómetros para verificación de interiores

El alexómetro es un instrumento de medición de diámetros interiores. Es un reloj comparador anexo a un eje que en el extremo de éste, se encuentra el contacto que hace girar las agujas del alexómetro y de este modo poder comparar las medidas. Cuando hablamos del contacto del extremo, hablamos de un pistón que se comprime y se relaja cada vez que vayamos a medir un diámetro interior, que es lo que a su vez hace girar la aguja. Al otro lado del pistón, hay un contacto que nos servirá de apoyo a la hora de medir y asegurarnos de que no haya movimiento alguno ni variaciones.

Es un instrumento de estructura bastante sencilla, aunque debemos tomar sus precauciones a la hora de medir y en su uso.

Como todo comparador, no da la medida de una magnitud exacta sino la variación de ésta con otra conocida.



### 1.1.5.4.1.3. Comparador neumático para interiores

Comparador de interiores es otra forma de llamar al alexómetro. En este caso, en vez de ser mecánico se utiliza la variación de presiones mediante gases para amplificar su sensibilidad.

---

Algunas aplicaciones pueden ser el control, antes del proceso de mecanizado, del correcto valor del excedente de metal que se ha de remover, y también después del proceso de mecanizado, aunque debido a la elevada fiabilidad de la herramienta, no se efectúa muy frecuentemente.

El momento del control es identificado después de un número bien definido de ciclos, que permiten intervalos de tiempo muy amplios y que ofrecen al operador la posibilidad de intervenir con calma. Estos largos intervalos entre las operaciones de control permiten intervenir manualmente en las operaciones de recuperación del desgaste de la herramienta. Además, entre las aplicaciones especiales también se puede considerar la conexión entre el calibre, la pantalla y el grupo de impresión para la adquisición estadística de la calidad.

#### **1.1.5.4.2. Laboratorio de metrología**

En este tipo de procesos donde se busca rapidez y el menor tiempo posible de fabricación, se potenciará la verificación al pie de máquina más que la realizada en laboratorios, ya que esta última supondría tener que desplazar la pieza de la fábrica. Sin embargo, solo en un laboratorio se pueden obtener resultados muy precisos y es necesario para servir de medida y calibrar al resto de los patrones que se utilizan en la fábrica.

Las condiciones que ha de cumplir un laboratorio son las siguientes:

- a) Temperatura: La temperatura ambiente ha de ser de 20°C para evitar dilataciones. Podrá variar en un rango de 4°C como mucho y deberá ser hecho de una forma suave a razón de 2°C/h.
- b) Humedad: Oxida los instrumentos, por lo que se debería intentar que fuese lo menor posible. Sin embargo, ésta no puede ser menor del 50% ni mayor al 75%
- c) Presión atmosférica: La presión del aire busca ser un poco mayor a la externa, en torno a los 25 Pa, para que así la suciedad del ambiente no entre en el laboratorio. Si en vez de ser una fábrica industrial fuese un laboratorio con riesgo biológico,

sería al contrario, con menor presión, para que así fuese lo de dentro del laboratorio lo que no saliese.

- d) Alimentación eléctrica: Debido a los equipos eléctricos, se limitará la variación de la corriente para que no alteren los resultados.
- e) Polvo: Se controlará ya que puede afectar a la medición de los espesores de las piezas.
- f) Vibración y ruido: Pueden falsear los resultados en mediciones realizadas por instrumentos mecánicos.



### **1.1.5.5. Calibración y trazabilidad**

#### **1.1.5.5.1. Plan de calibración. Tipos de patrones**

El plan de calibración es el documento en el que se detalla cuando hay que calibrar los equipos. Se suele representar como una tabla en el que viene la lista de los equipos y la fecha de su próxima calibración. El periodo de calibración varía según el uso que se le dé al aparato y de la importancia que tenga el resultado.

En la ficha de equipo debe indicarse el periodo de calibración y en la ficha de vida, la fecha de la calibración o intervención, el certificado que evidencia los resultados obtenidos, la fecha de la próxima calibración y el resultado obtenido. En la ficha de

---

vida del equipo no tan solo deberán indicarse las calibraciones realizadas, sino que también cualquier tipo de intervención, como reparación o ajustes.

Hay varios niveles de importancia dentro de los patrones:

- a) Patrones internacionales: Son definidos por acuerdos internacionales. Representan unidades de medida con la mayor exactitud que se puede obtener con la tecnología de producción y medición. Son patrones que se encuentran en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas y no se usan habitualmente para la comparación o calibración
- b) Patrones primarios: Se encuentran en los laboratorios de patrones nacionales en diferentes partes del mundo. Los patrones primarios no están disponibles para utilizarse fuera de los laboratorios nacionales. Una de las principales funciones es la verificación y calibración de los patrones secundarios.
- c) Patrones secundarios: Patrones básicos de referencia que se usan en los laboratorios industriales de medición. Estos patrones se conservan en la industria particular interesada y se verifican localmente con otros patrones de referencia. La responsabilidad del mantenimiento y calibración de los patrones secundarios depende del laboratorio industrial. Los patrones secundarios por lo general, se envían periódicamente a los laboratorios nacionales para su calibración y comparación con los patrones primarios.
- d) Patrones de trabajo: Son las herramientas principales en un laboratorio de mediciones. Se utilizan para verificar y calibrar la exactitud y comportamiento de las mediciones efectuadas en las aplicaciones industriales.

#### **1.1.5.5.2. Trazabilidad**

Se entiende por trazabilidad: “Propiedad del resultado de una medición o el valor de un patrón, por el cual puede ser relacionado con los patrones de referencia, usualmente patrones nacionales o internacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones, teniendo todas, incertidumbres determinadas.”

---

La trazabilidad de los resultados de las mediciones se caracteriza por cinco elementos esenciales:

- a) Una cadena ininterrumpida de comparaciones: Estas comparaciones se relacionan con un patrón nacional o internacional
- b) La incertidumbre de la medición: Se transfiere entre comparaciones. Ha de ser calculada para tenerse en cuenta.
- c) La documentación: Solo los laboratorios con toda la documentación en regla pueden demostrar estar cualificados para ejercer la metrología. Cada paso de la cadena de la trazabilidad se realiza según procedimientos de calibración reconocidos y documentados, incluyéndose la declaración de los resultados.
- d) La frecuencia de calibración: Las calibraciones son repetidas a intervalos apropiados. La medida de estos intervalos depende de varias variables como la incertidumbre requerida, la frecuencia de uso de los equipos, la forma en que ellos se utilizan, la estabilidad de los mismos... Los intervalos para las calibraciones son establecidos por el propio usuario del equipo a no ser que existan regulaciones de carácter legal que lo impidan.

### **1.1.5.6. Herramientas de análisis de la no calidad**

Como ya se ha explicado, para lograr la calidad total se requiere del establecimiento de una filosofía de calidad, seguida de una nueva cultura mantenida por un liderazgo, desarrollar a los operarios y a los proveedores, trabajar en equipo y planificar la calidad.

Irán surgiendo problemas a lo largo de la producción que habrá que solucionar, reducir los defectos y mejorar los niveles estándares de actuación. El sentido común y la experiencia siempre son necesarios para resolver estos problemas, pero en caso de fallar nadie asumirá la responsabilidad, por lo que además se tendrá que apoyar en hechos.

Existen siete herramientas que han sido acogidas en las actividades de mejora de la calidad y que sirven para analizar y solucionar problemas:

- 
- a) Hoja de control: Reúne y clasifica la información según unas categorías, mediante la anotación y registro de sus frecuencias bajo la forma de datos. Una vez que se ha establecido el problema que se quiere estudiar e identificadas las categorías que lo caracterizan, se registran estas en una hoja, indicando la frecuencia de observación.
- b) Histograma: Se emplea para obtener una comunicación clara y efectiva de la variabilidad del sistema, para mostrar el resultado de un cambio en el sistema, para identificar anomalías examinando la forma y para comparar la variabilidad con los límites de especificación
- c) Diagrama de Pareto: Consiste en un método gráfico para determinar cuáles son los problemas más importantes en una situación y las prioridades en la intervención. Identifica los problemas más importantes basándose en que pocas causas producen la mayor parte de los problemas y que muchas causas no tiene importancia relativa. Para construir un diagrama de Pareto se han de seguir los siguientes pasos:
- Decidir como clasificar los datos
  - Elegir el periodo de observación
  - Obtener los datos y ordenarlos
  - Prepara los ejes cartesianos del diagrama
  - Diseñar el diagrama
- d) Diagrama de causa-efecto: Sintetiza las posibles causas que dan origen a un problema, normalmente relacionado con la calidad. Permite analizar las causas que deben de ser corregidas o eliminadas para mejorar la calidad.
- e) Análisis por estratificación: Clasifica la información obtenida según alguna característica de calidad. Toda la información debe ser estratificada de acuerdo a operadores individuales en máquinas específicas y así sucesivamente, con el objeto de asegurarse de los factores asumidos.
- f) Diagrama de dispersión: El estudio de la relación de dos variables
- g) Gráfico de control: Estudia la variación de un proceso y determina a que se debe tal variación (ver pag. 96).

---

### **1.1.5.7. Retrabajos y recuperaciones de las no-conformidades**

Las herramientas del análisis de la no Calidad son muy completas y competitivas. En el mundo actual ningún producto puede ser defectuoso, ya que ante todo en una empresa prima la satisfacción del cliente. Los estándares de Calidad cada vez son más exigentes con las empresas e imponen mayores restricciones a la hora de operar. Es, por una parte necesario, ya que así se garantiza la correcta ejecución del producto y por otra parte hace que los errores salgan a la luz con facilidad. En el caso de la fabricación de un bloque motor existen unas medidas críticas que deben ser respetadas; en el caso de que estén fuera de los límites establecidos se procederá a su inspección: el bloque se comprueba en las bahías de autocontrol mientras se está mecanizando. En esa inspección el operario mide cotas, referencias, rugosidades críticas del proceso. Si alguna no-conformidad estuviese identificada, el bloque motor sale de la línea de producción. Si el error es por exceso normalmente se puede subsanar ya que basta con seguir mecanizando adecuadamente para conseguir la tolerancia requerida; si el error es por defecto el problema es mayor, y puede darse incluso la situación de tener que invalidar el bloque motor.

### **1.1.5.8. Auditorias de proceso, producto y sistema**

Se define *auditoria* como el proceso de control comprensivo y constructivo de cualquier estructura organizada sobre sus métodos de control, fabricación, medios de operación y empleo que dé a sus recursos humanos y materiales.

Una *auditoria de procesos* resulta la valoración de la eficacia del sistema de calidad al comprobar que los procesos y la realización de los trabajos se ajusta a los procedimientos especificados. La documentación necesaria para llevarla a cabo es el *manual de procedimientos* y las *instrucciones de mantenimiento y conservación* con los que se valora si el personal cumple con lo estipulado. Puntos que suelen ser objeto de auditoría son:

- a) Limpieza del área de trabajo, incluida la maquinaria, útiles y herramientas
- b) Utilización adecuada de las instalaciones a su cargo

- 
- c) Uso adecuado de la maquinaria, las instalaciones y la documentación
  - d) Uso adecuado de los elementos de medida
  - e) Orden e identificación del material en proceso y almacenado
  - f) Cumplimiento de los documentos bajo su responsabilidad
  - g) Seguimiento de las fases programadas
  - h) Valorar el rendimiento
  - i) Resultado de la motivación, dirección e instrucción en el personal

Las auditorias de producto tienen por finalidad comprobar que el producto cumple con la documentación técnica (planos, normativa, etc.), por lo que requerirá de estos documentos y de los elementos de medida necesarios para su comprobación.

Este tipo de auditoría se realiza asignándole a producto sacado aleatoriamente un valor llamado *Nota de Calidad*, que vendrá dado según lo que se acerque el producto a las especificaciones pedidas. Para ello, primero se le asigna al producto unos *Puntos de Control* ( $P_c$ ) en función de las características requeridas y después, se le asignan unos *Puntos de Demérito* ( $P_d$ ) por cada característica que no se cumpla, cuyo valor varía según la importancia del defecto (crítico, importante, menor e irrelevante) y por su diferencia con el valor exigido (más del 100% del campo de tolerancia, entre 50-100%, etc.). Con ambos puntos se realiza el cociente  $\alpha = P_d / P_c$ , luego se lo restamos a la unidad y lo multiplicamos por 10, esa será la Nota de Calidad. El cociente  $\alpha$  ha de ser menor a 1.

Las *auditorias de sistemas* valoran la existencia de un correcto sistema de calidad documentado y de su nivel de implementación en la empresa. Utiliza el Manual de Calidad y el Manual de Procedimientos. La particularidad de esta auditoría, es que se puede dividir en subauditorías, las cuales se centrarán en puntos distintos.

La realización de una auditoria se hace siguiendo los siguientes pasos:

- a) Elegir el tipo de auditoría que se quiere realizar, estudiando los procedimientos que se han de dar. Se estudiará la periodicidad con la que se hará y el personal que se elegirá para ello, bien sea uno solo o varios (dependiendo de la auditoria)

---

o incluso se desea que sea interno o contratado por una empresa especializada en auditorías.

- b) Realizar la auditoria según el plan definido. El personal tiene que ser advertido con antelación para que así, puedan prestar su mayor colaboración. Esto les hará trabajar mejor ante una auditoria que en un día normal, lo que de cierta forma la falsea, pero si se hacen de forma periódica se convierte en una rutina y la gente empieza a trabajar con normalidad. Los datos recogidos han de ser aceptados tanto por el auditor como por el auditado. No hay que olvidar que todo esto se realiza para comprobar la efectividad del sistema y su grado de cumplimentación por lo que de todo esto habrá que sacar en claro cuál es la relación con la calidad del producto final.
- c) Evaluar la auditoria y obtener una nota final válida, aunque solo sea para compararla con anteriores y medir su evolución (tanto la de la implementación del sistema como la de la calidad del producto). Lo que se pretende es la obtención de una valoración totalmente objetiva por lo que el sistema de valoración ha de ser consensuado, y además, experimentado durante cierto tiempo, para poder fijar las señales de alerta, índices de ponderación, etc.
- d) Redacción de informe y propuesta de medidas correctoras, si se considera necesario, con expresión de su grado de urgencia. Una vez valorada la auditoria y antes de la redacción del informe final y propuesta de las medidas correctoras, es conveniente la reunión con el director o responsable máximo afectado por la auditoria para que sea el primer informado y pueda incluso colaborar en la propuesta de medidas correctoras así como en la decisión sobre la urgencia de las mismas, pues es conveniente que tanto el informe de la auditoria como la propuesta de medidas correctoras, lo asuma como algo propio, entre otras cosas porque a veces, podrá ejercer más presión sobre la Gerencia que el propio auditor, sobre todo si alguna de las medidas propuestas corresponden o requieren inversiones.

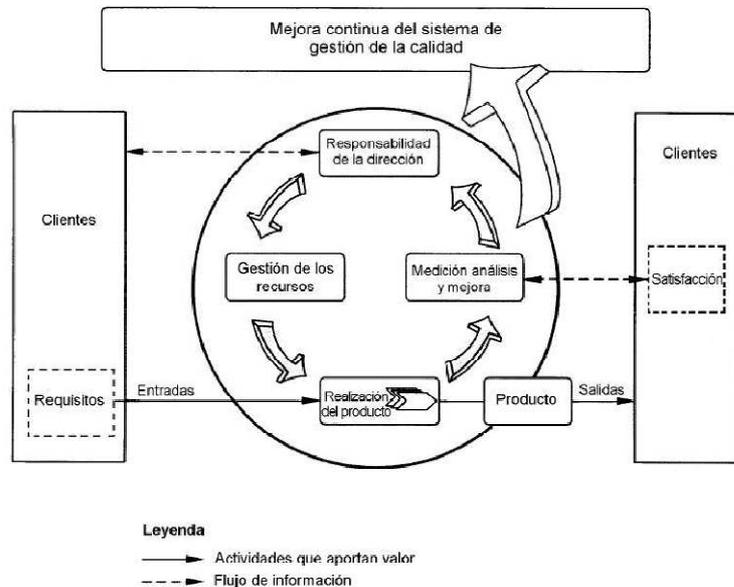
---

### **1.1.5.9. Gestión del Sistema de Calidad. Estándares de la calidad en el sector de la automoción.**

El Sistema de gestión de la calidad es el conjunto de normas interrelacionadas de una empresa u organización por los cuales se administra de forma ordenada la calidad de la misma, en la búsqueda de la satisfacción de sus clientes. La adopción de un sistema de calidad es un acto voluntario que toma cada empresa, pero muy necesario.

Los principales elementos que se busca definir son:

- a) La estructura de la organización: La estructura de la organización responde al organigrama de los sistemas de la empresa donde se jerarquizan los niveles directivos y de gestión. En ocasiones este organigrama de sistemas no corresponde al organigrama tradicional de una empresa.
- b) La estructura de responsabilidades: La estructura de responsabilidades implica a personas y departamentos. La forma más sencilla de explicitar las responsabilidades en calidad, es mediante un cuadro de doble entrada, donde mediante un eje se sitúan los diferentes departamentos y en el otro, las diversas funciones de la calidad.
- c) Procedimientos: Los procedimientos responden al plan permanente de pautas detalladas para controlar las acciones de la organización.
- d) Procesos: Los procesos responden a la sucesión completa de operaciones dirigidos a la consecución de un objetivo específico.
- e) Recursos: Los recursos, no solamente económicos, sino humanos, técnicos y de otro tipo, deberán estar definidos de forma estable y además de estarlo de forma circunstancial.



Estos cinco apartados no siempre están definidos ni claros en una empresa. Para ayudar con la gestión de una empresa, a lo largo de los años y juntando la experiencia de muchas entidades empresariales de diversos mercados, se han diseñado unos estándares de gestión de calidad normalizados, es decir, definidos por un organismo normalizador, como ISO, DIN o EN, etc. que permiten que una empresa con un sistema de gestión de la calidad pueda validar su efectividad mediante una auditoría de una organización u ente externo. Una de las normas más conocidas y utilizadas a nivel internacional para gestionar la calidad, es la norma ISO 9001 (cuya última revisión es la ISO 9001:2008).

También existen normas específicas para determinados sectores o actividades, por ejemplo la norma ISO/IEC 17025:2005 que aplica para el diseño de un sistema de gestión de la calidad en Laboratorios o la norma ISO 14001 para el control del medio ambiente.

---

### 1.1.5.9.1. ISO 9001

Es con diferencia el marco de calidad más sólido del mundo. En la actualidad, la utilizan más de 750.000 organizaciones de 161 países y establece las pautas no sólo para los sistemas de gestión de la calidad, sino para los sistemas de gestión en general.

Ayuda a todo tipo de organizaciones a alcanzar el éxito por medio de una mayor satisfacción del cliente, motivación de los empleados y mejora continua. Los mejores retornos de la inversión los obtienen las compañías preparadas para implantarla en toda la organización, no sólo en ciertas sedes, departamentos o divisiones.

ISO 9001 es una entre una serie de normas de sistemas de gestión de la calidad. Puede ayudar a poner de manifiesto lo mejor de su organización puesto que permite comprender los procesos de entrega de productos y prestación de servicios a los clientes. La serie de normas ISO 9001 consta de:

- a) ISO 9000: Fundamentos y vocabulario: presenta al usuario los conceptos subyacentes a los sistemas de gestión y especifica la terminología utilizada.
- b) ISO 9001: Requisitos: establece los criterios que se deben cumplir si se desea funcionar conforme a la norma y lograr la certificación.
- c) ISO 9004: Directrices para mejorar el rendimiento: basadas en los ocho principios de gestión de la calidad, las directrices se han concebido para que las utilice la cúpula directiva como marco para conducir a las organizaciones hacia la mejora del rendimiento, teniendo en cuenta las necesidades de todas las partes interesadas, no sólo de los clientes.

ISO 9001 se ha concebido, además, para ser compatible con otras normas de sistemas de gestión y especificaciones, como OHSAS 18001 Salud y seguridad en el trabajo e ISO 14001 Medio ambiente. Pueden integrarse a la perfección por medio de la gestión integrada. Comparten muchos principios, por lo que optar por un sistema de gestión integrada.

### **1.1.5.9.2. TS 16949**

La industria de automoción global exige unos niveles de primera categoría para la calidad del producto, productividad, competitividad y mejora continua. Para alcanzar esta meta, muchos fabricantes de vehículos insisten en que los proveedores se adhieran a las rigurosas especificaciones técnicas que establecen las normas de gestión de la calidad para proveedores del sector de automoción conocidas como ISO /TS 16949:2002.

Ha sido concebida por la propia industria, el grupo de trabajo internacional sobre automoción IATF (siglas en inglés para *International Automotive Task Force*), para alentar mejoras en la cadena de suministro y en el proceso de certificación. De hecho, para la mayoría de los fabricantes de vehículos punteros la certificación para esta norma es un requisito obligatorio para hacer negocios.

Esta especificación unifica y sustituye las normas de sistemas de calidad de automoción norteamericanas, alemanas, francesas e italianas existentes, incluidas las normas QS-9000, VDA6.1, EAQF y ASQ. Especifica los requisitos a los sistemas de calidad para el diseño/desarrollo, fabricación, instalación y servicio de cualquier producto de automoción. Se publicó por primera vez en marzo de 1999 y se revisó en 2002. Actualmente, hay más de 25.000 certificados emitidos en 80 países y economías.

ISO/TS16949:2002 sólo se puede aplicar a centros en los que se fabriquen piezas para la producción o el servicio. Las organizaciones que desean introducirse en el mercado de automoción deben esperar hasta que consten en una lista de proveedores potenciales de un cliente del sector antes de poder continuar con la certificación para esta especificación.

### **1.1.6. Mantenimiento productivo total (TPM)**

El Mantenimiento Productivo Total es un enfoque del mantenimiento que optimiza la eficiencia del equipo, elimina las paradas de las máquinas, reduce las pequeñas averías y promueve el mantenimiento autónomo del operador, involucrando a toda la plantilla.

Se fundamenta en la búsqueda permanente de la mejora de los rendimientos de los procesos y los medios de producción, por una implicación concreta y diaria de todas las personas que participan en el proceso productivo. Esta técnica es altamente eficaz en aquellas empresas que cuentan con muchas operaciones automáticas y secuenciales, ya que combina un conjunto de actividades y técnicas específicas para lograr un gran progreso en la capacidad de producción de la planta, sin requerir inversiones significativas y logrando por tanto un mejor aprovechamiento de las instalaciones existentes.

#### **1.1.6.1. Utilidades del TPM**

La aplicabilidad de esta técnica es para fábricas que hagan un uso intensivo de maquinaria al combinar las mejores prácticas de la calidad total, el mantenimiento y la gestión de la producción logrando un nivel de productividad lo más alto posible en el uso de la maquinaria. Este nivel de la productividad se mide con un indicador llamado OEE o eficiencia global de los equipos. Este criterio de medición de la eficiencia es el más riguroso que existe, ya que contrasta la cantidad de producto que se fabrica con respecto de lo que es tecnológicamente factible de fabricar:

$$\text{OEE} = \text{Producción hecha} / \text{Producción tecnológicamente factible.}$$

Donde la producción tecnológicamente factible es aquella que se obtendría si los medios de producción hubiesen estado fabricando piezas buenas durante todo el tiempo de trabajo sin ningún tipo de interrupción y a la máxima velocidad de proceso.

