



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Estudio de métodos y tiempos en Lingotes Especiales S.A

Autor:

Casero Palmero, Pablo María

Tutor:

Gento Municio, Ángel M

**Departamento de Ingeniería de
Organización**

Valladolid, 10 septiembre 2019

RESUMEN

El trabajo realizado dentro del grupo Lingotes recoge el estudio de métodos y tiempos en la línea de acabado de una pieza determinada de la planta de fundición de Lingotes Especiales, situada Crta/ Fuensaldaña, Valladolid.

El foco de atención puesto en la Línea de acabado, que constituye la última fase de fabricación del producto, donde nos hemos centrado en la operación de inspección de una pieza de fundición de tamaño medio para la industria de automoción.

Básicamente, es un análisis en profundidad de la metodología de trabajo llevada a cabo y, a raíz de ella, comprobar la eficacia y rapidez con que se trabaja por medio de la recogida de los tiempos de ciclo de las operaciones de cada trabajador y el establecimiento de tiempos predeterminados. El proceso seguido durante este estudio es el siguiente:

- Grabación en video de la operación y toma de tiempos por cada operario.
- Estudio de los micromovimientos y análisis de los datos.
- Obtención de tiempos de ciclo, tiempos básicos y tiempos estándares y tiempos predeterminados.
- Conclusiones de resultados, junto con observaciones del proceso.
- Propuestas de mejora del proceso e instrucción técnica del puesto de trabajo

Palabras clave: tiempo de ciclo, actividades, operarios, elementos, diagramas.

ABSTRACT

The work carried out within the special ingots group includes the study of methods and times in the finishing line of a given part of the plant of the Foundry Plant of Lingotes Especiales, located Crta / Fuensaldaña, Valladolid. The focus on the Finishing Line, which is the last phase of product manufacturing, where we have focused on the inspection operation of a medium-sized casting part for the automotive industry.

Basically, it is an in-depth analysis of the working methodology carried out and, as a result, to check the effectiveness and speed with which we work by collecting the cycle times of each worker's operations and setting predetermined times. The process followed during this study is as follows:



- Video recording of the operation and time-taking by each operator
- Study of micro-movements and analysis of data.
- Obtaining cycle times, basic times and standard times and predetermined times.
- Conclusions of results, along with observations of the process.
- Proposals for process improvement and job instructions

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
ÍNDICE.....	5
ÍNDICE DE TABLAS, ILUSTRACIONES Y GRÁFICAS.....	9
Capítulo 1 INTRODUCCIÓN.....	11
1. Motivación y justificación	11
2. Objetivo.....	11
3. Alcance:	11
4. Estructura del tema:	11
Capítulo 2 LINGOTES ESPECIALES S.A	13
1. Acerca de la compañía	13
Visión	13
Metas y Objetivos.....	13
Grupo Industrial	13
Localización de la planta de Lingotes Especiales:.....	14
Cronología.....	14
Estructura organizacional:.....	15
Instalaciones	16
2. Política de la compañía	18
Calidad.....	18
Recursos humanos.....	18
Medioambiental	18
Economía circular	19
3. Clientes.....	19
4. Productos.....	20
5. Información económica.....	21
Mercado e inversiones	21
Situación financiera:.....	22
Capítulo 3 ESTUDIO DE METODOS Y TIEMPOS	25
1. Estudio del trabajo.....	25
1.1. Enfoque del estudio del trabajo.....	26
1. Estudio del método.....	28