---

La principal necesidad de las empresas es el aumento de la productividad como mecanismo más factible para aumentar la capacidad de fabricación y dar así respuesta a las posibles demandas de nuevos pedidos y a la venta de servicios a un mercado más diversificado. El incremento de la productividad es también necesario como mecanismo de consecución de una tasa de rentabilidad más alta, o lo que es lo mismo, como medio para sacar un mayor partido de las inversiones realizadas. Aquella empresa que se plantee un posible proyecto de ampliación, deberá realizar previamente un estudio del grado de utilización actual de las máquinas, porque puede darse el caso de que la planta tenga capacidad suficiente para ampliar la producción, pero esa capacidad se encuentre limitada o escondida por un ratio OEE bajo.

### **1.1.6.2. Funcionamiento del TPM**

La técnica del TPM se dirige directamente a la obtención de una mayor productividad en planta, con la eliminación o disminución de las causas que la limitan. Para conseguir este objetivo es fundamental la participación de todo el personal de la empresa, con diferentes misiones, empezando por la promoción del proyecto por parte de la dirección. De la misma forma el resto de las áreas implicadas realizan distintos aportes:

- a) El departamento de métodos contribuye con la mejora de los procesos.
- b) Fabricación se coordina con mantenimiento en tareas como la planificación de cambios de lote y organización del mantenimiento preventivo.
- c) Mantenimiento define programas de prevención y desarrolla los planes de automantenimiento.

Antes de iniciar la implantación de la técnica TPM, lo primero es medir la eficiencia global para conocer las posibilidades de mejora existentes, además de detallar y cuantificar la pérdida de productividad debida a cada uno de los siguientes conceptos:

- a) Averías de la maquinaria: Tanto averías pequeñas que pueden resolverse en una hora y que ocurren varias a la semana, como averías más serias que pueden

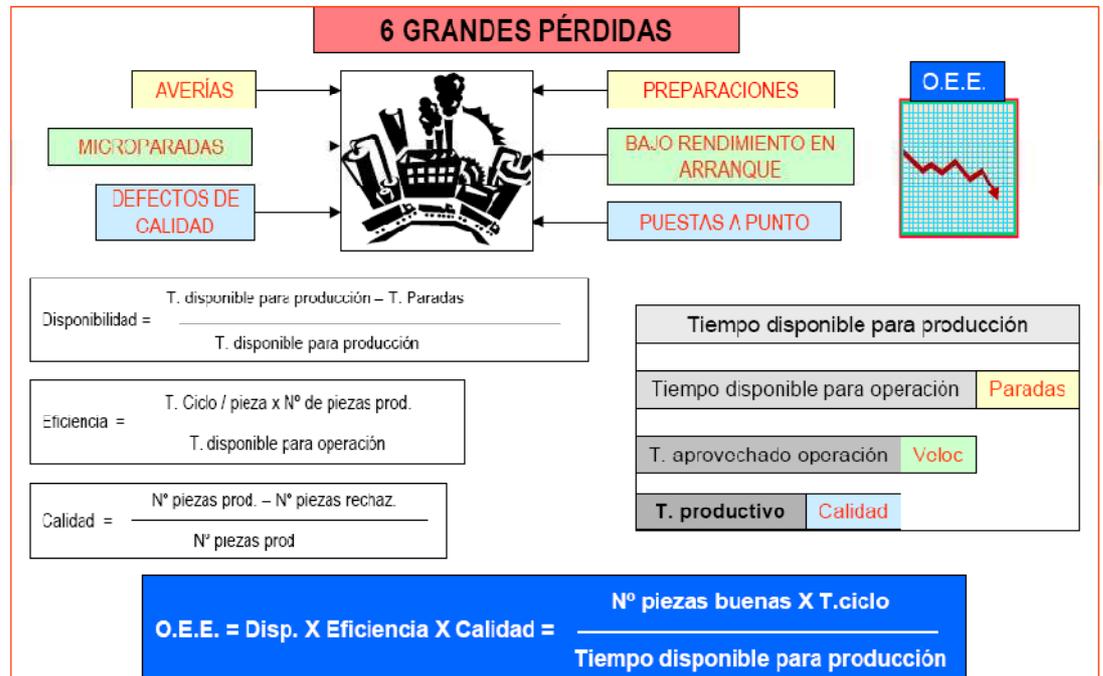
---

interrumpir la producción más de un día. También se incluye el tiempo que se deben parar los equipos para limpieza y mantenimiento preventivo.

- b) Preparaciones: Arranques y cambios de lote. Porcentaje de tiempo perdido por el arranque de las máquinas y por los cambios y ajustes de la maquinaria en cada cambio de molde.
- c) Microparadas: Se trata de pequeñas interrupciones, como son complicaciones en la limpieza de un mecanismo, que se corrigen de inmediato, pero que sumadas dan un porcentaje significativo.
- d) Velocidad de proceso menor: Esta pérdida de eficiencia se debe a funcionar a una velocidad menor que la que permite la máquina. La respuesta más habitual en las empresas es bajar la velocidad, lo que lleva a una pérdida clara de productividad.
- e) Calidad: Este es el caso de todo el tiempo empleado en fabricar productos defectuosos y por tanto es una de las principales cuestiones a eliminar.
- f) Puestas a punto: Con la aplicación de esta técnica se puede incrementar la capacidad de producción de la fábrica y su productividad, sin necesidad de entrar en inversiones de nueva maquinaria ni de acondicionamiento de más espacio físico.

### **1.1.6.3. Aplicación del TPM**

El primer paso a dar es la medición lo más exacta posible de la eficiencia global de los equipos (OEE) cuyo valor es el producto de tres elementos: *disponibilidad*, *rendimiento* y *tasa de calidad*. El análisis de cada uno de ellos por separado nos permite ver donde estamos siendo menos eficientes y evaluar el potencial de mejora. La medición inicial no solo va dirigida a determinar el OEE, sino también a cuantificar con precisión cada una de las seis grandes causas de pérdida de productividad.



Las “cinco eses”, denominado así por la primera letra en japonés de cada una de sus cinco etapas, es una técnica de gestión japonesa basada en cinco principios simples:

- a) **Seiri (Clasificar):** Eliminación de todo lo innecesario para mejorar la organización.
- b) **Seiton (Ordenar):** Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar. Es un principio de funcionalidad. Todo objeto que se utiliza en alguna labor, debe volver luego a su sitio.
- c) **Seiso (Limpiar):** Limpieza completa del sitio de trabajo y los artículos que se emplean en el proceso de comercialización. Debe hacerse al inicio o final de la jornada y en tiempo laboral.
- d) **Seiketsu (Estandarizar):** Mantener altos niveles de organización y limpieza.
- e) **Shitsuke (Autocontrolar):** Capacitar a la gente para que de manera autónoma pueda realizar con disciplina sus tareas.

En el TPM cobra una especial relevancia la implantación del automantenimiento, o parte del mantenimiento realizado por el personal encargado del manejo del equipo de producción. Su objetivo es ampliar las competencias de los operarios para que participen en tareas sencillas de mantenimiento e implica:

- 
- a) Higiene de la máquina y su entorno (5 S).
  - b) Gamas y fichas de automantenimiento para los operadores.
  - c) Definir y vigilar parámetros de funcionamiento para cada máquina.

Esta labor no tiene que afectar a las tareas tradicionales de ese departamento, sino liberarle de operaciones básicas que son el origen de averías repetitivas que consumen mucho tiempo.

Para una mejor planificación de éstas y otras tareas y conocimiento de la situación del día a día, destaca la importancia de la celebración de reuniones donde preparar las próximas acciones, reflejar problemas que afectan al cambio de turno, analizar resultados, etc. Además se debe disponer de otro calendario de reuniones periódicas entre los diferentes miembros del equipo TPM para hacer el seguimiento de los indicadores establecidos y las medidas puestas en marcha. Una vez que se empieza la implantación de esta técnica, los siguientes pasos a dar son:

- a) Poner en marcha un sistema de medición estricto y en tiempo real de la productividad en planta. De esta forma, cualquier desviación en los objetivos de productividad a lograr se detecta rápidamente y se corrige con mayor facilidad.
- b) Crear equipos en áreas piloto previamente seleccionadas, que trabajen en la eliminación o disminución de las causas de pérdida de productividad. Estos equipos dirigen su esfuerzo a los apartados de pérdida de productividad determinados en la medición inicial, buscando en la primera etapa una optimización de la relación esfuerzo/beneficio.
- c) Establecer un sistema de gestión del mantenimiento lo más eficaz posible, y siempre desde el punto de vista de la productividad.
- d) Aplicar las diferentes técnicas de mejora de la productividad que van asociadas a esta metodología, como son las 5 S, el SMED, la fabricación visual, los Poka-Yoke, etc. Siempre con un análisis previo del potencial de mejora ligado a cada técnica.
- e) Una vez que se van obteniendo resultados en las áreas piloto, asegurar que los problemas eliminados no se vuelvan a repetir. Aquí es donde la medición permanente de la productividad permite lograr un rendimiento sostenido, y no

---

retroceder en los avances logrados. El TPM no persigue demostrar que puntualmente se puede conseguir un determinado ratio de productividad, su objetivo es lograr productividades medias sostenidas, y esto es lo verdaderamente complejo y por lo que se necesita un apoyo experto en su aplicación.

- f) Posteriormente se van extendiendo las mejoras logradas en las áreas piloto al resto de las áreas, con las particularidades que cada una de ellas presente.
- g) El resto del trabajo consiste en dejar en la empresa un sistema de gestión de la producción en planta que sea eficaz y que facilite una mejora continua en el tiempo.

#### **1.1.6.4. Resultados de las TPM**

Las herramientas TPM nos ayudarán a sistematizar todas aquellas actuaciones que no surgen por naturaleza, estableciendo los mecanismos y procedimientos adecuados para la mejora. Implica atacar los problemas de las máquinas y que por ello es bien aceptado por los trabajadores, ya que se mejora su forma de trabajo. Por otra parte permite detectar las paradas de máquina y los motivos de esas paradas para su posterior análisis en función del operario, turno, condiciones del lote, etc. Como se ha comentado el proyecto TPM deberá contar con el apoyo de la dirección y la participación de todos los empleados, quienes deberán recibir formación e información, con el objetivo de que se identifiquen con su trabajo, con su máquina y puedan aportar más valor en forma de sugerencias, labores básicas de automantenimiento, etc.

#### **1.1.6.5. Objetivos de las TPM**

- a) Maximizar la efectividad del equipo mediante el esfuerzo y dedicación de todo el personal.
- b) Eliminar todas las pérdidas de las máquinas, mejorando la productividad y la calidad del producto.
- c) Crear un sentido de la propiedad.

- 
- d) Promover la Mejora Continua a través de actividades de pequeños grupos que involucran a todo el personal mediante el empleo de las técnicas de resolución de problemas.
  - e) Establecer formas de análisis de la situación actual frente a la deseada.
  - f) Conseguir un ambiente laboral entusiasta y mejorar las habilidades de los operarios.
  - g) Traducir los objetivos TPM hacia la estrategia de la empresa
  - h) Planificar la extensión de las mejoras conseguidas hacia otras máquinas, áreas o naves.

### **1.1.7. Logística interna**

La logística se define como "el proceso que planifica, implanta y controla, de forma eficiente, el flujo de materias primas, materiales de envasado, productos intermedios, y producto terminado desde el punto de origen al punto de entrega, al coste adecuado y con el objetivo de satisfacer las necesidades del cliente". En ella se engloban todas las áreas relacionadas con:

- a) Prever las necesidades, buscar a los proveedores, comprar y recibir el material
- b) Planificar los materiales y recursos en sus correspondientes centros de producción.
- c) Realizar las operaciones pertinentes desde que el producto es acabado hasta que se le entrega al cliente.
- d) Recoger los productos (tanto si están obsoletos, dañados, caducados, etc.) para su reciclaje o destrucción.

Por ello, la logística ha de coordinar diferentes áreas entre sí, para que funcione todo en su debido momento. Algunas de estas áreas son el de aprovisionamiento, transporte, gestión de stocks o el de distribución (tanto el del material dentro de la fábrica como el del producto a su punto de venta)

---

### 1.1.7.1. Aprovisionamiento de la línea

Se encarga de abastecer de materias primas y componentes a la empresa por medio de proveedores. Su gestión tiene un gran peso en el precio final del producto, ya que el costo de obtener la materia prima supera el de su fabricación en la mayoría de las veces. Las funciones del aprovisionamiento son:

- a) Compras: Ha de mantener el flujo de materiales constante para que el negocio no pare, evitando excederse en el nivel de inventarios y asegurando la calidad de lo comprado. Se encargará también de buscar siempre nuevos proveedores que ofrezcan precios más baratos, estandarizar cuando sea posible los artículos comprados y mantener la competitividad de la organización.

Se buscará seguir la política de *zero stocks* (comentada en el apartado 1.2.1), pero también se intentará conseguir la mayor flexibilidad posible (rápida adaptación a la demanda), lo que puede ser un problema ya que con una mala previsión, te puedes quedar con mucha demanda desatendida. Para conseguir esto habrá que reducir el tamaño de los lotes de pedido y aumentar la frecuencia de entrega, apuesta arriesgada sino se realizan las siguientes acciones:

- Emplear proveedores locales para reducir el coste por el transporte, el bajo tamaño del pedido y su frecuencia de entrega. Es más difícil sufrir retrasos, los plazos de entrega son menores y hay mayor trato con el proveedor.
- Utilizar bucles Kanban entre proveedor y fabricante.
- Permitir que el proveedor se haga cargo del stock de seguridad
- La empresa compradora asume la gestión del transporte, así se obtiene un control preciso de los suministros y se reducen los costes administrativos.

Antiguamente se intentaba tener muchos proveedores para conseguir mejores ofertas en los precios de los pedidos y asegurar el abastecimiento. Sin embargo con esta nueva filosofía se obliga a reducir el número de proveedores para asegurar unos requisitos de calidad y fiabilidad. Esto también tiene sus beneficios:

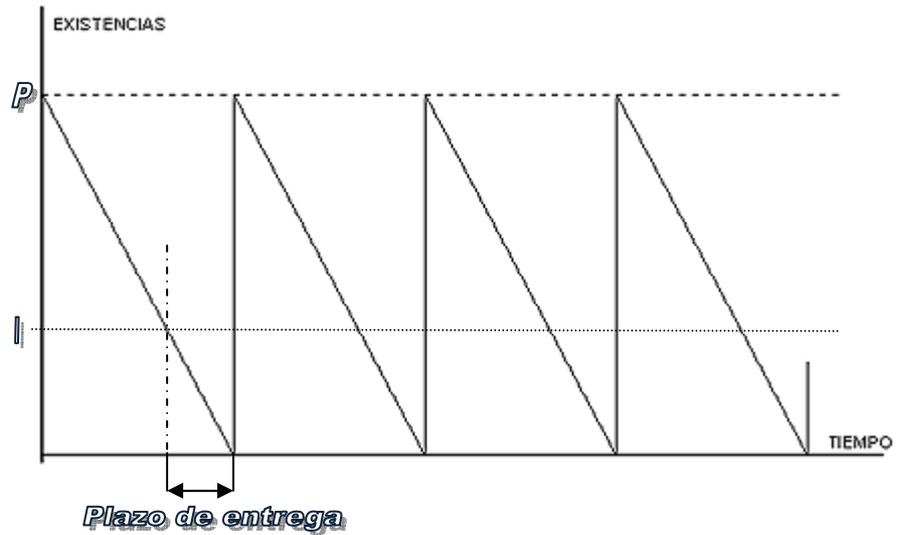
- Se crea un vínculo de lealtad fábrica-proveedor que evita riesgos de interrupciones en el suministro o incumplimientos en los plazos de entrega.
- El proveedor puede especializarse y optimizar su proceso de producción al asegurar una continuidad con contratos a medio y largo plazo.
- La gestión del proveedor se simplifica al disminuir el número de empresas implicadas.

b) Gestión de stocks: Se llama stock a la acumulación de un material en un periodo de tiempo. Se utiliza para desacoplar flujos, equilibrar la producción y la demanda y servir de colchón ante imprevistos como averías o una mala programación. El inconveniente de tener stock es que conlleva un gasto por tenerlo almacenado que se traduce en un incremento en el precio del producto.

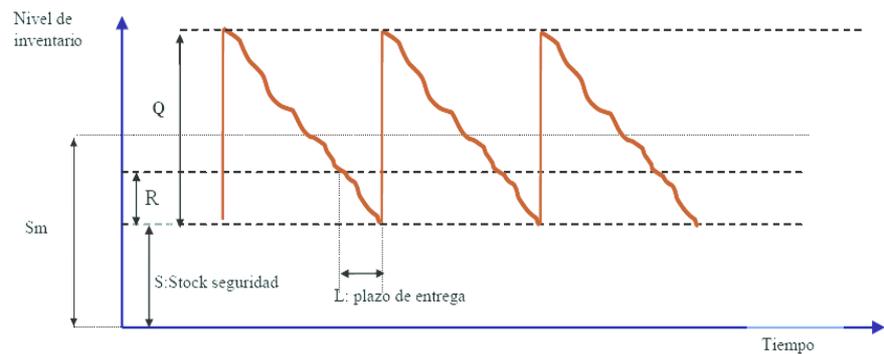
Como ya se ha comentado, un objetivo de toda empresa será minimizar el stock, lo que aportará un aumento de liquidez, una reducción de los costes y una simplificación de la estructura. También hay un riesgo en trabajar sin stock y es que puede quedar una cierta demanda sin satisfacer (*rotura de stock*), romper la línea de producción o incrementar los plazos de entrega.

Existen dos sistemas para gestionar el stock:

- Sistema del volumen óptimo: Se calcula una cantidad fija de pedido  $P$  que será realizada cuando el nivel del inventario descienda hasta una cantidad  $I$ . Como puede haber variaciones en la demanda, también se ha de calcular un nivel mínimo de inventario llamado *stock de seguridad* que ha de estar siempre disponible y servirá como colchón.



Con stock de seguridad quedaría así:



Las variables a tener en cuenta son:

- ❖  $\underline{D}$  = demanda expresada en unidades de artículo consumido durante un año.
- ❖  $\underline{P}$  = ritmo de producción expresado en unidades producidas de artículo al año, si se fabricara continuamente.
- ❖  $\underline{L}$  = plazo de entrega (desde que se hace un pedido hasta que llega el artículo).
- ❖  $\underline{R}$  = punto de re-provisionamiento, cuando el stock llega a este nivel, hay que hacer el pedido.
- ❖  $\underline{Q}$  = cantidad de artículo del pedido u orden de fabricación.
- ❖  $\underline{S}$  = stock de seguridad.

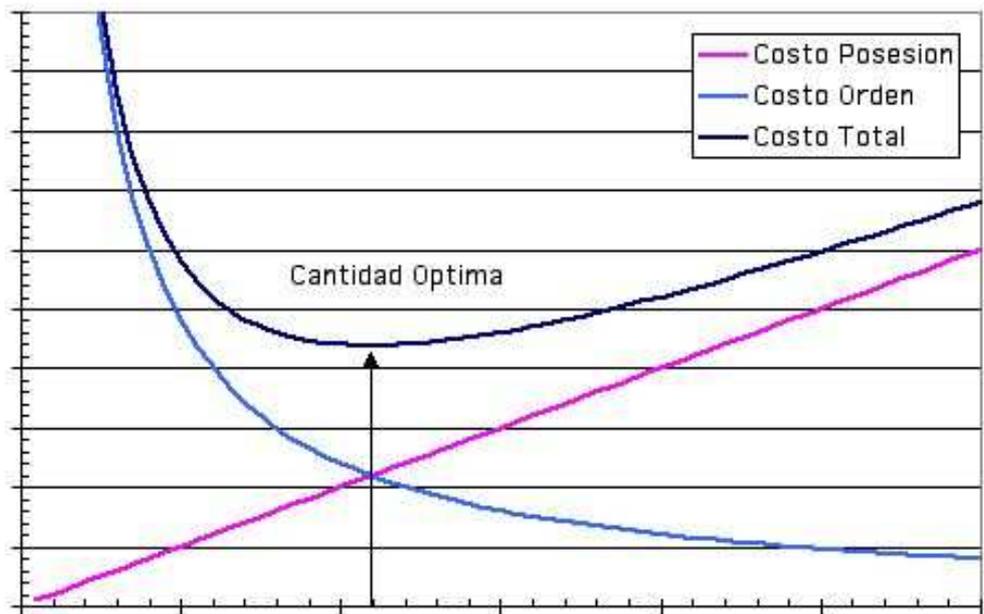
❖  $\underline{S_m}$  = stock medio.

El coste anual de procesar los pedidos es:  $C_p = \frac{D}{Q} * CE$  siendo  $CE$  el coste de procesar un pedido

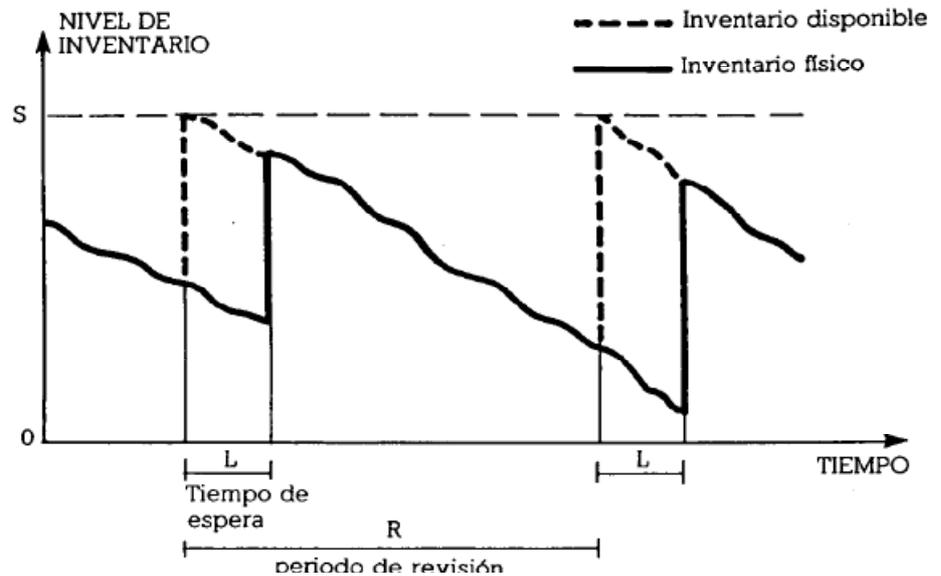
El coste de almacenamiento es:  $C_a = S_m * c * r$  donde  $c$  es el coste del artículo y  $r$  el coste de almacenaje en tanto por uno.

El coste total será:  $C_t = C_p + C_a$

Para calcular el volumen óptimo de pedido, se derivará  $C_t$  en función de  $Q$  y se igualará a 0, denominándose  $Q^*$



- Sistema de revisión periódica: El producto se pide por periodos de igual duración, en donde la variación se da en el volumen del pedido que valdrá lo necesario hasta alcanzar un valor predeterminado.



- c) Tráfico
- d) Recepción de materiales

Estos dos últimos apartados ya han sido explicados anteriormente

### 1.1.7.2. Sistema Just in Time

También nombrado como JIT, es una filosofía que define la forma en que debería optimizarse un sistema de producción. Según esta filosofía, la entrega de materiales a la línea se hace calculando que quede acabada justo cuando se pide, de manera que no deba de ser almacenada. Es por tanto una producción orientada a la demanda.

La ventaja competitiva derivada de todo esto es que en un tiempo breve, la empresa es capaz de sacar al mercado una cantidad requerida de producto a precios muy competitivos por evitar costes añadidos. A esta filosofía hay que aplicarle unos cuantos principios relacionados con la Calidad Total. Sus implicaciones son muchas y de gran alcance.

---

El JIT persigue 4 objetivos principales:

- a) Descubrir los problemas: Como en todas las distintas filosofías que ya se han visto, lo primordial es encontrar siempre la causa primera que origina el problema.
- b) Eliminar gastos innecesarios: Se eliminarán todas las actividades que no añadan valor al producto, reduciendo así los costes y el plazo de fabricación. El operario deberá de autocontrolarse y el proceso se deberá garantizar mediante control estadístico (SPC), previniendo los riesgos potenciales los cuales retrasarían mucho la producción.
- c) Buscar la simplicidad: Se da mucho énfasis en que la sencillez suele conllevar una gestión más eficaz. Lo primero que se suele hacer para simplificar es eliminar las rutas complejas del flujo de materiales buscando que sean unidireccionales. Otro paso es agrupar los productos en familias para facilitar la producción en células de producción.
- d) Diseñar sistemas que identifiquen problemas: Sistemas de arrastre o de control de calidad estadístico ayudan a sacar a la luz los problemas. En el fondo, cualquier sistema que ayude a encontrarlos es beneficioso, mientras que los que los enmascaran son perjudiciales.

Este sistema significa perder eficiencia a corto plazo para ganarlo a largo plazo.

Para implantar el sistema JIT primero habrá que entender que es lo que significa implantarlo, conseguir el compromiso de todos los que compondrán el sistema analizar los costes y beneficios que supondrían llevarlo a cabo y si todo esto resulta satisfactorio, iniciarlo. El primer paso será mentalizar a los trabajadores de lo que se busca con este sistema, de cómo se llevará a cabo y cuál es su papel en él de manera que empiecen a aplicarlo en su propio trabajo. Después se reestructurará la planta para mejorar los flujos de trabajo y reducir los tiempos, eliminando las máquinas que son de poco fiar (ya que en caso de avería dejarían sin material a las siguientes máquinas) e incluyendo un programa de mantenimiento preventivo que garantice la fiabilidad. También habrá que integrar en este proceso a proveedores y clientes, ya que se tendrá que discutir los requisitos del producto para saber que pedirle al JIT.

### **1.1.7.3. Gestión de pulmones**

Esta gran producción con tan poco tiempo ciclo conlleva a una gran saturación de los empleados. Como ya se ha venido insistiendo, cualquier tipo de contratiempo que detenga la producción sería catastrófico, por lo que una forma de asegurar la continuidad incluso si sucediera algo es mediante pulmones.

Estos se colocan en lugares estratégicos de la línea para maximizar su beneficio, como por ejemplo ahí donde se vea que va a surgir un cuello de botella y para ello se emplean distintos métodos como ralentizar la producción durante un intervalo de tiempo, redirigir el flujo hacia otra máquina, etc...

## **1.2. Cálculos**

---

**INDICE:** **Página**

---

1.2. CÁLCULOS

1.2.1 Estudio de tiempos. Tiempo ciclo de línea.....	1
1.2.2. Cantidad de producción: capacidad de línea. Cuellos de botella.....	2
1.2.3. Cálculo de horas reales, asignadas y presenciales.....	3
1.2.4. Equilibrado de líneas: Eficiencia y eficacia.....	5
1.2.5. Saturación por puestos.....	5
1.2.6. Plantillas necesarias.....	7
1.2.6.1. Mano de obra directa. Organización del trabajo.	
Módulos de mecanizado.....	7
1.2.6.2. Mano de obra semi-directa. Supervisores. Líderes.....	7
1.2.6.3. Plantilla indirecta. Apoyo a la producción.....	8

---

### 1.2.1. Estudio de tiempos. Tiempo ciclo de línea

Se entiende por *tiempo ciclo* en una línea al tiempo transcurrido entre dos situaciones análogas y consecutivas del proceso. En el caso de nuestro proceso, será el tiempo transcurrido desde que sale terminado un bloque motor hasta el siguiente.

El tiempo ciclo puede calcularse de dos maneras dependiendo de las situaciones que se den: En caso de no haber un plazo máximo para la fabricación, se diseñaría la planta para que las máquinas funcionasen en sus condiciones óptimas, y el tiempo ciclo sería la suma de los tiempos de cada operación, sin embargo este caso no es tan normal.

La verdad es que al trabajar bajo pedido, se te pone una fecha límite y una cantidad que producir, por lo que habrá que calcular cuánto se ha de producir al día y de ahí sacar el tiempo ciclo (como se ve, un proceso contrario al anterior explicado).

En el caso de este proyecto, los datos iniciales a tener en cuenta son:

- Producción anual de 250.000 bloques
- La fábrica trabajará con horario ininterrumpido. Esto son 3 turnos de 8 h.
- Cada turno dispondrá de un tiempo de descanso para los trabajadores de 0,75 h. En este tiempo se incluye el necesario para que coman, para que descansen por fatiga y por posibles necesidades personales.
- Según el Convenio de Automoción, al año solo hay 220 días laborables

Así pues, lo primero será sacar la producción que se tendrá que llevar a cabo por día:

$$Prod. diaria = \frac{250000}{220} \approx 1137 \text{ bloques al día}$$

Eso supone que por turno habrá que mecanizar:

$$Prod. turno = \frac{1137 \text{ bloques al día}}{3 \text{ turnos/día}} = 379 \text{ bloque/turno}$$

De manera que a la hora (hay que tener en cuenta que a las 8 h laborables se le ha de restar 0,75 h del descanso):

$$Prod. hora = \frac{379 \text{ bloques/turno}}{7,25h/turno} \approx 53 \text{ bloques/hora}$$

Y de aquí sacar el tiempo ciclo:

$$53 \frac{\text{bloques}}{\text{hora}} * \frac{1 h}{60 \text{ min}} = 0,88 \text{ bloques/min}$$

$$t_c = \frac{1 \text{ bloque} * 1 \text{ min}}{0,88 \text{ bloques/min}} = 1,14 \text{ min} = 190 \text{ dmh}$$

### 1.2.2. Cantidad de producción: capacidad de línea. Cuellos de botella

Como ya se ha calculado en el apartado anterior, si la línea trabaja en sus condiciones máximas, puede llegar a tener una capacidad de 53 bloques a la hora.

Los cuellos de botella se producirán ahí donde la saturación se encuentre cercana a la unidad, ya que no se permite margen para poder rectificar errores en caso de producirse y eso retrasaría toda la línea. Fijándonos en la Tabla de Tiempos de Fabricación, adjuntada en el punto 6. *Anexos* de la Memoria, se comprueba que esta situación aparece en los puestos 11, 12 y 13. Las operaciones que se producen en esos puestos determinan el acabado final del bloque o se realizan de forma manual, por lo que es difícil poder acelerar cualquiera de ellas sin arriesgarse a cometer una chapuza que tire por la borda todo el trabajo realizado en la línea.

Sin embargo tiene la ventaja de que se producen al final de la línea, por lo que las averías no retrasarían mucho la producción y la mitad de esas operaciones son manuales o con maquinaria que no requiere excesiva atención (solo la bruñidora), ya

---

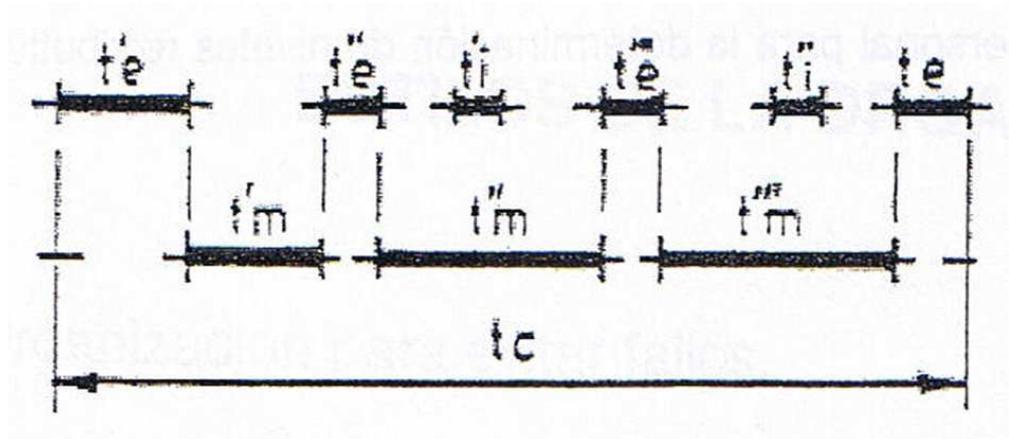
que salvo el debido mantenimiento por prevención, no tienen porque causar sustos al ser operaciones sencillas.

### 1.2.3. Cálculos de horas reales, asignadas y presenciales

Para entender los cálculos realizados, previamente se definirán unos conceptos:

- a) Estudio de tiempos: La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador cualificado en llevar a cabo una tarea definida, efectuándola según una norma de ejecución preestablecida. La medición de los tiempos constituye un elemento imprescindible en el enfoque de varios aspectos del proceso productivo tales como:
- Programación de la producción, determinación de plazos de entrega.
  - Equilibrado de líneas de producción y dimensionado de equipos.
  - Cálculo de costes, formulación de presupuestos.
  - Medida de la actuación personal para la determinación de niveles retributivos y cálculo de incentivos.
- b) Clasificación de tiempos: Los distintos tipos de tiempos que pueden aparecer dentro de un ciclo de trabajo son:
- Tiempo básico (tb): Tiempo empleado para realizar sin interrupción una actividad por un operario normal, en condiciones de esfuerzo, habilidad y motivaciones medias.
  - Tiempo concedido (TC): Es el tiempo básico más un incremento del %
$$TC = tb + \frac{tb * \alpha (\%)}{100}$$
  - Tiempo exterior (te): Tiempo en el que el operario está activo con la máquina parada.
  - Tiempo interior (ti): Tiempo en el que máquina y operario están activos.
  - Tiempo máquina (tm): Corresponde con el periodo productivo de la misma.

Se buscará minimizar en todo momento los tiempos en los que la máquina este parada y los de inactividad del operario. Por tanto un tiempo ciclo se puede descomponer de la siguiente manera:



Mediante la Tabla de Tiempos de Fabricación, se pueden calcular las horas reales para cada puesto de trabajo. Éstas serán las horas teóricas de trabajo por la saturación de cada puesto:

- Puesto 1: h.reales =  $7.25 \cdot 0.93 = 6.74$  h
- Puesto 2: h.reales =  $7.25 \cdot 0.91 = 6.6$  h
- Puesto 3: h.reales =  $7.25 \cdot 0.89 = 6.45$  h
- Puesto 4: h.reales =  $7.25 \cdot 0.77 = 5.58$  h
- Puesto 5: h.reales =  $7.25 \cdot 0.65 = 4.71$  h
- Puesto 6: h.reales =  $7.25 \cdot 0.69 = 5$  h
- Puesto 7: h.reales =  $7.25 \cdot 0.67 = 4.86$  h
- Puesto 8: h.reales =  $7.25 \cdot 0.67 = 4.86$  h
- Puesto 9: h.reales =  $7.25 \cdot 0.81 = 5.87$  h
- Puesto 10: h.reales =  $7.25 \cdot 0.83 = 6.02$  h
- Puesto 11: h.reales =  $7.25 \cdot 0.99 = 7.18$  h
- Puesto 12: h.reales =  $7.25 \cdot 1 = 7.25$  h
- Puesto 13: h.reales =  $7.25 \cdot 1 = 7.25$  h

---

### 1.2.4. Equilibrado de líneas: Eficiencia y eficacia

El equilibrado de las líneas es un mecanismo de planificación de la producción en pequeños lotes de muchos modelos en periodos cortos de tiempo, siempre de acuerdo a las ventas del producto. En la práctica supone mantener constante el volumen total de producción pero desagregando la planificación de cada producto, de tal forma que se programe la secuencia de los pedidos según una pauta repetitiva que suavice las variaciones cotidianas para adaptarse a la demanda a largo plazo.

Se entiende por *eficiencia*: “Relación entre lo realizado correctamente respecto a lo que se podría haber realizado”.

Se entiende por *eficacia*: “Relación entre lo realizado correctamente respecto al compromiso adquirido”.

Eficiencia y eficacia son datos que no se pueden dar a priori, ya que se requiere de la verificación de las piezas, aunque está claro se buscará que ambas lleguen al 100%, ya que una eficacia baja indicaría una mala planificación de las operaciones o elección del utillaje, mientras que una baja eficiencia es dinero que se está perdiendo por usar la instalación por debajo de sus posibilidades.

### 1.2.5. Saturación por puestos

Se entiende por saturación o rendimiento al porcentaje de tiempo manual y de máquina respecto del tiempo de ciclo. Existen por tanto varios tipos de saturaciones:

a) Saturación exterior del operario:  $S_e = \frac{t_e}{t_c} * 100$

b) Saturación interior del operario:  $S_i = \frac{t_i}{t_c} * 100$

c) Saturación del operario:  $S_o = S_e + S_i$

---

d) Saturación de máquina:  $S_m = \frac{t_m}{t_c} * 100$

En la Tabla de Tiempos de Fabricación, también viene reflejado la saturación de cada puesto, estas son:

- Puesto 1: saturación = 93%
- Puesto 2: saturación = 91%
- Puesto 3: saturación = 89%
- Puesto 4: saturación = 77%
- Puesto 5: saturación = 65%
- Puesto 6: saturación = 69%
- Puesto 7: saturación = 67%
- Puesto 8: saturación = 67%
- Puesto 9: saturación = 81%
- Puesto 10: saturación = 83%
- Puesto 11: saturación = 99%
- Puesto 12: saturación = 100%
- Puesto 13: saturación = 100%

Se deberá buscar saturaciones lo más cercanas posibles al 100%, ya que esas serán las que utilicen todo el tiempo posible en el trabajo. Sin embargo, esto deja muy poco margen de maniobra en caso de ocurrir algún fallo ya que no quedaría tiempo para solucionarlo.

En el caso de la línea, las saturaciones al 100% solo se producen al final, lo que permite que la producción no se detenga aunque haya algún fallo. Además las saturaciones intermedias debido a su bajo nivel, aunque no se debería permitir que fuesen tan bajas, en este caso ayudarán a regular la producción actuando como pulmones de la línea.

---

## **1.2.6. Plantillas necesarias**

### **1.2.6.1. Mano de obra directa. Organización del trabajo. Módulos de mecanizado**

La línea de producción contará con 13 puestos de trabajo. De ellos, del puesto 1 al 6, el 8, 9, 11 y 12 serán ocupados por un operario. El puesto 7 será desempeñado por dos operarios (a cada uno se le asignará 184,5 dmh de las 190 del tiempo ciclo), el puesto 10 por 3 operarios (con 144 dmh cada uno) y el puesto 13 con 4 operarios (con 160,25 dmh cada uno).

Estos operarios serán trabajadores cualificados que realizarán y supervisarán las operaciones que se realicen en su puesto. Se asegurarán de estado de las herramientas, de su cambio cuando sea necesario, de llevar las piezas a la isla de control cuando sea necesario, de tomar notas de los datos en las hojas de control para el SPC, etc.

Además será necesario otro operario que se encargue de realizar las verificaciones de las piezas en la isla de control. Este puede o bien dedicarse solo a eso, o ser uno de los operarios que se encuentren en los puestos de saturación más bajos.

### **1.2.6.2. Mano de obra semi-directa. Supervisores. Líderes**

Además de los operarios comentados anteriormente que se encargan de cada operación en particular, tiene que haber otros que vigilen que la producción en su conjunto se lleve a cabo de la forma correcta. Estos trabajadores serán los *supervisores* y entre otras funciones se encuentran:

- a) Comprobar que los operarios están donde deben estar.
- b) Chequear que realizan las operaciones correctamente.
- c) Verificar que el sistema de calidad implantado se lleva a cabo de la mejor manera posible.

- 
- d) Realizar un trabajo de seguimiento global, instruyendo al operario cuando es necesario y resolviendo sus inquietudes y dudas.

Ya que se deben de controlar 13 puestos de trabajo, se dispondrán de 2 supervisores. Uno se encargará de los puestos del 1 al 8 (con 9 operarios) y el otro de los puestos del 9 al 13 (con 10 operarios).

También existe la figura del *líder*, responsable de la vigilancia total de la producción, de que los supervisores realicen bien su trabajo y de estar en contacto con las distintas áreas de la empresa involucradas en el proyecto. Se dispondrá de uno en esta producción.

### **1.2.6.3. Plantilla indirecta. Apoyo a la producción**

Detrás de todo este equipo de producción, se deberá disponer de personal altamente cualificado que desde las oficinas controlen el proceso y lo apoyen. Por ello, para este proyecto también se requerirán:

- a) 2 personas encargadas del control de calidad
- b) 3 personas encargadas del la ingeniería de producción

Además, la producción necesitará de las siguientes áreas para poder fabricar:

- a) 1 zona de mantenimiento para revisar y reparar si fuera necesario las máquinas y demás elementos auxiliares que intervienen en el proceso. Para ello se ha contado con 1 persona responsable de dicha área.
- b) 1 zona de afilado de herramientas, debido al desgaste de las mismas y puesto que muchas de ellas se podrán recuperar. Estará compuesto por 1 persona.
- c) 1 laboratorio de metrología, que coordina la verificación de las medidas en las operaciones que lo requieren, y a su vez de la verificación final del bloque motor. Por otra parte, debe preocuparse de que la trazabilidad del sistema es la correcta calibrando los equipos cuando sea necesario. Se dispondrá de 1 persona.

- 
- d) 2 almacenes, uno para los productos llegados de fundición y otro para los productos mecanizados. Cada uno de ellos dispondrá de una persona para coordinarlos.

El personal ajeno a la producción que deberá ser subcontratado será:

- a) Recepción (1 persona).
- b) Seguridad (1 persona).
- c) Limpieza (2 personas).
- d) Tratamiento de residuos (1 persona).

## **1.3. Estudio económico**

---

**INDICE:** **Página**

---

1.3. ESTUDIO ECONÓMICO	
1.3.1. Costes.....	1
1.3.2. Rentabilidad del proyecto.....	3
1.3.2.1. Valor actual neto (VAN).....	4
1.3.2.2. Tasa interna de rentabilidad (TIR).....	5
1.3.2.3. Payback o periodo de retorno.....	5
1.3.3. Análisis de rentabilidad del proyecto.....	6

### 1.3.1. Costes

El objetivo de este estudio es analizar los distintos factores que intervienen en el proyecto y poder determinar hasta qué punto es rentable hacerlo o no merece la pena. Por tanto es sumamente importante, ya que definirá la política financiera de la empresa.

Este estudio se lleva a cabo una vez se conocen todos los costes que influyen en el proceso de fabricación para analizar hasta qué punto se desvían de las previsiones y así poder contabilizar dicha rentabilidad, el periodo de retorno de la inversión, el valor que nos anticipa si nuestras previsiones de costes están dentro de nuestros límites...Las herramientas que se usarán para realizar estos cálculos son el VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa Interna de Rentabilidad) y el Payback o Periodo de Retorno.

A continuación se muestran las tablas de costos, calculadas y explicadas en el *Apartado 4. Presupuesto:*

a) Inversión inicial:

Concepto	Importe [€]
Coste del proyecto	197.500
Coste del edificio y terreno	4.867.500
Coste de maquinaria	6.995.970
Coste de accesorios	1.410.270
<b>Total</b>	<b>13.471.240</b>

b) Costes fijos:

Concepto	Importe [€]
Amortización	1.536.500,25
Mano de obra indirecta	487.115
Coste energético	382.342,38
Costes generales	205.724
<b>Total</b>	<b>2.611.681,63</b>

c) Costes variables:

Concepto	Importe [€]
Mano de obra directa	3.369.907
Material bruto	21.000.000
Coste de herramientas y fluidos de mecanizado	2.879.360
<b>Total</b>	<b>27.249.267</b>

d) Servicios subcontratados:

Concepto	Número	€ / h	h / día	días / año	Importe [€]
Recepción	1	11,34	12	220	29.938
Residuos	1	14,76	8	220	25.978
Limpieza	2	9,81	12	220	51.797
Seguridad	1	26,48	24	220	139.814
<b>Total</b>					<b>247.526</b>

De no haber cambios en la producción anual, los costes variables siguen iguales y el coste total es de **30.108.474,63€**

### 1.3.2. Rentabilidad del proyecto

Una inversión es rentable cuando con ella obtienes más beneficios de lo que en un principio invertiste. Esto es la función que toda empresa busca, ya que de lo contrario las pérdidas le llevarían a cerrar el negocio.

En el caso de este proyecto, disponemos de un cliente que nos comprará todo lo producido, por lo que no habrá pérdidas. Sin embargo, esto no libra de realizar un detallado estudio del mercado ya que conviene saber cuántas unidades del vehículo se esperan vender y con ellas deducir si pueden esperarse futuros pedidos del producto.

De esta producción se pueden sacar ingresos de dos fuentes:

- a) Venta de los bloques motor: Los costes anuales de la línea son de 30.108.474,63 € para la producción de 250.000 bloques. El valor mínimo al que se debería vender el bloque para no tener pérdidas (pero tampoco beneficios) es de **120,43 €**.

El contrato con el cliente al que se le suministrarán los bloques es de 5 años y se ha acordado un precio de **160 € / bloque**, lo que suponen unos ingresos de:

$$I_{\text{bloque}} = 160 * 250.000 = \mathbf{40.000.000 \text{ €}}$$

- b) Venta de la viruta procedente del mecanizado: Más o menos 2,5 kg de viruta pueden ser recuperables tras el mecanizado de un bloque. El precio de la viruta recuperada es de 0,1 €/kg, de manera que los ingresos procedentes de ésta serán:

$$I_{\text{viruta}} = 0,1 * 2,5 * 250.000 = \mathbf{62.500 \text{ €}}$$

De estos dos se obtienen unos ingresos de 40.062.500 €, de manera que los beneficios obtenidos cada año son de:

$$B = 40.062.500 - 30.108.474,63 = \mathbf{9.954.025.37 \text{ €}}$$

---

Industrialización de un bloque motor diésel: Proceso de mecanizado

### 1.3.2.1. Valor actual neto (VAN)

Se define como el procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros. El método, además, descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el período considerado. La obtención del VAN constituye una herramienta fundamental para la evaluación y gerencia de proyectos en general.

La fórmula que permite su obtención es la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^n \frac{S_n}{(1+i)^n}$$

Donde  $I_0$  es la inversión inicial y  $S_n$  los ingresos anuales previstos.