1.2.	Enfoque del estudio de métodos	28
1.3.	Procedimiento sistemático del estudio de métodos.....	29
1.3.1.	Selección de la tarea.....	29
1.3.2.	Toma de datos y desglose de la tarea en operaciones	30
1.3.3.	Clasificación de las operaciones	30
1.4.	Análisis de los métodos	31
1.4.1.	Técnicas de registro	31
1.4.2.	Cursogramas.....	32
1.4.2.1.	Cursograma sinóptico del proceso.....	33
1.4.2.2.	Cursograma analítico	33
1.4.3.	Diagrama bimanual.....	34
1.4.4.	Movimientos en el lugar de trabajo	36
1.4.5.	Principios de economía de los movimientos	36
1.5.	Evaluar, definir, implantar, mantener en uso.....	37
1.5.1.	Evaluar métodos.....	37
2.	Estudio del tiempo	37
2.1.	Técnicas de medición del trabajo	38
2.1.1.	Conceptos básicos	39
2.1.2.	Muestreo.....	39
2.1.3.	El estudio de tiempos cronómetro	40
2.1.3.1.	Criterios para seleccionar la tarea a estudiar	40
2.1.3.2.	Pasos a seguir en el estudio.....	40
2.1.4.	Tiempos predeterminados.....	43
2.1.4.1.	MTM-1	44
2.1.4.2.	MTM-2	45
2.1.4.3.	MODAPTS.....	45
2.1.5.	Estimación estructurada.....	46
2.1.6.	Datos históricos.....	47
2.2.	Prerrequisitos para determinar el tiempo estándar.....	47
2.2.1.	Analista capacitado.....	47
2.2.2.	Trabajador cualificado	47
2.2.3.	Responsabilidades de los encargados y sindicatos	48
2.2.4.	Ritmo y valoración del trabajo.....	48
2.2.4.1.	Escalas de valoración	49



2.2.5.	Materiales para el estudio de tiempos.....	51
2.3.	Fundamentos para la medición del trabajo	51
2.3.1.	Trabajo a realizar en la oficina: Hoja resumen	51
2.3.1.1.	Cálculo del tiempo básico.....	52
2.3.1.2.	Suplementos	52
2.3.1.3.	Tiempo estándar	54
Capítulo 4 ESTUDIO DE TIEMPOS DE LA PIEZA 720-R.....		55
1.	Antes del estudio	55
1.1.	Descomposición de la operación	56
1.1.1.	Diagrama de flujo.....	56
1.1.2.	Diagrama bimanual	56
1.2.	Señales de inicio-fin: desglose en operaciones	58
1.3.	Suplementos	59
2.	Fases el estudio de tiempos	60
2.1.	Registro de la información	60
2.2.	Recogida de datos	61
2.3.	Análisis de los datos	62
2.3.1.	Análisis I.....	62
2.3.2.	Análisis II.....	67
2.3.3.	Análisis III.....	68
2.4.	Tiempos predeterminados	70
2.4.1.	MTM-1.....	71
2.4.2.	MTM-2.....	73
2.4.3.	MODAPTS.....	75
2.5.	Observaciones.....	77
2.6.	Conclusiones	77
3.	Propuestas de mejora.....	79
3.1.	Instrucción técnica.....	80
4.	Formatos.....	80
Capítulo 5 ESTUDIO ECONÓMICO.....		83
1.	Introducción.....	83
2.	Personal de empresa.....	83
3.	Fases de desarrollo.....	84



4.	Estudio económico del estudio	84
4.1.	Horas efectivas anuales y tasas horarias de personal	84
4.2.	Cálculo de amortizaciones para los recursos empleados	85
4.3.	Coste de material consumible	86
4.4.	Costes indirectos	87
4.5.	Horas de personal dedicadas a cada fase proyecto	87
5.	Costes asignados a las fases del estudio	87
5.1.	Fase 1: Elaboración del proyecto	87
5.2.	Fase 2: Presentación del proyecto	88
5.3.	Recogida de información:	88
5.4.	Toma de datos	89
5.5.	Análisis y selección	89
5.6.	Observaciones	90
5.7.	Conclusiones	90
6.	Cálculo final de coste total	91
Capítulo 6 CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS		92
Capítulo 7 BIBLIOGRAFÍA		93