El tipo de interés  $i$  acordado con la Entidad Financiera es del 4,25 %. Por tanto:

$$VAN = -13.471.240 + \sum_{n=1}^5 \frac{9.954.025,37}{(1+0,0425)^n} = 30.532.808,08 \text{ €}$$

Para el análisis del VAN se tienen 3 situaciones:

- $VAN > 0$  La inversión produce ganancias.
- $VAN < 0$  La inversión produce pérdidas.
- $VAN = 0$  La inversión no produce ni pérdidas ni ganancias.

Por tanto, en nuestro caso, debido a que el VAN es mayor que cero, la inversión produce ganancias y por tanto el proyecto es atractivo.

### 1.3.2.2. Tasa interna de rentabilidad (TIR)

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el VAN es igual a cero.

La Tasa Interna de Retorno es el tipo de descuento que hace igual a cero el VAN.

Por tanto:

$$VAN = 0 = -13.471.240 + \sum_{n=1}^5 \frac{9.954.025.37}{(1+i)^n} \Rightarrow i = \mathbf{68,44\%}$$

Por lo tanto, en ese periodo con un interés del 68,44 % recuperaríamos la inversión.

### 1.3.2.3. Payback o periodo de retorno

Este indicador analiza el tiempo en el que se recupera la inversión inicial.

Obviamente, cuanto menor sea el periodo de recuperación, más atractiva será la inversión.

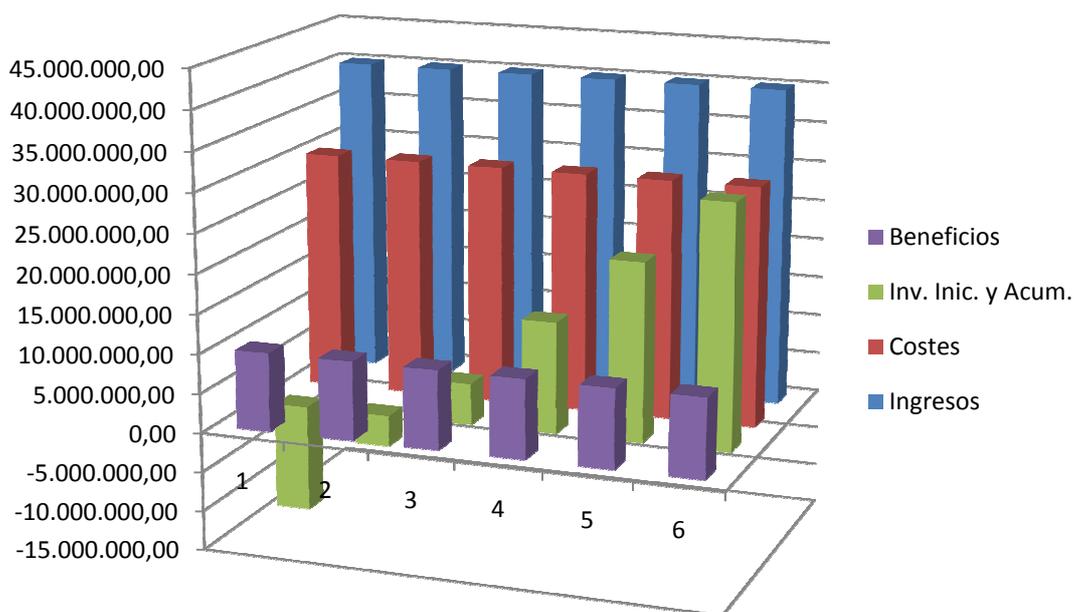
En este caso se obtienen unos beneficios anuales de 6.482.785,37 €, y un desembolso inicial de 13.471.240 €. Por tanto tendremos que ver en cuanto tiempo se alcanzan esos beneficios, es decir, el momento a partir del cual se empiezan a contabilizar beneficios reales (ya que antes se está amortizando la inversión inicial).

Por tanto tenemos:

$$Payback = \frac{13.471.240}{9.954.025.37} = 1,353 \text{ años} = \mathbf{1 \text{ años, 4 meses y 7 días}}$$

### 1.3.3. Análisis de rentabilidad del proyecto

En el siguiente gráfico se muestra los flujos de caja de los 5 años de contrato con el cliente:



El año 1 corresponde con la inversión inicial y se ve como a partir del segundo año y durante 5 más ésta se va amortizando. A partir del año 3 ya se ha recuperado dicha inversión.

Además, en los apartados anteriores se ha visto que el VAN es de 30.532.808,08 € y el TIR es del 68,44 %, ambos indicativos de una buena oportunidad de negocio, y a su vez también de que las Entidades Financieras ante estas cifras estarán dispuestas a ofrecernos una línea de crédito acorde a la envergadura de la operación puesto que se demuestra que es un proyecto rentable y cuantioso. Por otra parte el Payback de 1 año, 4 meses y 7 días está dentro de los límites razonables para un proyecto de estas características. Por tanto, se concluye que la inversión es **rentable**.

## **1.4. Impacto medioambiental**

---

**INDICE:** **Página**

---

1.4. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

1.4.1. Sistema de gestión medioambiental.....	1
1.4.1.1. Principios y requisitos de las SGM.....	1
1.4.2. Política medioambiental de la empresa.....	3
1.4.2.1. Objetivos y metas medioambientales de la empresa.....	3
1.4.2.2. Programa medioambiental.....	5
1.4.2.3. Norma ISO 14001: Establecimiento de procedimientos operativos.....	7
1.4.3. Residuos líquidos.....	9

### **1.4.1 Sistema de gestión medioambiental**

A partir del V Programa Comunitario (Programa Comunitario de Política y Actuación en materia de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1993-2000) la política medioambiental de la UE ha ido sustituyendo paulatinamente la regulación directa por instrumentos de tipo voluntario.

Con ello se pretende que sea el mercado el que dirija la actitud de las empresas y la competitividad entre estas lo que las obliguen a buscar ventajas en el cuidado por el medio ambiente mediante instrumentos de protección. Ante esto, la industria se opone por el hecho de sentir como se le restringe el abanico de posibilidades competitivas y se le obliga a invertir más en su fabricación.

Esta idea solo se puede llevar a cabo si se confía en que se responsabilice todo el conjunto que forma el mercado, es decir, empresas, consumidores, administración, etc.

Dentro de estos instrumentos de política medioambiental de carácter voluntario, ocupa un lugar destacado el Sistema de Gestión Medioambiental, mediante el cual la empresa se compromete a cumplir unos objetivos medioambientales fijados por ella misma en función de sus necesidades.

#### **1.4.1.1. Principios y requisitos de los SGM**

Los objetivos que se han de intentar alcanzar en una SGM (Sistema de Gestión Medioambiental) son:

- a) Reconocer la importancia del medioambiente y cómo influye la empresa en él
- b) Controlar los aspectos medioambientales más significativos e identificar qué principios establecidos por la legislación medioambiental se pueden establecer en la empresa
- c) Reconocer cuales son las ventajas medioambientales significativas
- d) Desarrollar una política medioambiental

- 
- e) Proporcionar recursos adecuados y suficientes para alcanzar los objetivos marcados y permitir el funcionamiento del sistema.
  - f) Evaluar la eficacia del sistema y la necesidad de hacer modificaciones que permitan adaptarse a nuevas demandas.

Los elementos imprescindibles que harán esto posible son:

- a) Una política medioambiental
- b) Un plan de acción
- c) Una estructura organizativa
- d) Una formación debida, información interna y competencia profesional
- e) Vigilancia y seguimiento
- f) Una comunicación externa
- g) Auditorias periódicas del sistema de gestión
- h) Corrección y prevención
- i) Revisión del sistema
- j) La integración de esta gestión medioambiental en las operaciones de la empresa

Los principios que ayudarán a obtener tales objetivos son:

- a) Cumplir con las normas legales y con las de la empresa
- b) Tener una unidad de gestión del medio ambiente
- c) Elaborar procedimientos operativos
- d) Estudiar el impacto medioambiental de las acciones de la empresa
- e) Ahorrar recursos
- f) Prevenir antes que corregir
- g) Minimizar los residuos e intentar reciclar
- h) Formarse e informar interna y externamente

Las obligaciones de un SGM son:

- a) Fomentar, a todos los niveles, el sentido de la responsabilidad en relación al medio ambiente.

- 
- b) Evaluar por anticipado las repercusiones sobre el medio ambiente de las nuevas actividades, productos y procesos.
  - c) Evaluar y supervisar las repercusiones de las actividades en funcionamiento sobre el medio ambiente local, y el impacto significativo sobre el medio ambiente en general.
  - d) Adoptar medidas necesarias para prevenir o eliminar la contaminación, reducir al mínimo los efluentes contaminantes y producción de residuos, teniendo en cuenta las posibles tecnologías limpias.
  - e) Adoptar las medidas necesarias para evitar las emisiones accidentales.
  - f) Aplicar procedimientos de comprobación del cumplimiento de la política ambiental.

## **1.4.2. Política medioambiental de la empresa**

### **1.4.2.1. Objetivos y metas medioambientales de la empresa**

Para implantar un SGM, primero la dirección de la empresa debe elaborar una política medioambiental, que no es más que un documento público que describe los compromisos que acepta la empresa para respetar el medio ambiente. Este será el documento que definirá el comportamiento de la empresa y que establecerá sus objetivos. Se debe tener en cuenta que esto es un compromiso muy serio por parte de la empresa y todo lo que venga en ella deberá ser cumplido.

Según la norma ISO 14001, se define por política medioambiental a:

*“Declaración por parte de la organización sobre sus intenciones y principios de acción acerca de su actuación medioambiental global, que le proporciona un marco general de actuación en el que se fundamentan sus objetivos y metas medioambientales”.*

Y como mínimo se deberá cumplir:

- 
- a) Debe ser apropiada a la naturaleza, tamaño e impactos medioambientales de sus actividades, productos o servicios.
  - b) Incluirá un compromiso de mejora continua.
  - c) Recogerá el compromiso de la organización a cumplir con la legislación aplicable y con otros requisitos a los que esté suscrita.
  - d) Proporcionará el marco para establecer y revisar los objetivos y metas medioambientales.
  - e) Esta política tiene que ser documentada y comunicada a todos los empleados.
  - f) Deberá estar a disposición de público.

Con la actualización de la norma ISO 14001:2004 se introduce la obligación de definirla dentro del alcance de su sistema y darla a conocer a todos los miembros que trabajen por y para la empresa.

Para llevar a cabo el documento se ha de saber qué aspectos de las actividades que normalmente se realizan influyen en el medio ambiente. Por *aspecto medioambiental* se entiende cualquier elemento perteneciente a las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente. Es importante no confundirlo con *impacto medioambiental* que es la transformación del medio ambiente (para bien o para mal) fruto de nuestras actividades, productos o servicios. Este cambio ha de suponer una transformación en el aspecto.

Para identificar los aspectos medioambientales de la empresa se tendrá en cuenta:

- a) Emisiones a la atmósfera
- b) Gestión de residuos
- c) Vertidos al agua
- d) Contaminación de suelos
- e) Utilización de materias y recursos naturales
- f) Ruido, impacto visual, olores, polvo, vibraciones
- g) Efecto sobre los ecosistemas
- h) Factores medioambientales locales

Una vez identificados, se deberá determinar la importancia de estos, no solo en ese momento (estando todo bajo control) sino ante posibles situaciones como una situación anormal en el funcionamiento de la instalación, un accidente o situación de emergencia, etc., todo esto analizando su impacto medioambiental.

#### **1.4.2.2. Programa medioambiental**

Industria Autofabrientec es una empresa de carácter industrial que desarrolla su actividad en el campo del mecanizado de elementos mecánicos. El SGM es de aplicación a:

- a) Las actividades: Mecanizado de elementos mecánicos.
- b) Al centro de trabajo: Carretera de Torrecilla de Valmadrid, Zaragoza
- c) A los recursos: Aquéllos sobre los que la organización tiene capacidad de control y gestión.

A través de esta declaración, expresamos nuestro firme compromiso en la aplicación de una política basada en el respeto al medioambiente y en los criterios del desarrollo sostenible, buscando en todo momento hacer compatible la actividad de Industria Autofabrientec, como industria del mecanizado, con la protección y conservación del patrimonio natural, social y económico en todos nuestros ámbitos de actuación.

Por ello:

- a) Cumpliremos con la legislación y reglamentación medioambiental aplicable, así como otros requisitos que Industria Autofabrientec suscriba voluntariamente.
- b) Buscaremos la mejora continua de nuestro comportamiento medioambiental, implantando un sistema de gestión, según lo establecido en la norma ISO 14001, que nos capacite para detectar y valorar los impactos ambientales negativos generados en el desarrollo de nuestra actividad, proponer objetivos y metas para minimizarlos, programar las actuaciones que nos permitan alcanzar las metas propuestas, evaluar nuestros logros o fracasos para así adoptar las medidas preventivas y correctivas más apropiadas.

- c) Aplicaremos criterios de ahorro y eficiencia en la utilización de los recursos materiales y energéticos necesarios para la realización de nuestros productos y servicios, como exigencia fundamental para la reducción de nuestra huella ecológica.
- d) Implicaremos activamente a todo el personal en el sistema de gestión medioambiental, estableciendo mecanismos eficientes de información y consulta bidireccionales garantizando la formación ambiental general y especializada según el puesto de trabajo, incorporando las propuestas realizadas por los trabajadores en la medida de lo posible, e incentivando la adopción de buenas prácticas ambientales tanto en el entorno laboral como en el familiar y personal.
- e) Mantendremos una comunicación fluida y una relación adecuada con nuestros clientes, proveedores y subcontratistas, garantizando en cualquier caso una interacción coherente con los principios y metas de nuestra política medioambiental y de nuestro sistema de gestión.

Esta política de gestión medioambiental es aplicable a todas nuestras operaciones, productos y servicios. En el siguiente cuadro se enumera una descripción de cada una de las áreas a tratar.

POLÍTICA	INSTRUMENTOS	OBLIGACIONES
<b>AGUAS</b>		
- Reducción de sustancias contaminantes en los vertidos - Vigilancia y control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley 29/85. Aguas</li> <li>• R.D. 849/86. Reglamento</li> <li>• R.D. 484/95. Regularización y control de vertidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Régimen de autorizaciones</li> </ul>
<b>ATMÓSFERA</b>		
- Prevención - Reducción emisiones - Lucha contra el cambio climático - Homologación de vehículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley 38/72. Contaminación atmosférica</li> <li>• Decreto 833/75. Reglamento</li> <li>• Orden 18/10/76. Prevención y corrección</li> <li>• Decreto 3025/74. Vehículos automóviles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respetar los límites de emisión fijados</li> <li>• Régimen de Inspección técnica de los vehículos</li> </ul>
<b>RUIDOS</b>		
- No hay política básica	• No existe legislación estatal básica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respetar niveles en instalaciones industriales</li> </ul>
<b>RESIDUOS</b>		
- Prevención - Reutilización, reciclado y valorización - Responsabilidad compartida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley 10/98. Residuos</li> <li>• R.D. 833/88. Peligrosos.</li> <li>• R.D 952/97. Peligrosos.</li> <li>• Orden 28/2/89 y Orden 13/6/90. Aceites usados.</li> <li>• R.D. 108/91. Amianto</li> <li>• Ley 11/97. Envases y residuos de envases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega de los residuos a gestor autorizado</li> <li>• Cumplir condiciones técnicas y de seguridad mientras se almacenen los residuos</li> <li>• Registro de residuos peligrosos</li> </ul>

Industrialización de un bloque motor diésel: Proceso de mecanizado

---

### **1.4.2.3. Norma ISO 14001: Establecimiento de procedimientos operativos**

ISO 14001 es una norma aceptada internacionalmente que establece cómo implantar un sistema de gestión medioambiental (SGM) eficaz. La norma se ha concebido para gestionar el delicado equilibrio entre el mantenimiento de la rentabilidad y la reducción del impacto medioambiental. Con el compromiso de toda la organización, permite lograr ambos objetivos.

Lo que contiene ISO 14001:

- a) Requisitos generales
- b) Política medioambiental
- c) Planificación de implantación y funcionamiento
- d) Comprobación y medidas correctivas
- e) Revisión de gestión

Ello significa que puede identificar aspectos del negocio que tienen un impacto en el medio ambiente y comprender las leyes medioambientales que son significativas para esa situación. El paso siguiente consiste en generar objetivos de mejora y un programa de gestión para alcanzarlos, con revisiones periódicas para la mejora continua. De este modo, podemos evaluar el sistema regularmente y, si cumple la normativa, registrar la compañía o la sede para la norma ISO 14001.

La certificación según ISO 14001 permite:

- a) Demostrar a los organismos reguladores y gobiernos el compromiso de lograr el cumplimiento de las leyes y normas
- b) Demostrar el compromiso medioambiental a los grupos de interés
- c) Demostrar a clientes y empleados potenciales el enfoque innovador y progresista
- d) Aumentar el acceso a nuevos clientes y socios comerciales
- e) Mejorar la gestión de los riesgos medioambientales, ahora y en el futuro
- f) Reducir potencialmente los costes de los seguros de responsabilidad civil

---

g) Mejorar la reputación

En algunos sectores en particular, muchas organizaciones grandes ejercen presiones: por ejemplo, los fabricantes de equipo original (OEM) que instan a sus proveedores a adoptar prácticas inocuas o respetuosas con el medio ambiente y pueden obligar a que la certificación según ISO 14001 sea la licencia para operar en el sector.

Los pasos a dar para su certificación son:

- a) Elegir la norma: Para empezar, conviene leer la normativa ISO 14001:2004 Sistemas de gestión medioambiental - Especificación, con orientación para su uso.
- b) Desarrollar la política medioambiental: La política medioambiental estipula su obligación y compromiso con el cumplimiento de las exigencias legales y normativas, la mejora continua y la prevención de la contaminación. Es conveniente que esta política esté a disposición de los clientes y del público en general.
- c) Revisar y formular objetivos: En esta etapa debe identificar los elementos de su negocio que tienen impacto en el medio ambiente, crear acceso a la legislación y normativa sobre medio ambiente pertinentes y formular objetivos para la mejora medioambiental, así como un programa de gestión para alcanzarlos.
- d) Formación: Una vez que haya formado el equipo y acordado la estrategia, es fundamental lograr la comprensión e implicación en todos los niveles.
- e) Implantación y evaluación: El registro inicial para ISO 14001 supone un proceso de evaluación de dos etapas que incluye una revisión de documentos y una visita a las instalaciones. Debe organizar la evaluación inicial con su entidad registradora. Suele ser buena idea incluir una preevaluación concebida a modo de práctica de la evaluación. Después de la evaluación inicial de dos etapas, el asesor determinará si debe recomendarle para el registro.
- f) Certificación: Una vez concluida satisfactoriamente la evaluación, se emite un certificado de registro que explica claramente el alcance del sistema de gestión. El certificado tiene una validez de tres años y el asesor le visitará regularmente

para ayudarle a garantizar que continúa cumpliendo con los requisitos y apoyarle en la mejora continua de los sistemas.

### **1.4.3. Residuos líquidos**

Lo primero que se debe de plantear una empresa es si se pueden reducir la generación de residuos y si estos pueden volver a ser utilizados. Los avances tecnológicos permiten que cada vez sean menores estos desperdicios al aprovechar mejor la materia prima, produciendo procesos mucho más limpios.

El mayor problema se encuentra en la capacidad de inversión de la que dispone la empresa para poder hacerse con esa tecnología y formar al personal que vaya a utilizarla.

Aun así, todo proceso industrial conlleva una generación de residuos, que aunque podría ser reducido casi a cero, resulta demasiado caro, por lo que se tiende a buscar maneras de tratarlos y almacenarlos para que no resulten peligrosos.

Algunos tipos de residuos son:

- a) Vertidos: En todo proceso termina sobrando materiales. Si estos son sólidos tiene un fácil almacenaje y posible reutilización, pero cuando se trata de líquidos y gases hay que depositarlos en vertederos y almacenarlos hasta que se acumulen. Estos son vertederos especiales que aseguran que aquello que encierran no puede entrar en contacto con el medio externo, con el fin de evitar que se contaminen aguas subterráneas o superficiales, que no haya emisiones de gases o productos tóxicos, etc.
- b) Taladrinas: Anteriormente ya se ha hablado del uso de estos materiales y la forma de obtenerlo (apartado 1.3.5. *Fluidos de corte* de la Memoria Descriptiva). Lo que no se comentó es como con el paso del tiempo sus propiedades van desapareciendo (lo que limita su reutilización) y apareciendo contaminantes que

---

reduce aun más su rendimiento, como pueden ser aceites externos procedentes de fugas, lubricantes, partículas sólidas (peor aun si son metálicas), polvo del ambiente, etc.

Esto termina provocando que el mecanizado no sea óptimo e incluso que aparezcan malos olores por la descomposición. Llegados a ese punto, la taladrina debe de ser desechada al considerarse agotada, aunque no puede ser hecho de cualquier manera ya que se ha vuelto un residuo altamente peligroso tanto para el medio ambiente como para el personal que las manejan. La normativa europea y española, en este segundo caso la ley 20/1986 y el Real Decreto 833/1988 de Residuos Tóxicos y Peligrosos son las que regulan la manipulación y la gestión de estos residuos, obligando a que los productores de dicha taladrina se la entreguen a gestores de residuos autorizados para que la transporten hasta puntos de descontaminación o eliminación autorizados.

Aun así, cierta cantidad de taladrina sigue siendo vertida por el desagüe, llegando a las depuradoras de agua que terminan estropeándose por los aceite, emulgentes y metales pesados. Si la taladrina llega a algún cauce, produciría una gran mortandad entre la fauna piscícola por su toxicidad.

En los talleres, la taladrina es almacenada en depósitos (bien sea en la de cada máquina o en uno general) desde donde es bombeada hasta el punto de contacto pieza-herramienta y después recirculado al depósito. En este recorrido también hay pérdidas por evaporación, derrames o salpicaduras y una pequeña parte que se va con la viruta, así que hay que ir rellenándola hasta el vaciado total del depósito, que se aprovecha para limpiarlo. Las principales empresas, con el fin de reducir este residuo aplican medidas preventivas como reponer periódicamente el baño con agua desionizada, reducir los derrames y arrastres e implantar procesos de escasa generación de residuos.

Los fabricantes de taladrinas investigan productos con menos potencial contaminante, sustituyendo los aditivos de carácter tóxico, empleando bases de aceite vegetal, desarrollando mecanizados mediante neblinas de taladrina, etc.

De todas maneras habrá una pequeña parte de taladrina agotada que seguirá siendo necesaria eliminar, por lo que se deberá guardar en bidones, separándolo del resto de aceites, y esperar hasta su recogida.

El tratamiento de eliminación más eficaz se trata de una rotura de emulsiones que separa las distintas fracciones de contaminante y aditivos de la taladrina. El proceso comienza con un pretratamiento que separe aceites parásitos no emulsionados y partículas finas, seguido de una extracción de partículas finas metálicas que se pueden destinar a valorización. A continuación se aplica el tratamiento destructivo principal basado en alguna o varias de las tecnologías citadas en la tabla adjunta, del cual se extrae una fracción de lodos aceitosos que, junto a los aceites parásitos extraídos anteriormente, puede destinarse a valorización energética en caso de no contener cloro ni metales pesados.

<b>TECNOLOGÍAS APLICADAS EN LA DESTRUCCION DE TALADRINAS</b>	
<b>TECNICA</b>	<b>PROPIEDADES</b>
Electrofloculación	En desarrollo. Basada en la aplicación de corrientes eléctricas
Ultrafiltración	Separación por membranas. Resultados muy positivos
Evaporación	Precisa elevadas inversiones y consumos energéticos. Admite muchos tipos de taladrinas
Rotura ácida de emulsiones con floculación posterior de sales de hierro	Método tradicional. Genera grandes cantidades de fangos
Rotura neutra de emulsiones con floculantes orgánicos	Tecnología reciente
Osmosis inversa	Separación por membranas con elevado consumo energético. Resultados muy positivos

Posteriormente se aplica un tratamiento biológico para eliminar la concentración de materia orgánica existente seguido, si procede, de un tratamiento físico-químico destinado a precipitar los metales disueltos, paso previo a su vertido final. Los lodos obtenidos en este caso se inertizan antes de su eliminación en vertedero.

En España, el control de la gestión de estos residuos recae en las distintas Comunidades Autónomas, las cuales cuentan con procedimientos establecidos para la recogida, transporte, tratamiento y eliminación final, evitando de este modo que las taladrinas agotadas puedan acabar eliminadas de forma agresiva con el entorno.

## **1.5. Sistema de gestión de riesgos laborales**

---

**INDICE:** **Página**

---

1.5. SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS LABORALES

1.5.1. Introducción.....	1
1.5.2. Tipos de documentos.....	1
1.5.3. Documentación básica en la prevención de riesgos laborales.....	3

---

### 1.5.1. Introducción

Se ha demostrado que el control de la siniestralidad y la mejora en las condiciones de trabajo a la par que la búsqueda de la rentabilidad económica y la optimización de la producción, otorgan a las empresas un valor añadido. Por este motivo, los sistemas de gestión de calidad también han alcanzado la Seguridad y Salud Ocupacional, desarrollando protocolos y normas que ayudan a las organizaciones a mejorar su gestión de Recursos Humanos.

En este capítulo se resumirá el conjunto de documentos que forman el Sistema de Gestión de Riesgo Laborales (SGRL).

### 1.5.2. Tipos de documentos

Como con todos los sistemas documentados, el sistema preventivo se puede dividir en 4 grandes niveles de documentos:

- a) Manual general de prevención: Describe el sistema de gestión de la prevención de riesgos laborales adoptado y establece la política (a partir de una declaración de principios) y la organización para desarrollarlo, definiendo funciones preventivas a todos los niveles.

También debe incluir los objetivos y elementos básicos con los que llevar a cabo dichas actividades preventivas, las normas generales de la prevención, una información sobre la documentación básica del sistema preventivo y estar firmado todo ello por el máximo responsable de la organización.

Cada trabajador deberá tener una copia personalizada.

- b) Procedimientos del sistema de gestión: Deberá indicar claramente los objetivos; el alcance de cada actuación, el desarrollo de esta y cómo debe aplicarse; los

---

responsables y los registros que deben cumplimentarse para controlar la actividad.

Los procedimientos completos se entregarán a los responsables de las unidades implicadas y estarán a disposición de todos los afectados, en un lugar que facilite su acceso y consulta.

- c) Instrucciones de trabajo y normas de prevención de riesgos laborales: Mientras más arriesgada sea una tarea, más necesidad hay de entregar unas instrucciones de trabajo. En estas instrucciones han de aparecer también las normas preventivas concretas para ese trabajo y forma detallada. Serán de necesario cumplimiento para evitar posibles accidentes.

La elaboración de estas normas será tarea de los responsables de las áreas de trabajo y de los de procesos productivos, siendo aconsejados por los propios trabajadores

Todo aquél que desempeñe dicho trabajo deberá tener un ejemplar.

- d) Los registros: Recogen todos los resultados de las actividades preventivas. El diseño de estos documentos debe ser sencillo y con informaciones básicas de medición, para poder ser revisados periódicamente y facilitar el autocontrol y la toma de decisiones, base del éxito de la planificación preventiva.

### **1.5.3. Documentación básica en la prevención de riesgos laborales**

En la Ley de Prevención de Riesgos Laborales se especifica la documentación mínima que se debe poner a disposición de la autoridad laboral y que se recoge en el cuadro adjunto, relacionándola con documentos específicos básicos que deberían conformar el sistema preventivo.

ART. 23.1 L.P.R.L. SOBRE DOCUMENTACIÓN	DOCUMENTOS ESPECÍFICOS BÁSICOS
EVALUACIÓN DE RIESGOS	EVALUACIÓN DE RIESGOS. PROCEDIMIENTO APLICADO Y REVISIONES PREVISTAS. RESULTADOS
PLANIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PREVENTIVA	PLANIFICACIÓN PARA EL CONTROL DE RIESGOS Y PREVISIONES ANTE CAMBIOS. MANUAL DE PREVENCIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE LAS ACTIVIDADES PREVENTIVAS, INCLUYENDO EL PLAN DE FORMACIÓN. AUDITORÍA DEL SISTEMA
MEDIDAS Y MATERIAL DE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN A ADOPTAR	PROYECTOS DE INSTALACIONES Y EQUIPOS Y MANUALES DE INSTRUCCIONES DE LOS MISMOS INSTRUCCIONES DE TRABAJO Y NORMAS DE SEGURIDAD. PLAN DE EMERGENCIA. CPI'S.
RESULTADOS DE LOS CONTROLES PERIÓDICOS DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO Y DE LA ACTIVIDAD DE LOS TRABAJADORES	REVISIONES DE INSTALACIONES, EQUIPOS Y LUGARES DE TRABAJO. OBSERVACIONES DEL TRABAJO. ACTAS DE REUNIONES DE PREVENCIÓN.
PRÁCTICA DE LOS CONTROLES DEL ESTADO DE SALUD DE LOS TRABAJADORES	VIGILANCIA DE LA SALUD. REGISTRO DE LOS CONTROLES REALIZADOS. PROTOCOLOS DE RECONOCIMIENTOS ESPECÍFICOS (APLICADOS CUANDO SEA NECESARIO).
RELACIÓN DE ACCIDENTES DE TRABAJO Y ENFERMEDAD PROFESIONAL CON INCAPACIDAD LABORAL SUPERIOR A UN DÍA	REGISTRO Y CONTROL DE LA SINIESTRALIDAD. INVESTIGACIONES DE ACCIDENTES ACAECIDOS.

## **1.6. Anexos**

---

**INDICE:** **Página**

---

1.6. ANEXOS

1.6.1. Hojas analíticas de fases.....	2
1.6.2. Hojas de operaciones.....	11
1.6.3. Hojas analíticas de maquinaria.....	71
1.6.4. Diagrama de Gantt.....	75
1.6.5. Tabla tiempos de fabricación.....	77
1.6.6. Bibliografía.....	79

## **1.6.1. Hojas analíticas de fases**

## **1.6.2. Hojas de operaciones**

## **1.6.3. Hojas analíticas de maquinaria**

## **1.6.4. Diagrama de Gantt**

## **1.6.5. Tabla tiempos de fabricación**

## **1.6.6. Bibliografía**





























































































































































---

### 1.6.6. Bibliografía

- [www.directindustry.com](http://www.directindustry.com)
- [www.interempresas.net](http://www.interempresas.net)
- [www.metalunivers.com](http://www.metalunivers.com)
- [www.bpt.com](http://www.bpt.com)
- [www.ceever.com](http://www.ceever.com)
- [www.knuth.de](http://www.knuth.de)
- [www.heto.pt](http://www.heto.pt)
- [www.moriseiki.co.jp](http://www.moriseiki.co.jp)
- [www.bermaq.com](http://www.bermaq.com)
- [www.datron.de](http://www.datron.de)
- [www.mazak.eu](http://www.mazak.eu)
- [www.hyundai-kiamachine.com](http://www.hyundai-kiamachine.com)
- [www.mag-ias.com](http://www.mag-ias.com)
- [www.yasda.co.jp](http://www.yasda.co.jp)
- [www.toshiba-machine.co.jp](http://www.toshiba-machine.co.jp)
- [www.gleason.com](http://www.gleason.com)
- [www.sunnen.com](http://www.sunnen.com)
- [www.kadia.de](http://www.kadia.de)
- [www.coromant.sandvik.com](http://www.coromant.sandvik.com)
- [www.danobat.com](http://www.danobat.com)
- [www.xyzmachinetools.com](http://www.xyzmachinetools.com)
- [www.unisorb.com](http://www.unisorb.com)
- [www.mitutoyo.com](http://www.mitutoyo.com)
- [www.mahr.com](http://www.mahr.com)
- [www.diatest.com](http://www.diatest.com)
- [www.bsigroup.es](http://www.bsigroup.es)
- [www.ine.es](http://www.ine.es)
- [www.anfac.com](http://www.anfac.com)

- 
- [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
  - [www.elprisma.com](http://www.elprisma.com)
  - Apuntes de Oficina Técnica de 3° ITIM de la UPCO
  - Apuntes de Ingeniería de Fabricación de 3° ITIM de la UPCO
  - Apuntes de Tecnología Mecánica de 2° ITIM de la UPCO
  - Apuntes de Metrología Dimensional de 2° ITIM de la UPCO

## **2. Planos**

---

**INDICE:** **Página**

---

2. PLANOS

2.1. Plano de situación.....	2
2.2. Plano nave industrial.....	4
2.3. Plano línea de bloques.....	6
2.4. Plano bloque motor.....	8

## **2.1. Plano de situación**

## **2.2 Plano nave industrial**

## **2.3. Plano línea bloques**

## **2.4. Plano bloque motor**

## **3. Pliego de Condiciones**

---

**INDICE:** **Página**

---

**3. PLIEGO DE CONDICIONES**

<b>3.1. CONDICIONES GENERALES Y ECONÓMICAS.....</b>	<b>1</b>
3.1.1. Objeto del contrato.....	1
3.1.2. Condiciones generales del contrato.....	1
3.1.3. Presupuesto de licitación.....	2
3.1.4. Plazo de ejecución.....	2
3.1.5. Revisión de precios.....	3
3.1.6. Requisitos para la contratación con la empresa.....	4
3.1.7. Presentación de las ofertas.....	5
3.1.8. Contenido de las ofertas.....	6
3.1.8.1. Datos de la empresa.....	6
3.1.8.2. Cronograma.....	7
3.1.8.3. Capacidad técnica y financiera.....	7
3.1.8.4. Antecedentes.....	7
3.1.9. Adjudicación.....	8
3.1.10. Documentación exigible.....	8
3.1.11. Fianzas.....	10
3.1.12. Extinción del contrato.....	13
3.1.13. Prórroga del contrato.....	14
3.1.14. Régimen jurídico del contrato.....	14
<b>3.2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y ESPECÍFICAS.....</b>	<b>15</b>
3.2.1. Disposiciones generales.....	15
3.2.1.1. Objeto del contrato.....	15
3.2.1.2. Plazo de ejecución.....	15
3.2.1.3. Precio.....	15
3.2.2. Procedimiento de la licitación.....	16
3.2.2.1. Presentación de proposiciones.....	16
3.2.2.2. Contenido de las proposiciones.....	16
3.2.2.3. Adjudicación.....	23

3.2.2.4. Criterios de adjudicación.....	24
3.2.2.4.1. Evaluación de la oferta técnica.....	24
3.2.2.4.2. Evaluación de la oferta económica.....	26
3.2.2.4.3. Evaluación global de las ofertas.....	26
3.2.2.4.4. Temeridad.....	28
3.2.3. Formalización del contrato.....	30
3.2.3.1. Seguros.....	30
3.2.4. Ejecución de las instalaciones.....	31
3.2.4.1. Realización de la instalación.....	31
3.2.4.2. Dirección de las instalaciones.....	32
3.2.4.3. Comprobación del replanteo.....	32
3.2.4.4. Modificaciones del contrato.....	33
3.2.4.5. Suspensión de la instalación.....	34
3.2.4.6. Recepción de la instalación.....	34
3.2.4.7. Plazo de garantía.....	35
3.2.4.8. Abonos del contratista.....	35
3.2.4.9. Obligaciones del contratista.....	36
3.2.4.10. Gastos, requisitos urbanísticos y acometidas de servicios.....	39
3.2.4.11. Seguimiento, vigilancia y control.....	41
3.3. ANEXOS.....	42

### **3.1.- CONDICIONES GENERALES Y ECONÓMICAS**

#### **3.1.1. Objeto del contrato**

El objeto del contrato es exponer las condiciones necesarias para llevar a cabo el proyecto de una línea de mecanizado de bloques motor diesel. Se definirán los términos y condiciones, mediante los cuales Industria AutoFabrientec, fabricará los motores.

El contrato incluye:

- a) Proyecto completo
- b) Suministro, construcción, y montaje de la línea.
- c) Declaración de consumos previstos de insumos (agua, energía, productos químicos, etc.)
- d) Suministro de repuestos para dos años de operación
- e) Costo de servicio de operación (incluyendo disposición final de residuos) y mantenimiento por un año a partir de la recepción provisoria.
- f) Entrega de manuales de operación y mantenimiento de los equipos instalados
- g) Entrega de planos y archivos electrónicos de toda la instalación

#### **3.1.2. Condiciones generales del contrato**

El Contratista proveerá la ingeniería, todos los materiales, la mano de obra y las maquinarias que sean necesarias para la ejecución total de esas tareas, respetando cada detalle que aparezca en los recaudos.

Todo aquello que sea por cuenta de *Industria Autofabrientec* está indicado expresamente en este Pliego.

Por tal motivo, no se aceptará el pago de compensaciones extraordinarias por pequeñas modificaciones a lo indicado en la memoria, que no signifiquen modificaciones del proyecto básico.

En la propuesta se proveerá toda la documentación técnica necesaria, como por ejemplo un esquema en Planta de la línea de montaje, un diagrama de flujo y la ingeniería básica, especificaciones de materiales, declaración de consumos previstos de consumibles, etc.

Con la oferta, se incluirá el cronograma completo indicando la fecha de elaboración, presentación, aprobación, etc. de la documentación técnica correspondiente.

En todos los casos, será necesario la presentación de la documentación técnica a la Dirección de Obra, previo a la realización de los trabajos, para su aprobación.

### **3.1.3. Presupuesto de licitación**

El Presupuesto de Licitación será definido en el Pliego de Condiciones Técnicas y Particulares.

### **3.1.4. Plazo de ejecución**

El proponente deberá indicar el plazo total para la entrega del proyecto en días calendarios de acuerdo con el cronograma que se presente. La Administración tendrá preferencia por las ofertas que propongan menores plazos.

Los plazos para el inicio del montaje de la línea se computarán a partir de la recepción de la "Orden de Compra" por la empresa contratista.

La Administración se reserva el derecho de modificar esta fecha si le fuera conveniente según disponga la Dirección de Obra en acuerdo con el Contratista

---

Industrialización de un bloque motor diésel: Proceso de mecanizado

### 3.1.5. Revisión de precios

Se podrán cotizar en moneda nacional (Euros) y en moneda extranjera los que así estuvieren indicados.

A los precios en moneda extranjera no se les aplicará ajuste paramétrico alguno.

Para los ítems cotizados en moneda nacional, se evaluarán las variaciones del costo de la obra en función de las diferencias de jornales, el costo de vida y materiales, y se aplicarán las siguientes fórmulas de ajuste de precios:

$$P = P_o \left( a \frac{J}{J_o} + b \frac{CV}{CV_o} + c \frac{D}{D_o} \right)$$

Donde:

P = Valor actualizado del trabajo en el mes.

P<sub>o</sub> = Valor a precios de la Licitación del trabajo realizado en el mes.

J<sub>o</sub> = Nivel de la mano de obra determinada por el Consejo de Salarios de la rama de actividad de la empresa, correspondiente al penúltimo mes de la fecha de apertura.

J = Idem anterior, correspondiente al penúltimo mes de realización del trabajo.

CV = Índice del costo de vida según el Instituto de Estadísticas de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto, correspondiente al mes inmediato anterior a la realización del trabajo.

CV<sub>o</sub> = Idem anterior, correspondiente al mes anterior a la fecha de la apertura.

M = Precio de los materiales correspondiente al último día del mes inmediato anterior al de realización de los trabajos.

Mo = Idem anterior, vigente al último día del mes inmediato anterior al de la apertura.

Los ajustes según paramétricas regirán únicamente dentro del plazo de la obra establecido por el Contratista.

Fuera de él, se congelarán a valores correspondientes al último día del mes de la fecha estipulada como plazo total en el cronograma.

No se aceptará otra forma de ajuste de precios para la presente Licitación.

### **3.1.6. Requisitos para la contratación con la empresa**

Al adjudicarse la licitación, el Contratista designará por escrito:

- 1) Un representante general con amplios poderes para tratar y resolver todos los asuntos relativos a la licitación.
- 2) Deberá proponer un técnico responsable del montaje de la línea, que deberá poseer antecedentes en dirección de obras de instalación de plantas similares a la propuesta. El técnico responsable actuará como interlocutor de la firma adjudicataria y no podrá ser sustituido sin la anuencia de *Industria Autofabrientec*.

Deberá proponer además los técnicos especializados para el proyecto de ingeniería. Los mismos no podrán ser sustituidos sin la anuencia de *Industria Autofabrientec*.

- 3) Antes de la iniciación de los trabajos, el superintendente de obra, quien estará directamente encargado de los trabajos en el sitio y tendrá la responsabilidad directa de la ejecución de los trabajos, de acuerdo con la documentación de la licitación y las órdenes del Director de Obra.

---

Los representantes del Contratista que se refiere este artículo serán personas de probada capacidad técnica en los cometidos respectivos y la Administración deberá aprobar su designación. Tendrán facultades para resolver en las cuestiones de su incumbencia y sus decisiones obligarán al Contratista.

La Administración, de considerarlo necesario, podrá requerir la sustitución de un representante en cualquier momento durante la vigencia del contrato.

No estará obligada a expresar los motivos de su decisión.

En caso de que en el transcurso de la obra el adjudicatario desee sustituir alguno de sus representantes, deberá comunicar su decisión a la Administración. El nuevo nombramiento tendrá carácter de firme en cuanto la Administración hubiere dado su asentimiento.

### **3.1.7. Presentación de las ofertas**

Las propuestas deberán ser presentadas en soporte magnético. El proponente deberá presentar su propuesta y proyecto guiándose por el presente Pliego con su Memoria Técnica Descriptiva y los planos adjuntos.

Las propuestas se redactarán de acuerdo con el siguiente formulario y Planilla de cotización adjunta:

NOMBRE:

.....

domiciliado a los efectos legales en la calle

.....

.....N° ..... de  
esta ciudad,

---

se compromete a realizar el la organización y puesta en marcha de una cadena de montaje de motores diesel turboalimentados, en un todo de acuerdo con lo indicado en el Pliego de Condiciones, Memoria Descriptiva y planos de la planta de montaje y declara conocer por la suma de \$ .....

(.....  
.....euros) y de  
.....(.....indicar en  
números y letras la moneda extranjera que corresponda) más el Impuesto al Valor Agregado,

Para liquidar los aumentos o disminuciones de ejecución, se incluye el detalle de nuestro presupuesto con los metrajes, precios unitarios y parciales que hemos tomado como base al cálculo del mismo.

Una vez cumplido el acto de apertura no se admitirá que los proponentes presenten modificaciones ni ampliaciones a las ofertas.

Sólo la Administración podrá solicitar las aclaraciones o ampliación de información que a su exclusivo juicio estime necesarias.

### **3.1.8. Contenidos de las ofertas**

#### **3.1.8.1. Datos de la empresa**

Se solicitan los siguientes datos de las empresas:

- 1) Tipo de Sociedad
- 2) Antigüedad (fecha de constitución)
- 3) Nombre de los representantes de la empresa y de los titulares que la componen y de ser Sociedades Anónimas, de los integrantes del Directorio.

---

Industrialización de un bloque motor diésel: Proceso de mecanizado

4) Domicilio y número/s telefónico/s de la empresa.

Si el Contratista o los sub-contratistas han trabajado con anterioridad para *Industria Autofabrientec* se considera imprescindible especificar la fecha, el lugar, el monto, el tipo de licitación y el tipo de línea realizada, ya que la Administración determinará a su entera conveniencia si esos antecedentes no son a su juicio habilitantes para la realización de la presente obra.

### **3.1.8.2. Cronograma**

Se incluirá el cronograma general previsto para el desarrollo de la línea de fabricación.

En el cronograma se indicarán las actividades que están dentro del camino crítico, la fecha tardía de las que no están y el plazo total comprometido.

### **3.1.8.3. Capacidad técnica y financiera**

Los licitantes expondrán los proyectos y obras similares a la presente que hayan realizado.

Se adjuntarán asimismo los antecedentes de los subcontratistas.

Se dará una lista de los equipos de construcción a usar en la línea de montaje.

Se presentarán los antecedentes del personal técnico principal a intervenir en las obras, indicándose la clase de vinculación con la empresa.

### **3.1.8.4. Antecedentes**

Las firmas oferentes deberán poseer antecedentes de plantas similares en la industria de la automoción, las cuales sean posibles visitar. Para cada antecedente deberá indicarse persona de contacto, teléfono y dirección de correo electrónico. Asimismo

deberán documentarse la conformidad de los clientes con los suministros correspondiente, mediante notas firmadas que así lo expresen.

Es imprescindible la presentación en la oferta de los citados antecedentes para ser considerado para la adjudicación de la presente licitación. Si existe uno o varios subcontratistas se declarará que parte va ha hacer cada uno y se adjuntarán los antecedentes de los mismos.

### **3.1.9. Adjudicación**

La adjudicación se realizará de acuerdo con los criterios que se determinen en el Pliego de Condiciones Técnicas y Particulares, pudiendo declarar desierta la contratación si ninguna de las ofertas fuera aceptable.

En el supuesto de que el adjudicatario incumpliera las condiciones previstas en el presente Pliego previas a la firma del contrato, o no suscribiera el mismo, el órgano de adjudicación adoptará la decisión que corresponda, pudiendo, en todo caso, adjudicar la contratación a otro licitador dentro del mismo procedimiento.

Antes de la adjudicación, la Administración podrá requerir la presentación de documentación complementaria, aclaración o modificaciones de las ofertas que considere oportunas para el mayor acierto en la adjudicación.

### **3.1.10. Documentación exigible**

Los documentos base de esta contratación a tener en cuenta serán los siguientes:

*a)* El adjudicatario deberá acreditar, antes de la firma del contrato, que está al corriente de sus obligaciones fiscales y de Seguridad Social.

---

Se entenderá que las empresas están al corriente en el cumplimiento de sus obligaciones tributarias y de Seguridad Social mediante la acreditación de las circunstancias previstas en los artículos 7.1. y 8.1., respectivamente, del Real Decreto 390/1996, de 1 de marzo (BOE nº 70 de 21/3/96), o norma que le sustituya.