**ÍNDICE DE TABLAS, ILUSTRACIONES Y GRÁFICAS**

Tabla 2-1 Composición del Consejo de Administración	15
Tabla 2-2 Cuenta de resultados ejercicio 2018 Memoria Anual	23
Tabla 3-1 Técnicas de registro	32
Tabla 3-2 Cursograma	33
Tabla 3-3 Clasificación de los movimientos	37
Tabla 3-4 Tabla General Electric Co	42
Tabla 3-5 MTM-2 (Maynard, 2001)	45
Tabla 3-6 Escalas de Valoración	49
Tabla 3-7 Descripción de las escalas (Cruelles, 2014)	49
Tablas 3-8 Westinghouse (Criollo, 2005)	50
Tabla 3-9 Estimación porcentual de suplementos (Maynard, 2001)	53
Tabla 3-10 Suplementos (Vivar, 2007)	54
Tabla 4-1 Descomposición de los hitos de la operación por pieza buena	58
Tabla 4-2 Descomposición en hitos de la operación por pieza mala	58
Tabla 4-3 Suplementos del trabajador del puesto de trabajo	59
Tabla 4-4 Fases del estudio	60
Tabla 4-5 Desglose de las tomas de datos	61
Tabla 4-6 Resumen de la recogida de datos	61
Tabla 4-7 Recogida de datos del operario 12	62
Tabla 4-8 Análisis estadístico 1 de tiempos productivos	63
Tabla 4-9 Datos estadísticos de cada muestra	64
Tabla 4-10 Tiempos por pieza buena o mala	65
Tabla 4-11 Tiempos ociosos según fuese la pieza buena o mala	66
Tabla 4-12 Velocidad promedio de los trabajadores	67
Tabla 4-13 Valoración del ritmo de cada trabajador	68
Tabla 4-14 Desempeño de los trabajadores	68
Tabla 4-15 Tiempo básico de la muestra 1	69
Tabla 4-16 Tiempo básico por pieza buena o mala	70
Tabla 4-17 Tiempos estándar de la muestra 1	70
Tabla 4-18 MTM-1 De la operación	72
Tabla 4-19 Descripción del movimiento según MTM-2	73
Tabla 4-20 MTM-2 de la operación	74
Tabla 4-21 MODAPTS	76
Tabla 4-22 Problemas durante el estudio	77
Tabla 4-23 Resumen de tiempos productivos	78
Tabla 4-24 Resumen de tiempos improductivos	78
Tabla 4-25 Propuestas de mejora	79
Tabla 4-26 Datos de la tarea	81
Tabla 4-27 Parámetros del producto, estadísticos y técnicos	81
Tabla 4-28 Resumen de suplementos y tiempos	82
Tabla 4-29 Resumen del estudio	82
Tabla 4-30 Suplementos total por descanso	83



Tabla 5-1 Desglose de los días efectivos	85
Tabla 5-2 Semanas efectivas	85
Tabla 5-3 Costes del equipo de profesionales	85
Tabla 5-4 Amortización en Fase previa	86
Tabla 5-5 Amortización en Fase desarrollo	86
Tabla 5-6 Coste de material consumible	86
Tabla 5-7 Costes indirectos del estudio	87
Tabla 5-8 Horas dedicadas por persona al proyecto	87
Tabla 5-9 Coste asociado a la Fase 1	88
Tabla 5-10 Costes asociados a la Fase 2	88
Tabla 5-11 Costes asociados a la Fase 3	89
Tabla 5-12 Costes asociados a la Fase 4	89
Tabla 5-13 Costes asociados a la Fase 5	90
Tabla 5-14 Costes asociados a la Fase 6	90
Tabla 5-15 Costes asociados a la Fase 7	91
Tabla 5-16 Costes totales de cada fase del estudio	91
Ilustración 2-1 Ubicación del Grupo Lingotes	14
Ilustración 2-2 Localización de la Planta de Fundición de Lingotes S.A	14
Ilustración 2-3 Cronología de Lingotes Especiales	15
Ilustración 2-4 Equipo de dirección	16
Ilustración 2-5 Foso de materias primas	16
Ilustración 2-6 Áreas de la fábrica	17
Ilustración 2-7 Distribución en planta	17
Ilustración 2-8 Cartera de clientes de Lingotes en Europa	20
Ilustración 2-9 Ejemplo freno de tambor	21
Ilustración 2-10 Ejemplo de freno de disco	21
Ilustración 3-1 Contenido básico y suplementario del tiempo total (OIT, 1996)	26
Ilustración 3-2 Etapas del estudio de métodos	29
Ilustración 3-3 Cursograma sinóptico (OIT, 1996)	33
Ilustración 3-4 Cursograma analítico (OIT, 1996)	34
Ilustración 3-5 Diagrama Bimanual (OIT, 1996)	35
Ilustración 3-6 Cuadro resumen de las técnicas de medición	38
Ilustración 3-7 Esquema de división del trabajo	41
Ilustración 3-8 MTM-1 (Maynard, 2001)	44
Ilustración 3-9 División actividades MODAPTS (Criollo, 2005)	46
Ilustración 3-10 Esquema de obtención del tiempo tipo	51
Ilustración 3-11 Esquema de los tipos de suplementos (OIT, 1996)	53
Ilustración 4-1 VSM del flujo de materiales en Lingotes	55
Ilustración 4-2 Diagrama de flujo de la operación de inspección visual	56
Ilustración 4-3 Ejemplo de diagrama bimanual	57
Ilustración 4-4 Esquema de movimientos según MODAPTS	75
Ilustración 4-5 Instrucción técnica	80