Las circunstancias mencionadas en el párrafo anterior se acreditarán mediante certificación administrativa expedida por el órgano competente, excepto para la acreditación de estar al corriente en el impuesto de Actividades Económicas, cuya acreditación se efectuará mediante la presentación del alta y, en su caso, del último recibo del Impuesto sobre Actividades Económicas. Las citadas certificaciones tendrán una validez, a efectos de participar en procesos de licitación, de seis (6) meses a contar desde la fecha de expedición.

Cuando la empresa no esté obligada a presentar las declaraciones o documentos a que se refiere el párrafo segundo de este apartado, se acreditará esta circunstancia mediante declaración responsable.

*b)* El adjudicatario, antes de la formalización del contrato, deberá presentar los justificantes de la fianza exigida en el apartado “D” del Cuadro de Características, así como del abono de los gastos del anuncio o anuncios de licitación.

*c)* En el supuesto de que la licitación sea adjudicada a una Unión Temporal de Empresas (UTE), deberá acreditarse la constitución de la misma ante la Unidad Gestora de contratación mediante escritura.

*d)* En todo caso, la Empresa podrá exigir que se acrediten documentalmente la propiedad de la maquinaria y medios auxiliares que la empresa haya declarado tener a disposición, así como cualquier otra documentación complementaria que considere conveniente.

### 3.1.11. Fianzas

El adjudicatario viene obligado a constituir y acreditar una fianza mediante un aval prestado por alguno de los Bancos, Cajas de Ahorro, Cooperativas de Crédito y Sociedades de Garantía Recíproca, autorizado para operar en España, conforme al modelo de aval.

La garantía provisional será devuelta a los interesados no adjudicatarios inmediatamente después de la adjudicación del contrato, siéndole retenida al empresario adjudicatario en tanto no formalice la garantía definitiva

#### MODELO DE AVAL BANCARIO

La Entidad (razón social de la entidad de crédito o sociedad de garantía recíproca), N.I.F. con domicilio (a efectos de notificaciones y requerimientos), en la calle..., y en su nombre (nombre y domicilio de los apoderados), con poderes suficientes para obligarle en este acto, se constituye en fiador solidario, con renuncia a los beneficios de excusión, orden y división, de (LICITADOR/ADJUDICATARIO) y C.I.F.nº... y domicilio en ....., por la cantidad de ..... (.....€), a favor de la EMPRESA *Vehicles&Motors* importe que se corresponde con la garantía provisional/definitiva establecida en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares para la Contratación a adjudicar por Concurso. La fianza así constituida se entiende hecha con los siguientes requisitos:

1º.- Que se constituye a favor y a disposición de la EMPRESA , con C.I.F. .... y domicilio en .....

2º.- Que la obligación contraída por el fiador lo es con carácter solidario, por la cantidad de ..... (..... €).

---

3°.- (Elegir, según los casos, uno de los párrafos siguientes)

- La fianza que se constituye en el presente documento surtirá efectos a partir de la fecha del mismo y hasta que se produzca la adjudicación definitiva del contrato y, en su caso, se formalice la garantía definitiva (Exclusivamente para garantía provisional)

- La fianza que se constituye en el presente documento surtirá efectos a partir de la fecha del mismo y hasta que haya transcurrido el plazo de garantía previsto en el contrato. (Exclusivamente para garantía definitiva)

- La fianza que se constituye en el presente documento surtirá efectos a partir de la fecha del mismo y hasta que haya transcurrido el plazo de garantía previsto en el contrato, en el caso de que el licitador resultara adjudicatario. Si no resultara adjudicatario, la garantía estará vigente hasta que se produzca la adjudicación definitiva del contrato (para garantía provisional que se extiende efectos a la definitiva).

4°.- La Entidad fiadora estará obligada a entregar el importe afianzado al primer requerimiento fehaciente que realice la EMPRESA .

5°.- Que la fianza que en el presente documento se hace constar, firmada por quien representa a la Entidad fiadora, es una de las operaciones que, a tenor de los Estatutos, por que se rige el Banco Fiador, puede verificar por constituir uno de sus fines.

---

6°.- Que de modificarse los Estatutos de la Entidad fiadora y dejare de formar parte de las operaciones peculiares de ella la de constituir fianzas, queda aquélla obligada a poner en conocimiento de la EMPRESA *Industria Autofabrientec* tal modificación, sin que se entienda la misma liberada de sus obligaciones en este caso, continuando los efectos de la fianza solidaria con todas sus consecuencias.

7°.- Que se considerará llegado el caso de hacer efectiva la cantidad importe de este afianzamiento sin necesidad de requerimiento previo, los supuestos de concurso, quiebra o estado de insolvencia, tanto del LICITADOR/ADJUDICATARIO como de la Entidad fiadora, estando obligados ambos a comunicar esta circunstancia a la EMPRESA *Industria Autofabrientec*.

8°.- Que dicha fianza tiene carácter mercantil, rigiéndose en lo previsto en el presente documento, por lo dispuesto en el Código de Comercio.

El presente documento de garantía ha sido inscrita en esta misma fecha en el Registro Especial de Avales de la Entidad Bancaria fiadora en ..., de..., con el número...

Y sujetándose a tales requisitos, se firma el presente documento con el sello del Banco, en .....

(Lugar y fecha)

(Razón social)

(Firma de los apoderados)

---

Importe Garantía provisional: .....€

Transcurrido el plazo de garantía establecido, si no resultaran responsabilidades que hayan de ejercitarse sobre la garantía, se procederá a la devolución de la misma, previa solicitud escrita del adjudicatario dirigida a la Unidad de Gestión de Contratación de *Industria Autofabrientec* Extinción del Contrato

### **3.1.12. Extinción del contrato**

El contrato se extinguirá por conclusión o cumplimiento, o bien por resolución. Son causas de resolución:

**A.** El incumplimiento de las cláusulas contenidas en los Pliegos por los que se rige la contratación, sus Anexos, el contrato o cualquier otra documentación que revista carácter contractual.

**B.** La muerte del contratista individual, salvo que los herederos ofrezcan llevar a cabo el contrato bajo las condiciones estipuladas en el mismo.

No obstante, la Administración podrá aceptar o desechar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan derecho los herederos a indemnización alguna por el resto del contrato dejado de ejecutar.

**C.** La extinción de la personalidad jurídica de la sociedad mercantil del contratista, salvo que el patrimonio y organización de la sociedad extinguida sea incorporado a otra entidad, asumiendo ésta última las obligaciones de aquella y siempre que la nueva entidad, en el plazo de un mes, ofrezca llevar a cabo el contrato en las condiciones estipuladas. La Administración puede admitir o desechar el ofrecimiento, sin que en éste último caso, haya derecho a indemnización alguna.

**D.** El mutuo acuerdo entre la Administración y el contratista.

**E.** La cesión a terceros del contrato sin autorización de la Administración.

**F.** La declaración de quiebra o suspensión de pagos al contratista.

**G.** Cualquier otra causa que se establezca expresamente en el Pliego de Condiciones Técnicas y particulares o en el contrato. Cuando la resolución del contrato sea por causas imputables al contratista, la Administración ejecutará, si así procediere y a su sola discreción, la fianza constituida haciendo suyo su importe.

### **3.1.13. Prórroga del contrato**

Una vez finalizado el plazo de vigencia del contrato, el contratista quedará obligado, cuando así se requiera por la Empresa, a prestar el servicio durante un período máximo de seis meses.

### **3.1.14. Régimen jurídico del contrato**

El adjudicatario deberá tener presente lo dispuesto en el art. 14 de la ley 17897 por la que se dispone para las licitaciones de obras y servicios públicos la obligatoriedad del o de los empresarios contratantes, de inscribir en las planillas de trabajo un mínimo equivalente de 5% (cinco por ciento) del personal afectado a tareas de peones o similares, a personas liberadas que se encuentren registradas a la Bolsa de Trabajo del Patronato Nacional de Encarcelados y Liberados.

La Administración contratante, exigirá a la empresa adjudicataria la presentación de una constancia expedida por el Patronato en cuanto a que se contrató personal registrado en la Bolsa de Trabajo. Si dicha empresa incumple con la presentación de la constancia *Industria Autofabrientec* comunicará el incumplimiento a la Inspección General del Trabajo y de la Seguridad Social, la que actuará acorde a su competencia

## **3.2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y ESPECÍFICAS**

### **3.2.1. Disposiciones generales**

#### **3.2.1.1. Objeto del contrato**

El contrato que se regirá por el presente Pliego de Condiciones, tiene por objeto la ejecución de las instalaciones que se definen en el Cuadro de Características que encabeza el Pliego de Condiciones Generales, con personas físicas o jurídicas (en adelante se le denominará “el contratista”), cuya finalidad o actividad tenga relación directa con el objeto del contrato, y con estricta sujeción al Proyecto aprobado por la Empresa.

#### **3.2.1.2. Plazo de ejecución**

El plazo de ejecución del contrato comenzará con la firma del acta de inicio y comprobación del replanteo que tendrá lugar en el plazo máximo de quince (15) días a contar desde la fecha de formalización del contrato, salvo que exista causa fundada que lo impida.

#### **3.2.1.3. Precio**

El importe del contrato será el que resulte de la adjudicación.

Solo podrá llevarse a cabo la actualización de precios en supuestos de no inicio o suspensión temporal total de la instalación por un periodo superior a seis meses por causas no imputables al contratista.

Dicha actualización tendrá como límite máximo el porcentaje equivalente a la variación que haya experimentado el Índice General de Precios al Consumo durante el periodo de la suspensión, aplicado a los precios de las instalaciones no ejecutadas.

El importe de la actualización de precios se hará efectivo mediante el abono correspondiente en las certificaciones parciales de la instalación o, excepcionalmente, en la liquidación del contrato cuando no haya podido incluirse en aquéllas.

### **3.2.2. Procedimiento de la licitación**

#### **3.2.2.1 Presentación de proposiciones**

Para participar en el Procedimiento los licitadores presentarán en el Registro que se indique en el anuncio de la licitación, tres sobres (Sobres números 1, 2 y 3) cerrados y firmados.

La presentación de la documentación se efectuará en la forma lugar y plazo previstos en la cláusula 7 del Pliego de Condiciones Generales

#### **3.2.2.2. Contenido de las proposiciones**

Tanto la cubierta de los sobres como su contenido deberán cumplir los siguientes requisitos:

---

**Sobre n° 1:**

*Título de la Cubierta:* “Documentación General”. Se hará constar el título de la instalación, el nombre y CIF del licitador, debiendo el sobre estar cerrado y firmado por el licitador o persona que lo represente.

*Contenido:* En este sobre se incluirá exclusivamente documentación de carácter general, sin ninguna referencia a los aspectos económicos de la oferta. Además de los relacionados para completar la acreditación de la solvencia económica, financiera y técnica de la empresa, se presentarán los documentos que se relacionan a continuación.

- ***Instalación análoga.*** Certificación expedida por el facultativo director de las instalaciones que acredite que la empresa realizó a plena satisfacción, dentro de los últimos cinco años, instalaciones de naturaleza análoga a la del presente Procedimiento. Se considera instalación de naturaleza análoga toda edificación que por su naturaleza, precio y plazo de ejecución, pueda asimilarse a la del objeto del presente Pliego.
  - Si los certificados se refieren a instalaciones realizadas para la Administración, deberán presentarse sellados, firmados y con la conformidad de la Entidad contratante.
  - Si los certificados se refieren a instalaciones ejecutadas dentro del mismo plazo para particulares u organizaciones no administrativas, deberán contar con el visado del Colegio Oficial correspondiente.
  - En los certificados se hará constar al menos, la descripción de la instalación, los m<sup>2</sup> construidos, el presupuesto de adjudicación, las fecha de inicio y de finalización de la instalación y la relación presupuesto/superficie construida. Si no se aportan todos estos datos, el órgano de contratación valorará este apartado con los datos disponibles.

- 
- ***Volumen de instalación.*** Declaración de la persona que presenta la proposición en la que se acredite el volumen de instalación ejecutada durante los últimos cinco años por el licitador.
    - Se indicará el volumen ejecutado en cada año y el total; se acompañará además una relación esquemática de las instalaciones similares más importantes ejecutadas en los últimos cinco años por el licitador en la que figure la denominación de la misma, su ubicación, el importe total de la instalación y las fechas de inicio y final de la instalación. Ambos documentos (volumen anual y total) se desglosarán en los siguientes conceptos:
      - Edificación (sanidad, educación, vivienda, universidad, etc.)
      - Infraestructuras

En el caso de que no sea posible la aportación de la documentación señalada en los párrafos anteriores por ser instalación ejecutada en el extranjero, la certificación aportada deberá probar de forma indudable la buena ejecución de la misma.

- ***Recursos propios de la empresa.*** Declaración de la persona que presenta la proposición en la que se acrediten los importes de fondos propios (capital social más reservas) del licitador correspondiente al balance auditado del último ejercicio económico.

**Sobre n° 2:**

***Título de la Cubierta:*** “Documentación Técnica”. Se hará constar el título de la instalación, el nombre y CIF del licitador, debiendo el sobre estar cerrado y firmado por el licitador o persona que lo represente.

***Contenido:*** Exclusivamente incluirá documentación de carácter técnico, sin ninguna referencia a los aspectos económicos.

Se presentarán los documentos que se indican a continuación:

---

Industrialización de un bloque motor diésel: Proceso de mecanizado

- **Memoria Constructiva y Programa de Trabajo.** La Memoria Constructiva es el documento que refleja el correcto enfoque de la instalación y el planteamiento realista de la misma, tanto en su planificación técnica como temporal.

Todo ello analizado en coherencia con los medios propuestos. Al ser esencial esa coherencia, se tendrá especial cuidado en precisar, los medios propuestos y en definir las hipótesis logísticas: maquinaria, personal, etc. Por ello, la Memoria Constructiva servirá para explicar las bases en que se fundamenta el Programa de Trabajo e, incluso, para la completa explicación de éste.

De las unidades complejas (estructuras, muros complicados, etc.), la Memoria contendrá un análisis completo, tanto del proceso de realización como de los medios singulares a emplear.

La Memoria deberá contener, al menos:

- a)** La concepción global de la instalación (evitando copiar la Memoria del Proyecto).
- b)** La descripción de todas las actividades importantes y de sus procesos constructivos.
- c)** La descripción y el análisis de los subcontratistas, así como de sus actividades, aportando los compromisos e indicando las unidades o partes de la instalación que realizará mediante subcontratación y el porcentaje que representa sobre el importe de adjudicación.
- d)** La relación global de maquinaria, de instalaciones fijas y de medios auxiliares que el licitador se comprometa a adscribir a la instalación (dicho compromiso será explícito). Se distinguirá entre medios propios, medios alquilados y medios aportados por los posibles subcontratistas.
- e)** La relación global de medios humanos principales (niveles superior y medio), en números y categorías, que el licitador se comprometa a adscribir a la instalación

---

(dicho compromiso será explícito). Se distinguirá entre medios humanos propios, medios humanos contratados para la instalación y medios humanos aportados, en su caso, por los subcontratistas.

El licitador presentará un Programa de Trabajo que refleje la secuencia de construcción de las instalaciones, que asegure su ejecución en el plazo ofertado, describiendo las previsiones de tiempo en un diagrama de barras, con precisión de porcentajes de ejecución mensual, parcial y acumulada.

Se destacará, de entre dichos medios humanos, lo relativo al Delegado de Instalación del contratista y el Jefe de Instalación que el licitador prevea designar para el caso de resultar adjudicatario de aquella, en cuanto a sus titulaciones profesionales y a sus experiencias se refiere.

La persona que ocupe el cargo de Delegado podrá coincidir o no coincidir con la persona que ocupe el cargo de Jefe de Instalación, asunto que queda a criterio del licitador, el cual deberá especificar claramente, en la Memoria Constructiva, la decisión que, al respecto, tome.

En todo caso, el Delegado de Instalación será un facultativo con dedicación plena durante el tiempo de ejecución de la misma, con capacidad suficiente para representarle en todo cuanto afecta a la ejecución de la instalación, siendo además responsable de su seguridad.

La sustitución de los componentes del equipo técnico adscrito por la empresa a la instalación, será por técnicos de análogo perfil profesional y deberá ser aprobada por la dirección facultativa.

A instancia de la dirección facultativa de la instalación, la Empresa podrá exigir en cualquier momento el cambio del Delegado de Instalación y del personal técnico adscrito a la instalación mediante resolución motivada.

- **Plazo de Ejecución.** El licitador ofertará un Plazo de Ejecución que será igual o inferior al señalado en el apartado E del Cuadro de Características de este

---

Pliego y deberá coincidir exactamente con el señalado en el Programa de Trabajo.

Asimismo, el licitador expresará todos los plazos parciales que proponga en su Programa de Trabajo cuando estos se encuentren incluidos como Anexo a este Pliego.

La oferta de una reducción desproporcionada del plazo de ejecución desproporcionado o cuyo cumplimiento no resulte posible con una correcta y lógica ejecución de las instalaciones, podrá penalizar la puntuación a obtener en este apartado.

- **Programa de actuaciones medio ambientales.** Se incluirá un programa de vigilancia ambiental, en el que se indicarán las actuaciones de vigilancia y seguimiento sobre los recursos del medio para las unidades de instalación o grupos de unidades similares y para las operaciones de:
  - replanteo
  - ubicación y explotación de vertederos
  - localización y control de zonas de instalaciones y parque de maquinaria
  - control de accesos temporales
  - desmantelamiento de instalaciones y zona de instalaciones
  - sistema de gestión de residuos y control de la contaminación
  - limpieza final
- **Memoria de Seguridad y Salud.** Se redactará una memoria de prevención de riesgos y seguridad en la que se explicará:
  - Organización de la prevención y seguridad en la instalación: organigrama, funciones, coordinación con subcontratistas y trabajadores autónomos.
  - Análisis de las posibles situaciones de emergencia y medidas a adoptar, para garantizar su rapidez y eficacia.

- 
- Revisión del Estudio de Seguridad y Salud del Proyecto bajo la perspectiva de su ejecución como contratista, proponiendo las mejoras que se consideren convenientes.
  - Esta memoria tendrá como anejo certificaciones de haber establecido un sistema interno de seguridad laboral del licitador y de los subcontratistas propuestos, con indicación de su contenido.
  - ***Control de Calidad.*** El licitador incluirá en su oferta la descripción detallada de los sistemas y procedimientos para el control de la calidad en sus actividades, tanto para la propia empresa como para las relativas a las instalaciones objeto del contrato.

Para las instalaciones con presupuesto de licitación inferior a .....€ el licitador adecuará la documentación relacionada en los apartados anteriores al tamaño y complejidad de la instalación

**Sobre n° 3:**

El sobre n° 3 “Documentación económica” se presentará en la forma prevista en el apartado Pliego de Condiciones Generales.

### 3.2.2.3. Adjudicación

La Empresa abrirá los sobres de proposiciones y examinará la documentación presentada, de acuerdo con el siguiente proceso:

- **Fase de Admisión.** La Administración realizará una selección de aquellas ofertas que cumplan los requisitos mínimos de admisión acreditados.

Para la valoración de las proposiciones presentadas se tendrá en cuenta el siguiente baremo de puntuación:

- Instalación análoga.....hasta 4 puntos
- Volumen de instalación.....hasta 4 puntos
- Recursos propios de la empresa.....hasta 2 puntos
- Suma total.....hasta 10 puntos

No serán admitidas a la fase de selección las propuestas cuya Puntuación Técnica sea inferior a 7,50 puntos.

Tampoco serán admitidas a la licitación aquellas empresas con las que existiera incompatibilidad comercial, de acuerdo con los hechos o circunstancias conocidos por la Empresa.

- **Fase de Selección.** Aquellas ofertas que cumplan los requisitos mínimos de admisión exigidos en el apartado anterior se valorarán de acuerdo con el procedimiento expuesto en este Pliego.

La Empresa puede declarar desierta la contratación si ninguna de las ofertas fuera aceptable.

En el supuesto de que el adjudicatario incumpliera las condiciones previstas en el presente Pliego previas a la firma del contrato o no suscribiera el mismo, el órgano de contratación adoptará la decisión que corresponda, pudiendo, en todo caso, adjudicar la contratación a otro licitador dentro del mismo procedimiento.

---

### **3.2.2.4. Criterios de adjudicación**

#### **3.2.2.4.1. Evaluación de la oferta técnica**

Para valorar la calidad técnica de una Propuesta se analizarán y puntuarán los aspectos de la misma que se relacionan seguidamente:

*a)* Memoria y Programa de trabajo

*b)* Plazo de ejecución

*c)* Actuaciones medioambientales

*d)* Memoria de Seguridad y Salud

*e)* Control de Calidad

Para obtener las puntuaciones de una proposición en particular se sumarán las puntuaciones alcanzadas en cada uno de los aspectos enumerados

Puntuación máxima:

- Memoria y Programa de trabajo.....60
- Plazo de ejecución.....10
- Actuaciones medioambientales.....10
- Memoria Seguridad y Salud.....10
- Control de Calidad.....10

#### ***a) Memoria Constructiva y Programa de Trabajo***

Para el Programa de Trabajo y la Memoria Constructiva de cada Propuesta se puntuará la justificación de la metodología indicada para la ejecución de los trabajos; su coherencia; el buen conocimiento que denoten del proyecto y del terreno donde será ejecutada la instalación y de otros condicionantes externos, así como la garantía de suministros de los materiales.

---

Los criterios de puntuación que se definen a continuación se valorarán cada uno entre 0 y 10 puntos:

- Concepción global de la instalación y proceso constructivo coherente con los medios previstos en la Propuesta del licitador.
- Análisis de las necesidades de subcontratación.
- Relación de la maquinaria que el licitador se compromete a adscribir a la instalación, así como de las instalaciones fijas y medios auxiliares, diferenciando los medios propios de los alquilados.
- Organigrama de instalación propuesto.
- Experiencia y cualificación del Jefe de Instalación.
- Análisis de las actividades incluidas en el Programa de Trabajo.

***b) Plazo de ejecución***

Respecto del plazo de ejecución de la instalación ofertada para cada Propuesta, la puntuación se obtendrá del modo siguiente, si está dentro de plazo.

***c) Programa de actuaciones medioambientales***

Para este Programa de cada Propuesta se valorará la precisión en la identificación de unidades de instalación que puedan generar impactos, la disponibilidad de instrucciones de trabajo, la organización física de la instalación, la localización de vertederos, la identificación de requisitos legales y los sistemas de buena gestión medio ambiental propuestos.

***d) Memoria de Seguridad y Salud***

Para la Memoria de cada Propuesta se valorarán los sistemas de participación del personal, los procesos de formación e información a desarrollar y la revisión del Estudio de Seguridad y Salud con indicación de sus deficiencias y posibles mejoras, así como el establecimiento y contenido del sistema interno de Seguridad y Salud del contratista y de los subcontratistas propuestos.

### *e) Calidad*

Para cada oferta se valorarán los certificados de calidad que se aporten así como los controles de calidad que se propongan realizar durante la instalación.

La puntuación de la calidad técnica total de cada Propuesta será la resultante de la suma de las puntuaciones obtenidas para los distintos aspectos de ella, según los criterios anteriores y se redondeará al segundo decimal.

#### **3.2.2.4.2. Evaluación de la oferta económica**

Para obtener las puntuaciones económicas, PE, de las n ofertas económicas, correspondientes a las n proposiciones que hayan sido admitidas al concurso por la Mesa de Contratación se procederá a evaluar la oferta económica de manera que a la más económica se le asignan cien (100) puntos. Todas las ofertas se evalúan con la puntuación obtenida mediante la siguiente expresión:

- Puntuación de cada oferta
- Precio de la oferta que se puntúa
- $PE = 100 \times \text{Precio de la oferta mas económica}$

Se considera oferta más económica a la oferta más baja de las presentadas no incurso definitivamente en temeridad por su bajo importe una vez aplicados los criterios establecidos en el apartado 7.5.

La puntuación económica se redondeará al segundo decimal.

#### **3.2.2.4.3. Evaluación global de las ofertas**

El método a seguir para determinar la oferta más ventajosa será el siguiente:

*a)* Por razón del importe del presupuesto de licitación se fijara un valor, V1, de puntuación técnica:

- Contratos con presupuesto de licitación inferior o igual a 601.000 €.

- 
- Contratos con presupuesto de licitación entre 601.001 € y 4.200.000 €.
  - Contratos con presupuesto de licitación superior a 4.200.001 €.

**b)** Una vez determinado el valor V1, las ofertas admitidas administrativa y técnicamente quedarán encuadradas en tres intervalos:

- Calidad técnica inaceptable: puntuación inferior a 60 puntos.
- Calidad técnica suficiente: puntuación comprendida entre 60 y V1, ambos inclusive.
- Calidad técnica elevada: puntuación técnica superior a V1.

**c)** Las ofertas situadas en el intervalo de calidad técnica inaceptable no serán tomadas en consideración ni para el cálculo de las ofertas temerarias ni para la determinación de la oferta más ventajosa, de manera que, en el caso de no existir ofertas en los otros dos intervalos, se procederá a declarar desierto el concurso, al no haber concurrido al mismo ofertas de calidad técnica suficientemente cualificadas.

En los puntos d), e) y f), que siguen, no se hace referencia a las ofertas situadas en el intervalo de calidad técnica inaceptable ni a las calificadas definitivamente como temerarias, que no son ya tomadas en consideración.

**d)** Cuando existan varias ofertas encuadradas en ambos intervalos de calidad técnica suficiente y elevada, se procederá a determinar la mejor oferta de cada uno de dichos intervalos, con arreglo a las siguientes directrices:

Con carácter general, será considerada mejor oferta la más económica de cada intervalo.

En adelante, la denominación mejor oferta de cada intervalo hará referencia a la determinada, para cada intervalo de calidad técnica suficiente y elevada, por el procedimiento anterior.

**e)** Si existen ofertas en ambos intervalos y, por tanto, del proceso de selección de la mejor oferta en cada intervalo, descrito en el punto d), se han obtenido dos ofertas

---

correspondientes a la mejor de cada intervalo, se propondrá como adjudicatario, al licitador que haya formulado la mejor oferta del intervalo de calidad técnica elevada, excepto en el caso de que la oferta del intervalo de calidad técnica suficiente sea sustancialmente más económica que la citada mejor oferta del intervalo de calidad técnica elevada, en cuyo caso se propondrá al licitador que haya presentado aquella.

Se considerará que la mejor oferta del intervalo de calidad técnica suficiente es sustancialmente más barata que la mejor oferta del intervalo de calidad técnica elevada cuando, comparando el total de la diferencia de puntuación técnica con el total de la diferencia de puntuación económica, resulte que la diferencia de puntuación económica a favor de la oferta del intervalo de calidad técnica suficiente sea superior en un 25% o más a la diferencia de puntuación técnica entre ambas ofertas.

La Empresa tendrá, alternativamente, la facultad de adjudicar el contrato a la propuesta más ventajosa mediante la aplicación de los criterios establecidos en esta cláusula, o declarar desierto el procedimiento, motivando, en todo caso, su resolución.

*f)* En el supuesto que todas las ofertas de calidad técnica igual o superior a 60 puntos hubieran quedado encuadradas, por aplicación de los criterios expresados en los apartados a) y b) anteriores, en un único intervalo (sea el de calidad técnica suficiente o el de calidad técnica elevada) se procederá a determinar la mejor oferta mediante la suma de la puntuación técnica y de la puntuación económica de cada una de ellas, considerándose mejor oferta a la que obtenga una mayor puntuación total por la suma de ambos conceptos.

#### **3.2.2.4.4.- Temeridad**

Quedarán excluidas y no se tomaran en consideración aquellas ofertas que hagan una proposición económica desproporcionada o temeraria, consideradas así aquellas con un porcentaje de baja que exceda en cinco unidades, por lo menos, de la media aritmética de los porcentajes de baja de todas las proposiciones admitidas.

---

Cada oferta admitida se valorará cuantitativamente en función del porcentaje de baja respecto al Presupuesto de Licitación que figura en el apartado B del Cuadro de Características de este Pliego.

La Empresa solicitará por escrito, al licitador o licitadores cuya oferta económica sea desproporcionada o temeraria, las justificaciones que considere oportunas sobre la composición de la citada oferta económica, con el fin de determinar si la misma se puede considerar no temeraria y, por lo tanto, debe ser tomada en consideración para la adjudicación de la instalación. El licitador dispondrá de un plazo máximo de cinco días hábiles, a contar desde la fecha en que reciba la solicitud, para presentar las justificaciones que estime convenientes.

Si transcurrido este plazo no se hubiera recibido dichas justificaciones, la empresa licitadora quedará excluida del procedimiento de selección.

Si se recibieran en plazo las citadas justificaciones, la Empresa decidirá o bien la aceptación de la oferta, contando con ella a todos los efectos para resolver lo que proceda en relación con la adjudicación del contrato, o bien el rechazo de dicha oferta, que, en ningún caso tendrá efectos sobre los cálculos ya realizados del valor de la baja temeraria o desproporcionada.

En el caso de que una de estas ofertas económicas consideradas desproporcionadas o temerarias resulte adjudicataria, se exigirá al contratista una garantía definitiva del 20% del importe de adjudicación, que sustituirá a la que figura en el apartado D) del Cuadro de Características.

---

### **3.2.3. Formalización del contrato**

#### **3.2.3.1. Seguros**

Además de los documentos señalados en la cláusula 10 del Pliego de Condiciones Generales, el adjudicatario deberá aportar antes de la formalización del contrato:

*a)* Póliza de seguro de responsabilidad civil que garantice los daños causados a terceros por hechos derivados de la ejecución de la instalación y durante su realización.

Establecerá un límite mínimo de indemnización por siniestro igual a los siguientes importes:

- 3.000.000 € para instalaciones cuyo presupuesto exceda de 15.000.000 €
- El 20 por ciento del presupuesto por el que se contrata la instalación si éste es inferior a 15.000.000 €, no pudiendo en ningún caso ser menor a 150.000 € .

Deberá incluir las coberturas de responsabilidad civil, de explotación patronal, cruzada (daños personales), subsidiaria de subcontratistas y post - trabajos.

*b)* Póliza de seguro a todo riesgo de la construcción que garantice los riesgos de daños a la instalación durante su ejecución.

Se establecerá por una suma asegurada igual al importe del presupuesto de contrata.

Esta póliza incluirá, además, un período de mantenimiento amplio de un mínimo de 12 meses computable desde la firma del acta de recepción, y la cobertura adicional de daños a bienes preexistentes para el supuesto de que la instalación tenga la consideración de instalación de reforma.

*c)* Compromiso de suscribir una póliza de seguro de daños a la edificación durante la garantía decenal, cuando se trate de instalaciones consideradas de nueva construcción

con un presupuesto superior a los 15.000.000 €. Este compromiso se hará efectivo en el momento de la recepción de la instalación.

La empresa deberá figurar como asegurado adicional en todas estas pólizas en su carácter de promotor de las instalaciones y firmante del contrato de ejecución. Además deberá figurar como beneficiario en la póliza de seguro todo riesgo de la construcción.

El contratista estará obligado a justificar, en todo momento, que tiene en vigor las citadas pólizas, aportando justificación documental de estar al corriente del pago de las primas correspondientes. Su falta de pago facultará a la Entidad para proceder a la retención del abono de las certificaciones y/o de la liquidación y, en su caso, a instar la resolución del contrato.

El importe de los gastos de dichas pólizas, se considerará incluido en los gastos generales del presupuesto de licitación.

### **3.2.4. Ejecución de las instalaciones**

#### **3.2.4.1. Realización de la instalación**

Los trabajos deberán realizarse en rigurosa adecuación al Proyecto aprobado y a las especificaciones técnicas en él contenidas, así como a las propuestas ofertadas en su documentación técnica.

La ejecución del contrato se realizará a riesgo y ventura del contratista, que estará obligado a indemnizar por causas de pérdidas, averías o perjuicios ocasionados en la instalación, excepto en los casos de fuerza mayor por:

*a)* Incendios causados por la electricidad atmosférica.

*b)* Daños causados por terremotos o maremotos.

c) Movimientos del terreno, en que estén construidas las instalaciones o que directamente las afecten, que no estén relacionados con la ejecución de la propia instalación.

d) Inundaciones catastróficas producidas por desbordamientos de ríos y arroyos.

#### **3.2.4.2. Dirección de las instalaciones**

La empresa, a través de la Administración de la instalación, efectuará la inspección, comprobación y vigilancia para la correcta realización de la instalación contratada, de acuerdo con el Pliego y Proyecto de Instalación aprobado, así como con las propuestas ofertadas en la documentación técnica, dando las oportunas instrucciones y normas técnicas, sin perjuicio de lo dispuesto en este Pliego.

Igualmente, La Administración podrá disponer, a su costa, la intervención en la instalación de organizaciones de Control de Calidad, viniendo el contratista obligado a posibilitar su acceso a la instalación y, en su caso si así lo estima la Dirección de Instalación, permitir su implantación en la instalación en condiciones suficientes para el desarrollo de su actividad.

La designación del Delegado del contratista en Instalación deberá comunicarse a la Administración a través de la Dirección de Instalación, pudiendo ser rechazada dicha designación por razones justificadas.

#### **3.2.4.3. Comprobación del replanteo**

En el plazo de quince (15) días, a partir de la firma del contrato, se formalizará el Acta de Inicio y Comprobación del replanteo de la instalación en presencia del contratista o de su representante.

En el plazo de un (1) mes desde la firma del Acta de Inicio y Comprobación del Replanteo, el contratista presentará, para su aprobación por la Dirección de la Instalación, un programa definitivo de trabajo, de acuerdo con el presentado en su oferta.

---

Antes de los quince días de la formalización del Acta de Inicio y Comprobación de Replanteo, el contratista deberá presentar a la Dirección de la instalación y a los Organismos Oficiales correspondientes el Plan de Seguridad e Higiene para su aprobación.

#### **3.2.4.4. Modificaciones del contrato**

Ni el Director de la Instalación ni el Contratista podrán introducir o ejecutar modificaciones en las instalaciones comprendidas en el contrato, sin la debida autorización y aprobación previa y por escrito del órgano competente de la Administración de las modificaciones y de los presupuestos resultantes como consecuencia de ellas.

Cuando existan disposiciones oficiales, de fecha posterior a la de la oferta del contratista, que exijan algún tipo de modificación del proyecto que suponga variación del coste, la Administración podrá acordar un nuevo precio contradictorio y, en su caso, un nuevo plazo de entrega. Dicho precio deberá ser aprobado previa y expresamente por la Administración para que nazca la obligación de pago.

De cada nuevo precio acordado previamente por la Administración, se levantará Acta firmada por la Dirección de Instalación y por el contratista, lo que deberá tener lugar antes de que se ejecute la unidad a la que haya de aplicarse.

Las modificaciones que se originen por indefiniciones u omisiones de unidades en el proyecto técnico no originarán derecho alguno a la modificación del presupuesto contratado, no existiendo, por estos motivos, derecho a precio contradictorio alguno.

No se considerarán modificaciones aquellas que durante la correcta ejecución de la instalación se produzcan únicamente por variación en el número de unidades realmente ejecutadas sobre las previstas en el proyecto aprobado por la Empresa; estas modificaciones podrán ser recogidas en la Liquidación de la Instalación, siempre que no representen un incremento del gasto superior al diez por ciento (10%) del contrato.

### **3.2.4.5. Suspensión de la instalación**

La Administración podrá acordar la suspensión de la instalación, bien con carácter temporal, parcial o total, bien con carácter definitivo. La suspensión requerirá el acuerdo motivado del Órgano que aprobó la contratación.

En caso de suspensión, el contratista tendrá derecho al percibo del pago correspondiente a las instalaciones realizadas y al resarcimiento de los daños y perjuicios a que, en su caso, hubiere lugar.

Si la Administración acordase la suspensión de la instalación, en los términos previstos en los párrafos anteriores, se levantará el correspondiente Acta de Suspensión por parte del Director de la Instalación y el contratista. Una vez desaparecidas las causas de la suspensión y sólo para los casos de “temporal parcial” y “temporal total”, el Director de la Instalación junto con el Contratista levantará la correspondiente Acta de Reanudación.

### **3.2.4.6. Recepción de la instalación**

La Administración podrá efectuar recepciones parciales de las instalaciones, de acuerdo con las etapas del Programa de Trabajo.

La recepción deberá plasmarse en un Acta de Recepción formalizada por el Director de la Instalación, el contratista y un representante de la Administración, si se estima oportuno, en la que se manifieste que la misma “ha sido construida correctamente y completada de acuerdo con el proyecto y los términos del contrato en su más amplio alcance”.

En particular la firma del Acta de Recepción, estará condicionada a:

- La buena ejecución de los trabajos de acuerdo con las condiciones contractuales.
- La eliminación de defectos observados.

- 
- La eliminación por parte del contratista de todas sus instalaciones temporales en el orden y prioridades indicadas por la Empresa en su momento.
  - La limpieza general de la instalación.

En el caso de que la instalación no se haya finalizado en la fecha prevista, en dicho momento se levantará acta en la que se relacionen los trabajos pendientes de ejecución, señalándose un plazo improrrogable para su realización.

De igual forma se procederá, en el caso de existencia de deficiencias, a los efectos de subsanación de las mismas.

#### **3.2.4.7. Plazo de garantía**

El plazo de garantía será señalado en el Pliego de Condiciones Generales, y comenzará a partir de la fecha de recepción final de la instalación.

El contratista se compromete a mantener en perfecto estado la instalación durante el plazo de garantía, sin perjuicio de lo establecido en el Artículo 1.591 del Código Civil.

Durante el periodo de garantía la Administración contratista asumirá los costes derivados del mantenimiento preventivo de las instalaciones que hayan sido objeto del Proyecto, contratando, en su caso, con empresas debidamente homologadas y responderá con diligencia a las peticiones que le sean realizadas por el responsable del edificio para realizar reparaciones o subsanar deficiencias, especialmente a aquellas que repercutan directamente en las condiciones de seguridad e higiene de los trabajadores o en los procesos productivos.

#### **3.2.4.8. Abonos del contratista**

El importe de las instalaciones ejecutadas se acreditará mensualmente al contratista por medio de certificaciones expedidas por el Director de la Instalación.

---

Toda documentación correspondiente a pagos deberá incluir factura con los datos y requisitos determinados en el Real Decreto 2402/1985 de 18 de diciembre (BOE de 30 de diciembre de 1985).

Las certificaciones expedidas tienen el concepto de pagos provisionales a buena cuenta, sin suponer en forma alguna aprobación y recepción de las instalaciones realizadas.

Los pagos serán realizados por la Administración en el plazo de 90 días siguientes a la presentación de la factura correspondiente.

El contratista podrá desarrollar los trabajos con mayor celeridad que la prevista para ejecutar las instalaciones en el plazo o plazos contractuales, sin que por ello tenga derecho a percibir mayor cantidad que la consignada en la anualidad afectada, cualquiera que sea el importe de lo ejecutado o de las certificaciones expedidas.

La Administración podrá efectuar abonos a cuenta por instalaciones, acopios de materiales y equipos de maquinaria pesada adscritos a la instalación en la forma y con las garantías que determine, con carácter general el Presidente de la Sociedad

### **3.2.4.9. Obligaciones del contratista**

- ***Señalización.***

El contratista está obligado a instalar a su costa, las señales precisas para indicar el acceso a la instalación, la circulación en la zona que ocupan los trabajos y los puntos de posible peligro debido a la marcha de aquellos tanto en dicha zona como en sus lindes e inmediaciones.

- ***Control de Calidad.***

El contratista vendrá obligado al cumplimiento del Plan de Control de Calidad que, una vez aportado por la Administración, se incorporará al contrato formando parte integrante del mismo, así como a la observación de las condiciones derivadas de la

---

aplicación de dicho Plan. La aplicación de dicho Plan se hará por la entidad especializada que a dicho efecto se designe por la Administración.

- ***Obligaciones Laborales y Sociales.***

El contratista está obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes e materia laboral, de seguridad social y de seguridad e higiene en el trabajo. El contratista se obliga expresamente, a título universal, al cumplimiento de todas las obligaciones que en relación con los subcontratistas y/o subcontrataciones de instalación en el más amplio sentido pudieran dar lugar a responsabilidad solidaria, subsidiaria o mancomunada de la Administración.

***Cumplimiento de Plazos y Penalizaciones por demora.***

El contratista queda obligado al cumplimiento de los plazos de ejecución del contrato. El incumplimiento del plazo por el contratista por causas imputables al mismo dará lugar a que incurra en mora de manera automática, sin que sea precisa intimación de la Empresa.

Cuando se hubiera incurrido en mora conforme a lo establecido en el párrafo anterior, La Administración podrá aplicar al adjudicatario las penas pecuniarias.

El pago de la pena pecuniaria no sustituirá el resarcimiento de daños y perjuicios por incumplimiento del adjudicatario ni le eximirá de cumplir con las obligaciones contractuales, pudiendo la Administración exigir, conjuntamente, el cumplimiento de dichas obligaciones y la satisfacción de la pena pecuniaria estipulada, que se imputará a factura o fianza, sin perjuicio de que la Administración pueda optar por la resolución del contrato y la reclamación de daños y perjuicios al adjudicatario.

- ***Subcontratación.***

El contratista adjudicatario vendrá obligado a comunicar, de forma fehaciente y detallada, las subcontrataciones que pretenda efectuar para la realización de los trabajos. La subcontratación tendrá como límite el 50 por ciento (50%) del importe de adjudicación de la instalación y deberá disponer de autorización previa por escrito de la Administración.

En caso de incumplimiento la Administración podrá sancionar al contratista adjudicatario con una penalización de hasta un máximo del 50 por ciento (50%) de las partidas subcontratadas.

Sin perjuicio de lo anterior el contratista podrá subcontratar por parte o partes de la instalación a cualquiera de los subcontratistas nominados en su oferta, previa aprobación del Director de Instalación.

La subcontratación de los trabajos no implicará un cambio en la relación contractual que se mantendrá inalterada con el contratista.

- ***Plan de Seguridad y Salud.***

De acuerdo con lo previsto en el RD 1627/97, el adjudicatario, antes de la firma del Acta de Comprobación del Replanteo, propondrá a la Administración la designación de un técnico ajeno a la empresa adjudicataria, cuya función será la de Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de las instalaciones. El adjudicatario redactará, en base al Estudio o Estudio Básico del Proyecto, el Plan de Seguridad y Salud, que habrá de ser aprobado por el Coordinador citado. Todos los gastos que se deriven de estas actuaciones, incluso los honorarios del coordinador, serán de cuenta del contratista.

- ***Cesión del Contrato.***

No será posible la cesión del contrato, sin la previa autorización por escrito de la Administración.

- ***Curso de utilización del edificio.***

En las instalaciones en cuyo Proyecto así se indique, tras la recepción de la instalación, y una vez realizada las pruebas finales de las instalaciones a satisfacción de la Dirección Facultativa y el Control de Calidad, el contratista procederá a impartir el cursillo de uso del edificio a la persona o personas designadas por la Empresa.

La duración de este cursillo será como mínimo de 80 horas, de las cuales 40 se dedicarán al control automático y 40 al resto de instalaciones y elementos mecánicos que precisen accionamiento, así como la ubicación de registros, accesos y cualquier otro elemento de la edificación cuya situación deba ser conocida por el responsable del edificio para su correcto mantenimiento.

#### **3.2.4.10. Gastos, requisitos urbanísticos y acometidas de servicios**

**A)** Serán de cuenta del contratista adjudicatario los tributos de cualquier clase que graven la formalización del contrato, así como los gastos del anuncio o anuncios de la convocatoria, los gastos de ensayo exigibles en la normativa vigente.

**B)** Serán de cuenta de la Administración los trabajos de gestión y obtención de las preceptivas licencias de instalaciones, apertura o actividad, al igual que el abono de los correspondientes impuestos sobre construcciones, instalaciones y instalaciones, tasa por licencia urbanística y licencia de apertura o actividad contando, siempre que lo requiera, con la colaboración de la Administración adjudicataria de las instalaciones.

La Administración abonará la liquidación provisional del Impuesto sobre construcciones, instalaciones y instalación que el Ayuntamiento practique con motivo de la solicitud o concesión de la licencia preceptiva. La Administración adjudicataria, en su calidad de sustituto del contribuyente, se encargará de toda la

---

gestión y pagos relativos a las posteriores liquidaciones de este impuesto que haya que practicar, sin perjuicio de que posteriormente, obtenga de la Empresa el reintegro de las cantidades abonadas por este concepto. En ningún caso la Empresa asumirá el pago de intereses, recargos, sanciones o cualquier otro importe que el Ayuntamiento exija a la empresa adjudicataria por incumplir con sus obligaciones legales en esta materia.

En el caso de que, por aplicación de normativas administrativas especiales, resultasen necesarias para la obtención de las licencias de instalaciones, apertura o actividad, la redacción y tramitación de Proyectos específicos o parciales, dicha redacción y tramitación será de cuenta de la empresa adjudicataria, así como el abono de los honorarios facultativos devengados y los derechos de visado en los correspondientes Colegios Profesionales.

Cuando con independencia de las estipulaciones contenidas en el Proyecto y aún en contradicción con ellas resulte de aplicación alguna normativa especial impuesta por la Administración Pública, la empresa adjudicataria vendrá obligada a su cumplimiento.

Quedan excluidos de la norma anterior los incrementos de coste que pudieran derivarse de la aplicación de la normativa cuya fecha de entrada en vigor fuese posterior a la adjudicación de los trabajos.

C) Serán de cuenta de la empresa contratista realizar todas las gestiones necesarias para obtener todos los accesos, acometidas, permisos y dictámenes necesarios para la instalación, siendo de su cuenta el abono de los tributos y arbitrios correspondientes, así como la realización de los trabajos necesarios.

El contratista se obliga a la preparación de los preceptivos contratos con las empresas titulares de redes de suministro y saneamiento, de forma que puedan ser firmados por la Empresa con la debida antelación a la firma del Acta de Recepción de la instalación.

La falta de alguno de los documentos mencionados en el párrafo anterior, por causas imputables al contratista, se considerará como retraso a efectos de establecer las indemnizaciones por demora.