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

1. Motivación y justificación

El grupo Lingotes siempre ha procurado dirigir sus sistemas producción e instalaciones hacia la vanguardia y la innovación por medio de la modernización de sus plantas y maquinaria. A lo largo de los años lo ha ido consiguiendo mediante grandes inversiones económicas y la apuesta por el capital humano de la empresa. Esta estrategia unida a un fuerte vínculo con los valores de la compañía ha permitido desarrollar su capacidad productiva e implementar mejoras en el diseño de productos añadiéndoles mayor valor añadido.

La planta de fundición se basa en líneas de producción que posibilitan la aplicación de las numerosas herramientas que nos ofrece Lean Manufacturing, lo que puede suponer mejoras que afecten de manera significativa y rentable en el modelo de producción de la compañía. De tal manera, que pueda liderar el sector por medio de productos de alta calidad a unos precios competitivos.

2. Objetivo

Pretendemos mediante este estudio de métodos y tiempos determinar el tiempo estándar y el ritmo con el que cada uno de los operarios trabaja en un determinado puesto de trabajo en el Grupo Lingotes. Estudio realizado durante el periodo de prácticas curriculares del grado de ingeniería de organización industrial 2019.

3. Alcance:

Las técnicas, los métodos y las herramientas que nos ofrece el estudio del trabajo y, en especial, el estudio de tiempos, nos permitirán obtener un análisis en profundidad de cómo es realizada la tarea y de los problemas que hayan ocurrido, además de posibles mejoras en la sección de Lingotes. Este estudio comprende:

- Filmación de la operación y análisis posterior de la toma de tiempos
- Estandarización de los tiempos observados y valoración del ritmo de trabajo
- Determinación tiempos predeterminados y comparativa
- Propuestas de mejora e instrucción técnica.

4. Estructura del tema:

Este proyecto está estructurado en 4 capítulos



- **Capítulo 1: Introducción**
Incluye a modo introductorio, las motivaciones y su justificación de por qué me he decidido a realizar este proyecto, incluyendo el alcance con sus objetivos marcados.
- **Capítulo 2: Lingotes Especiales S.L**
Breve resumen acerca de la compañía: estructura, procesos y productos llevados a cabo dentro de la misma.
- **Capítulo 3: Estudio de métodos y tiempos**
Describe y analiza el estudio del trabajo, estudio del método y el estudio del tiempo. El proceso que sigue cada uno y ejemplos utilizados para el estudio.
- **Capítulo 4: Estudio de la pieza 720-R**

Capítulo 2 LINGOTES ESPECIALES S.A

1. Acerca de la compañía

Es un grupo industrial ubicado en Valladolid, España, dedicado al diseño, desarrollo, fundición, mecanizado y montaje de piezas de hierro gris y esferoidal para componentes utilizados en las ramas de automoción, electrodomésticos y obra civil, principalmente.

Visión

“La compañía Lingotes se han propuesto ser líderes europeos en el suministro de productos, fabricados fundamentalmente en el sector de automoción, reduciendo los riesgos potenciales para empleados, clientes, usuarios y medio ambiente”.

Metas y Objetivos

Continuar con la estrategia de diversificación de productos, y de nuestra cartera de clientes.

Grupo Industrial

El grupo industrial cuenta con la empresa Lingotes Especiales S.A dedicada al suministro de piezas de hierro y con su filial Frenos y Conjuntos S.A dedicada a la mecanización de productos de hierro

Lingotes Especiales S.A:	Frenos y Conjuntos S.A
La empresa cabecera del grupo, fundada el 20 de julio de 1968, dedicada al suministro de piezas de hierro donde el cliente cuenta con una participación en el proceso fabricación y diseño de piezas sobre las cuales es posible realizar una serie de pruebas de fiabilidad pertinentes, además de mecanizado y pintado de las misma siendo unos de los fundidores de referencia en Europa	La filia propiedad al 100% de la matriz y que comenzó sus actividades en 1998 para dedicarse a la mecanización de productos de hierro, procesos de acabado, pinturas y otros añadidos a piezas destinadas a la industria de la automoción incluidas piezas de recambio originales.

Oficinas y administración

- Calle Colmenares,
Nº 5, Piso 1º
- CP 47004 Valladolid

Planta Productiva- Fundición

- Carretera
Fuensaldaña, Km2
- C.P 47009, Valladolid
(España).

Mecanizado y Montaje

- Avenida de Burgos
Nº 53
- C.P 47009, Valladolid
(España)

Ilustración 2-1 Ubicación del Grupo Lingotes

Localización de la planta de Lingotes Especiales:

La planta productiva- fundición de Lingotes se sitúa en la provincia de Valladolid, España y la dirección es Ctra. De Fuensaldaña, km 2. Los accesos que tiene la planta es a la carretera N-620 (A-62, E-80), con salida 121 (ver Ilustración 1.1)



Ilustración 2-2 Localización de la Planta de Fundición de Lingotes S.A

Cronología

La siguiente ilustración (ilustración 1.2), muestra la evolución y sus consiguientes cambios que ha sufrido la compañía Lingotes Especiales a nivel de producción e inversión.