#### **3.2.4.11. Seguimiento, vigilancia y control**

En aquellos casos en que la dirección de instalación, sea realizada por personal facultativo ajeno a la Empresa, este podrá designar un equipo técnico, compuesto por un arquitecto y/o el personal técnico que fuere necesario para supervisar, vigilar, intervenir y realizar el seguimiento y control del desarrollo de la instalación en cualquiera de sus fases y momentos, arbitrando con la Dirección Facultativa las reuniones periódicas necesarias para hallarse inmediatamente informado de cuantas variaciones, modificaciones e incidencias se planteen en el curso de la dirección y ejecución de la instalación, dirimiendo los problemas técnicos que surjan.

---

## ANEXO

### *CRITERIOS PARA LA PUNTUACIÓN EN LA FASE DE ADMISIÓN INSTALACIÓN ANÁLOGA.....hasta 4 puntos*

1. Si se acredita tener ejecutada satisfactoriamente una instalación análoga a la del objeto de licitación de acuerdo con los requisitos definidos en la cláusula del Pliego, se valorará en 4 puntos. Si no es así, la puntuación se obtendrá de forma proporcional.

2. Cuando la instalación objeto de licitación supere los ..... € de presupuesto de contrata, la puntuación obtenida se ponderará en función del tipo de instalación acreditada y su similitud con la del objeto de licitación. En estos casos, cuando no se acredite haber ejecutado una instalación análoga a la del Procedimiento, se aplicará la siguiente fórmula:

CC = Puntuación correspondiente a la ejecución de instalación de carácter similar a la del Procedimiento, calculada de acuerdo con lo expuesto en el párrafo 1.

P1 = Ponderación en función de la complejidad de la instalación licitada y de la acreditada por el licitador. Se agruparán en los tipos siguientes y con el valor relativo que se indica:

- 1,2 Instalaciones complejas: universidades, palacios de congresos, hospitales.
- 1,0 Instalaciones poco complejas: viviendas, centros comerciales
- 0,6 Instalaciones de infraestructuras: carreteras, puertos.

Tanto para las instalaciones similares a la del Procedimiento, como para las demás acreditadas, se elegirá aquella que se entiende que aporta la mayor puntuación posible al licitador.

---

Cuando el licitador hubiera realizado alguna instalación de forma insatisfactoria para la Empresa durante los tres últimos años podrá reducirse de manera razonada la puntuación obtenida por este apartado hasta 0 puntos.

c 1 Puntos obtenidos :C × P

*VOLUMEN DE INSTALACIÓN*.....hasta 4 puntos

Se pretende adecuar el tamaño de la empresa adjudicataria al tamaño de la instalación, de manera que la del objeto del Procedimiento no supere el 25 por ciento del total de la media de instalación contratadas por aquella en los últimos años.

Se puntuará en función del volumen de instalación ejecutado comparándolo con la anualidad media que suponga la instalación objeto del Procedimiento. Se obtendrá la puntuación máxima si, calculando la media de los últimos cinco años, el licitador acredita tener ejecutado un volumen de instalación igual o superior a 4 veces la anualidad media de la instalación licitada.

Se obtendrán 2 puntos si el volumen acreditado es igual a 2 veces la anualidad media de la instalación objeto del Procedimiento.

Para los licitadores que se encuentren entre 2 y cuatro veces la anualidad media de la instalación, la puntuación se obtendrá proporcionalmente entre 2 y 4 puntos.

Para los licitadores que se encuentren entre 1 y 2 veces la anualidad media de la instalación, la puntuación será proporcional entre 0 y 2 puntos.

Si el volumen de instalación acreditado no se encuentra entre los límites descritos, la valoración de este apartado será nula.

Se exceptuarán aquellas instalaciones que por sus especiales características no hagan aconsejable aplicar los criterios señalados en este documento, lo que se hará constar en la convocatoria del Procedimiento.

---

En el caso de que alguno de los licitadores acumule más de un contrato con la Administración no serán de aplicación automática los criterios anteriores, debiendo de valorarse, a los efectos de asignar la puntuación correspondiente a este apartado, el número e importe de los contratos efectivamente celebrados entre el licitador y la Administración y el total de instalación contratada por aquel en los últimos cinco años.

## **4. Presupuesto**

---

**INDICE:** **Página**

---

**4. PRESUPUESTO**

4.1. MEDICIONES.....	1
4.1.1. Inversión inicial.....	1
4.1.1.1. Costes del proyecto.....	1
4.1.1.2. Coste del edificio y del terreno.....	2
4.1.1.3. Coste de maquinaria.....	3
4.1.1.4. Coste de los accesorios.....	4
4.1.2. Coste fijos.....	6
4.1.2.1. Coste de amortización.....	6
4.1.2.2. Coste de mano de obra indirecta.....	7
4.1.2.3. Coste energético.....	7
4.1.2.4. Costes generales.....	9
4.2. PRECIOS UNITARIOS.....	11
4.2.1. Costes variables.....	11
4.2.1.1. Coste de mano de obra directa.....	11
4.2.1.2. Coste de material bruto.....	11
4.2.1.3. Coste de almacén.....	11
4.2.1.4. Coste de herramientas y fluidos de mecanizado.....	12
4.3. SUMAS PARCIALES.....	13
4.4. SERVICIOS SUBCONTRATADOS.....	14
4.5. PRESUPUESTO GENERAL.....	14

## 4.1. Mediciones

### 4.1.1. Inversión inicial

#### 4.1.1.1. Coste del proyecto

El primer paso a dar para desarrollar un proyecto es estudiar la viabilidad que éste tendrá en el mercado. Este estudio se puede llevar a cabo de forma interna, aunque es recomendable contratar a alguna consultoría ya que conocerán mejor los métodos a realizar e interpretar los resultados.

Tras comprobar que el proyecto es viable, se llevan los planos del bloque motor a un estudio de ingeniería, el cual diseñará la línea de fabricación. De este estudio se sacarán las dimensiones de los factores necesarios para la puesta en marcha como son las del edificio, las instalaciones, la disposición, la localización, el dimensionamiento, etc.

Por último, con todo esto ya sacado, se lleva a un estudio de arquitectura que dará una solución física al problema.

De aquí salen los siguientes costes:

- a) Estudio del mercado: La consultoría realizará un estudio previo de *600 horas*. El equipo que realizará el estudio estará formado por un *consultor senior* y uno *junior*.

Nº	Consultor	Coste unitario hora [€]
1	Senior	100
1	Junior	60

Esto da un coste unitario por hora del equipo de proyecto de *160 €* y un coste total de *96000 €*

- 
- b) Diseño de la línea de fabricación: El estudio de ingeniería estima una duración de *1900 horas* de trabajo, con un coste por hora de *45 €/h*, lo que hace un total de **85.500 €**
- c) Diseño de las instalaciones: El estudio de arquitectura estima una duración aproximada de *400 horas* de trabajo, con un coste por hora de *40 €/h*, lo que hace un total de **16.000 €**

Todo esto hace un total de **197500 €**

#### **4.1.1.2. Coste del edificio y del terreno**

Una vez se conocen las dimensiones de la instalación, hay que decidir donde se emplazará. Este lugar ha de ser elegido según las necesidades de la fábrica, que en el caso del proyecto, se solucionarán en el polígono industrial Empresarium situado en las cercanías de Zaragoza. De aquí salen los siguientes costes:

- a) Terreno: Se comprará una superficie total de *17.000 m<sup>2</sup>*. Este tamaño solo se puede conseguir uniendo parcelas colindantes, las cuales tiene precios distintos, pero que se pueden estimar en una media de *180 €/m<sup>2</sup>* lo que da un total de **3.060.000 €**
- b) Nave de fabricación: En esta nave se incluyen las zonas necesarias para: la línea de fabricación, dos almacenes, un taller de mantenimiento, un taller para el afilado de herramientas y un laboratorio de metrología. Todo ello requerirá de una superficie de *5.000 m<sup>2</sup>* cuyo precio es de *150 €/m<sup>2</sup>*. El coste total asciende a **750.000 €**
- c) Oficinas: Se incluye en ellas un vestíbulo, recepción, cuarto de limpieza, aseos de trabajadores, comedor, baños y oficinas. Todo ello suma una superficie de *750 m<sup>2</sup>*, con un coste unitario de *525 €/m<sup>2</sup>*, con lo que el importe total es de **393.750 €**
- d) Con el resto de superficie que queda sin construir, *11.250 m<sup>2</sup>*, se acondicionarán en aparcamientos para empleados, zonas de carga y descarga, etc. El coste de acondicionarlo es de *59 €/m<sup>2</sup>* lo que supone una cantidad total de **663.750 €**

#### 4.1.1.3. Coste de maquinaria

Ya está todo preparado para escoger la maquinaria y formar la línea de fabricación. Debido a la gran cantidad de operaciones que sufre el bloque motor, y que el coste unitario de cada máquina es alto, este desembolso va a ser muy importante. A continuación se detalla una tabla resumen con el importe de cada máquina:

Concepto	Operación del proceso en que interviene	Cantidad	Importes (€)
Fresadora Rapimill 800	10 – 20 – 30	1	65.900
Fresadora HBZ 800	40 – 50 – 60	1	238.000
Lavadora	70	1	310.600
Fresadora HBZ 800	80	1	238.000
Mandrinadora Vertical	90	1	399.900
Taladradora Profunda	100	1	236.200
Fresadora HBZ 800	110 – 120	1	238.000
Fresadora Rapimill 800	130 – 140 – 150	1	65.900
Fresadora HBZ 800	160	1	238.000
Lavadora	170	1	465.600
Fresadora HBZ 800	180 – 190	1	238.000
Fresadora Rapimill 800	200	1	65.900
Transfer	210	1	555.000
Lavadora	220	1	465.600
Múltiple Neumático	230	1	182.700
Mandrinadora Vertical	240 – 250 – 260 – 270	1	340.000
Fresadora HBZ 800	280	1	238.000
Fresadora Rapimill 800	290	1	65.900
Lavadora	310	1	465.600
Robot Lineal	320 – 330	1	300.210
Microfugómetro	340	1	91.500
Bruñidora Vertical	350 – 360	1	675.560

Industrialización de un bloque motor diésel: Proceso de mecanizado

Lavado Especial	370 – 390	1	360.700
Prensa	380	1	457.200
<b>TOTAL</b>			<b>6.995.970</b>

#### 4.1.1.4. Coste de los accesorios

Se englobarán todos aquellos elementos necesarios para poder llevar a cabo la fabricación.

a) Maquinaria y transporte y herramientas: Se necesitarán dos *carretillas elevadoras* en los almacenes para poder manipular el producto fácilmente. Las máquinas deberán estar conectadas mediante *bancos de rodillos* y en toda la fábrica, ya sea la línea o los almacenes, deben de disponer de *puentes de transporte* para poder colocar la maquinaria y manipular los bloques motor.

Cada isla de control deberá disponer de los *instrumentos metrológicos* necesarios para la verificación establecida. Las máquinas deben de disponer de *utillaje* diseñado especialmente para el bloque motor.

Los almacenes tienen que tener *compartimentos apilados* que permitan distribuir el producto según esté terminado o no. Se requerirá de un *depósito de gasolina* en el que almacenar el combustible de la calefacción, una *central de procesado de taladrina* y *bidones* donde guardar la viruta colada.

También se incluirá un *coche de empresa* para poder desplazarse por los distintos locales o contactar con clientes:

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Importe [€]
Carretilla elevadora Mitsubishi	2	18.900	37.800
Bancos de rodillos	20	5.430	108.600
Puentes de transporte	5	26.530	132.650
Utillaje	21	4.300	90.300
Instrumentos de control	50	250	12.500
Compartimentos apilados	60	5.340	320.400
Depósito de gasoil	1	4.390	4.390
Contenedores	30	120	3.600
Central de taladrina	1	24.000	24.000
Citroën C6 2.7 HDI	1	59.530	59.530
		<b>Total</b>	<b>793.770</b>

- b) Mobiliario: Se incluyen todos los elementos necesarios para el desempeño del trabajo tanto en la oficina como en los talleres.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Importe [€]
Mesa oficina	12	250	3.000
Ordenadores	6	1.400	8.400
Sillas	30	20	600
Sofás	3	500	1.500
Varios no especificados	1	10.000	10.000
		<b>Total</b>	<b>23.500</b>

- c) Talleres y laboratorios: Se dispondrá además de un taller de metrología, un taller de mantenimiento y un taller de afilado de herramientas:

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Importe [€]
Taller de mantenimiento	1	230.000	230.000
Taller de afilado	1	120.000	120.000
Laboratorio de metrología	1	240.000	240.000
		<b>Total</b>	<b>590.000</b>

---

Industrialización de un bloque motor diésel: Proceso de mecanizado

- d) Coste de constitución de la Sociedad Limitada: Para que la empresa pueda empezar a funcionar necesita tener vigencia como tal, por lo tanto será necesario constituir una Sociedad Anónima, cuyo importe es de **3000 €**.

#### 4.1.2. Costes fijos

##### 4.1.2.1. Costes de amortización

Los costes de amortización anuales son los siguientes:

Concepto	Total [€]	Nº de años a amortizar	Importe [€]
Terreno	3.060.000	20	153.000
Naves	750.000	10	75.000
Oficinas	393.750	10	39.375
Acondicionamiento del terreno	663.750	10	66.375
Carretilla elevadora Mitsubishi	37.800	5	7.560
Bancos de rodillos	108.600	5	21.720
Puentes de transporte	132.650	5	26.530
Ustillaje	90.300	5	18.060
Instrumentos de control	12.500	5	2.500
Compartimentos apilados	320.400	5	64.080
Depósito de gasoil	4.390	5	878
Contenedores	3.600	5	720
Central de taladrina	24.000	5	4.800
Citroën C6 2.7 HDI	59.530	5	11.906
Mobiliario	23.500	2	11.750
Taller de mantenimiento	230.000	5	46.000
Taller de afilado	120.000	5	24.000
Laboratorio de metrología	240.000	5	48.000
Fresadora Rapimill 800	263.600	8	32.950

Industrialización de un bloque motor diésel: Proceso de mecanizado

Fresadora HBZ 800	1.428.000	8	178.500
Lavadora	1.707.400	8	213.425
Mandrinadora Vertical	739.900	8	92.487,5
Taladradora Profunda	236.200	8	29.525
Transfer	555.000	8	69.375
Múltiple Neumático	182.700	8	22.837,5
Robot Lineal	300.210	8	37.526,25
Microfugómetro	91.500	8	11.437,5
Bruñidora Vertical	675.560	8	84.445
Lavado Especial	360.700	8	45.087,5
Prensa	457.200	8	57.150
Coste del proyecto	197.500	5	39.500
<b>Total</b>			<b>1.536.500,25</b>

#### 4.1.2.2. Coste de mano de obra indirecto

Son aquellos costes producidos por la mano que no interviene directamente en la producción, sino que la apoya. Del sindicato de Metal, Energía y Químicas de Zaragoza se obtienen los siguientes costes:

Concepto	Cantidad	Sueldo [€/ h]	Total [€]
Director General	1	44,08	77,581
Ingeniería de producción	2	40,65	143,088
Control de calidad	3	40,65	214,632
Contable	1	29,44	51,814
<b>Total</b>			<b>487,115</b>

#### 4.1.2.3. Coste energético

A continuación se incluye la cantidad de energía requerida por cada máquina:

---

Industrialización de un bloque motor diésel: Proceso de mecanizado

Máquina	Número de máquinas	Total kWh
Fresadora Rapimill 800	8	112
Fresadora HBZ 800	10	185
Lavadora	4	40
Mandrinadora Vertical	5	115
Taladradora Profunda	1	23
Transfer	1	37
Robot Lineal	2	38
Microfugómetro	1	40
Bruñidora Vertical	1	23
Equipo de bombeo	1	94
<b>Total</b>		<b>707</b>

Este es el valor de la potencia total que necesitaría ser suministrada de trabajar todas las máquinas a la vez. Sin embargo esto no sucede, así que se le aplica un factor de simultaneidad de 0,75 (solo el 75% de las máquinas son usadas a la vez) resultando una potencia total de **0,53 MW**.

La tabla según ordenanza ITC/1659/2009, de 22 de junio (BOE, N° 151, de 23 de junio de 2009), muestra el precio por kWh para suministros eléctricos superiores a una potencia de 15 kW.

Nivel de consumo de referencia	Término fijo Euros / kW y mes	Término variable Euros / kWh	
Potencia, P > 15 kW Con discriminación horaria	1,8585	0,082405	Valle
		0'121359	Llano
		0,150208	Punta

Donde el intervalo horario comprendido en la clasificación: *valle, llano, punta* es:

ZONA	INVIERNO			VERANO		
	Punta	Llano	Valle	Punta	Llano	Valle
1	18_22	8_18 22_24	0_8	11_15	8_11 15_24	0_8
2	18_22	8_18 22_24	0_8	18_22	8_18 22_24	0_8
3	18_22	8_18 22_24	0_8	11_15	8_11 15_24	0_8
4	18_22	0_1 9_19 23_24	1_9	11_15	9_11 15_24 0_1	1_9

Esto da un valor anual de **356.781,38 €**

Además habrá que tener en cuenta:

Concepto	Número	kWh	€/ kWh	h / día	días /año	Importe [€]
Iluminación	200	0,10	Ver tablas	20	220	8.411
Ordenadores	6	0,48	Ver tablas	12	220	727
Aire acondicionado	15	1,4	Ver tablas	8	80	1.285
Varios sin especificar	30	1	Ver tablas	24	220	15.139
					<b>Total</b>	<b>25.561</b>

#### 4.1.2.4. Costes generales

Entre los costes generales se encuentran:

- Certificaciones ISO: Será necesaria estas certificaciones de carácter anual que son llevadas a cabo por cualquier institución asociada a AENOR. Aunque no son necesarias, muchos clientes se fijan en estos aspectos a la hora de decidir a quién contratarán; otros clientes incluso exigen tener estos certificados si quieres trabajar con ellos.
- Tratamiento de residuos: Así mismo habrá que pagar al Estado y a la empresa encargada del tratamiento una cantidad anual por los servicios prestados.

---

Industrialización de un bloque motor diésel: Proceso de mecanizado

- c) Licencias de programas: Se requerirá de la licencia de software de carácter anual a las empresas desarrolladoras. Esto es necesario ya que pasado el año muchas licencias caducan.
- d) Consumo de agua y calefacción
- e) Seguros e impuestos municipales: Aquí se englobará los seguros anuales de los empleados, instalaciones, coche de empresa, incendios e impuestos municipales.
- f) Consumo de teléfono e internet

Concepto	Precio [€]	Cantidad	Importe [€]
ISO 9001	10.000	1	10.000
ISO 14001	9.000	1	9.000
Tratamiento de residuos	8.000	1	8.000
Licencia Autocad	45.000	1	45.000
Licencia Solid Edge	32.000	1	32.000
Licencia Catia	54.000	1	54.000
Licencia Office	21.000	1	21.000
Seguros e impuestos	-	-	12.340
	<b>€/ Litro</b>	<b>Litros</b>	<b>Importe [€]</b>
Agua	0,0012	670.000	824
Gasoil (calefacción)	1.20	10.000	12.000
	<b>€/ mes</b>	<b>Meses</b>	<b>Importe [€]</b>
Teléfono e internet	130	12	1560
		<b>Total</b>	<b>205.724</b>

## 4.2. Precios unitarios

### 4.2.1. Costes variables

#### 4.2.1.1. Coste de mano de obra directa

Es la mano de obra asociada a la producción. En la siguiente tabla aparecen todos aquellos que intervienen en ella según su puesto de trabajo:

Concepto	Nº operarios	€/h	Total [€]
Producción (19 x 3 turnos)	57	25,04	2.512.012
Almacén (2 x 3 turnos)	6	11,02	116.371
Supervisor (2 x 3 turnos)	6	27,02	285.332
Líder (1 x 3 turnos)	3	32,98	174.134
Mantenimiento (1 x 3 turnos)	3	16,75	88.440
Afilado (1 x 3 turnos)	3	17,02	89.866
Metrología (1 x 3 turnos)	3	19,65	103.752
		<b>Total</b>	<b>3.369.907</b>
		<b>Por pieza</b>	<b>13,48</b>

#### 4.2.1.2. Coste de material bruto

El precio unitario del bloque motor son 84 €. Comose van a mecanizar 250.000 bloques, el total asciende a **21.000.000 €**

#### 4.2.1.3. Coste almacén

Estos costes son los relacionados con las funciones del almacén, tales como el precio de la carretilla elevadora, el de la mano de obra, la electricidad, los compartimentos apilados, etc., pero ya han sido incluidos en otros apartados por lo que no se volverán a contabilizar.

#### 4.2.1.4. Coste de herramientas y fluidos de mecanizado

Se tendrán en cuenta todas las plaquitas, machos para roscar, taladros, etc., así como la taladrina empleada para refrigerar:

Concepto	Precio unitario medio [€]	Cantidad hora	Cantidad día	Cantidad año	Importe [€]
Plaquitas (ud)	2,00	78	2.496	549.120	1.098.240
Brocas (ud)	12,00	16	384	84.480	1.013.760
Machos (ud)	16,20	6	144	31.680	513.216
Piedras de Bruñir (ud)	36,13	1	24	5.280	190.784
Taladrina (l)	0,01	1.200	28.800	6.336.000	63.360
				<b>Total</b>	<b>2.879.360</b>
				<b>Por pieza</b>	<b>19,20</b>

### 4.3. Sumas parciales

a) Inversión inicial:

Concepto	Importe [€]
Coste del proyecto	197.500
Coste del edificio y terreno	4.867.500
Coste de maquinaria	6.995.970
Coste de accesorios	1.410.270
<b>Total</b>	<b>13.471.240</b>

b) Coste fijo:

Concepto	Importe [€]
Amortización	1.536.500,25
Mano de obra indirecta	487.115
Coste energético	382.342,38
Costes generales	205.724
<b>Total</b>	<b>2.611.681,63</b>

c) Costes variables:

Concepto	Importe [€]
Mano de obra directa	3.369.907
Material bruto	21.000.000
Coste de herramientas y fluidos de mecanizado	2.879.360
<b>Total</b>	<b>27.249.267</b>

#### 4.4. Servicios subcontratados

Los servicios que se subcontratarán son los siguientes:

Concepto	Número	€/h	h/día	días/año	Importe [€]
Recepción	1	11,34	12	220	29.938
Residuos	1	14,76	8	220	25.978
Limpieza	2	9,81	12	220	51.797
Seguridad	1	26,48	24	220	139.814
<b>Total</b>					<b>247.526</b>

#### 4.5. Presupuesto general

La **inversión inicial** asociada al proyecto de industrialización de un bloque motor diésel es de **trece millones cuatrocientos setenta y un mil doscientos cuarenta euros (13.471.240 €)**.

Los **costes fijos** anuales asociados a este proyecto (incluyendo los subcontratados) son de **dos millones ochocientos cincuenta y nueve mil doscientos ocho euros (2.859.208 €)**.

Los **costes variables** anuales asociados a este proyecto son de **veintisiete millones doscientos cuarenta y nueve mil doscientos sesenta y siete euros (27.249.267 €)**.