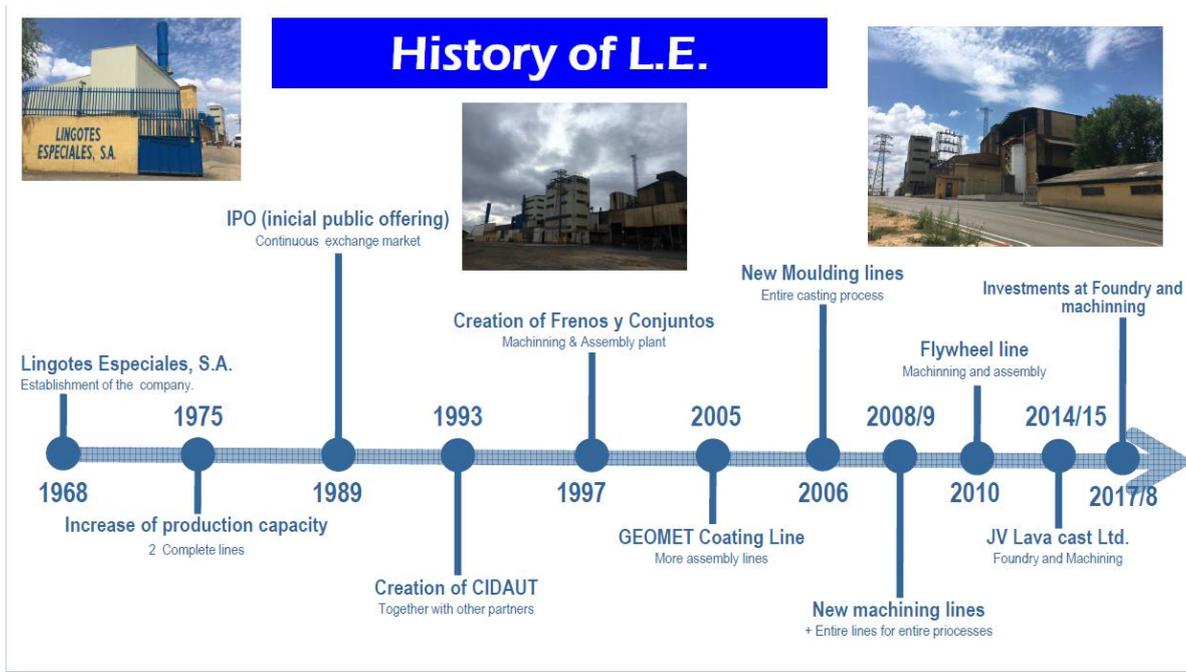


Ilustración 2-3 Cronología de Lingotes Especiales

Estructura organizacional:

- Consejo de Administración (Tabla 2.1):

PRESIDENTE	D. Vicente Garrido
Vicepresidente	D. Luis Oliveri Gandarillas
Consejero delegado	D. Félix Cano de la Fuente
Vocales	D. Didio Cuadrado García
	D. Francisco Galindo Martín
	Inmuebles y Valores Marina Hermanas. S.L
	Inversiones Fuensaldaña
	D. Ángel Mosquera Llamas
Secretario	D Vicente Garrido Martín

Tabla 2-1 Composición del Consejo de Administración

- Equipo de dirección

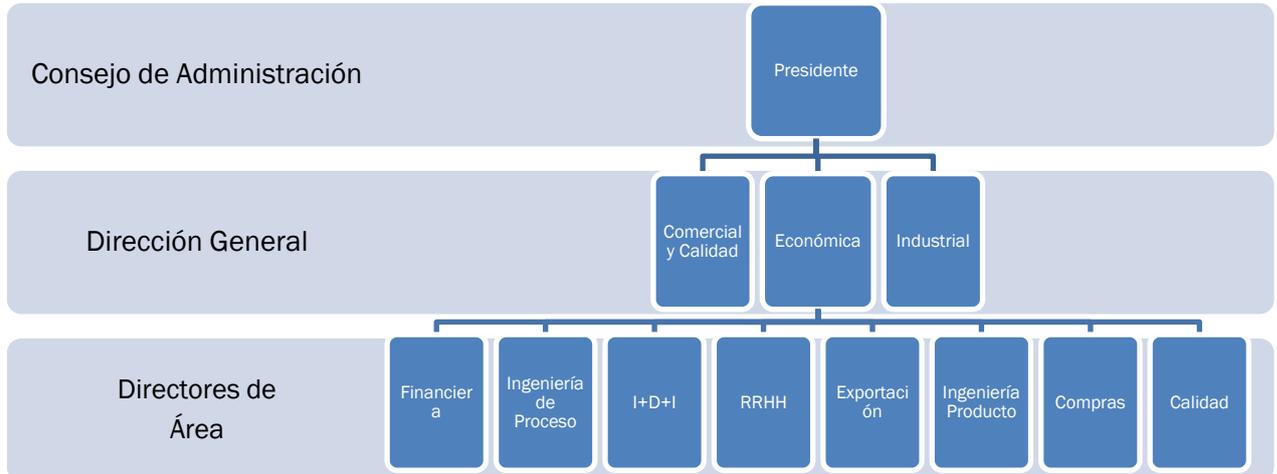


Ilustración 2-4 Equipo de dirección

Instalaciones

La compañía cuenta con instalaciones modernas y avanzados sistemas, así como hornos de inducción capaces de fundir 170000 Tm además de nuevas instalaciones de control de acabado. Dentro de las instalaciones, cuenta:

- Fosos y tanques de materia prima



Ilustración 2-5 Foso de materias primas

- Oficinas y aparcamiento
- Líneas de producción: especializadas de machos a gran volumen que permite producir piezas de gran tecnología y seguridad. Ocupan 152000 m² donde 25000 m² los ocupan los equipos de fundición más eficientes y a la vanguardia. Algunas de estas líneas son (Ilustración 2.4):
 - Líneas automáticas de desmoldeo y granallado que cuentan con sistemas de moldeo vertical DISAMATIC especializadas en medianas y grandes series
 - Líneas de colada de tipo vertical en molde de arena verde.

- Otras Líneas: de acabado, de moldes y machería



Línea de colada



Horno fundido



Línea de desmoldeo



Moldes y machería

Ilustración 2-6 Áreas de la fábrica

- Laboratorios de control de materiales
- Zonas de tratamiento de agua y de residuos.

La ilustración 1.7 así lo muestra:



Ilustración 2-7 Distribución en planta

2. Política de la compañía

Calidad

Siempre se ha tenido en cuenta al cliente, buscando su satisfacción y la eficiencia de los procesos. La calidad del producto es una estrategia para diferenciarse cumpliendo con las especificaciones del cliente y de este modo, establecer un mayor grado de fidelización con el mismo.

- Sistemas de evaluación: garantiza abastecer la alta calidad que requiere el sector de automoción.
- Homologación: permite suministrar a cualquier fabricante en cualquier parte del mundo, lo que hace que entre el 70 y el 80 % de la producción se exporte. Por ejemplo, dispone de certificados de Calidad UNE-EN-ISO 90001:2008, UNE-ISO/TS 16949:2009.

Recursos humanos

Lingotes es exigente con el cumplimiento de las medidas de seguridad dentro de todos los ámbitos de la empresa para garantizar la seguridad y salud laboral de sus trabajadores a través de la mejora continua, así como del cumplimiento de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Así lo reflejan las 5000 horas de formación en seguridad y salud impartidas en el ejercicio del 2018. También, el Grupo ha seguido fomentado la formación y de retener talento. Así mismo, le ha permitido con el paso de los años aumentar la plantilla de trabajadores dentro del Grupo (Gráfica 1.1)



Gráfica 2-1 Número de trabajadores por año Memoria Anual (2018)

Medioambiental

La empresa ostenta las autorizaciones legalmente exigidas que prestan especial atención a los posibles impactos ambientales protegiendo el ambiente y disminuyendo los riesgos. Así lo demuestran los siguientes puntos:

- Normas Internacionales ISO: ISO 14001 del Sistema de Gestión Ambiental, ISO 50001 del Sistema de Eficiencia Energética.
- Cumplimiento de la legislación: realizan estrictos controles y aseguran mantener los impactos dentro de los límites previstos
- Medidas de prevención: mediante acciones como la mejora continua, análisis y control, minimización de los riesgos ambientales.

Economía circular

Lingotes se centra en que el diseño de sus productos no genere desechos, facilitando su desmontaje y su reutilización a través del aprovechamiento de dichos residuos como recursos. Así mismo, emplea como materia prima los residuos metálicos procedentes de procesos, lo que hace un uso eficiente de los mismos.

- Valorización de residuos generados mayor del 90%: muy superiores a la media del Sector.
- Impacto positivo: visible en las cifras de negocio en términos de media anual y un ahorro de gasto de agua ya que no es necesario su uso, por lo que evita responsabilidades medioambientales sobre su utilización.

3. Clientes

Los clientes mayoritarios del grupo son los principales OEMs y proveedores de sistemas del sector del automóvil a nivel mundial. También proveen a otro tipo de mercados como el vehículo industrial y agrícola, obra civil. Cableado submarino... Siempre con el objetivo puesto en la satisfacción total del cliente.

- Localización geográfica que permite atender a los principales productores de automóviles como son Alemania, Francia, Reino Unido, Italia y España. Incluso llega alcanzar áreas como Rumanía o Marruecos.
- Capacidad de entrega de piezas para el primer equipo del automóvil que constituye el 3 % del mercado mundial en lo que a mercado de discos de freno se refiere. Dentro de su cartera de clientes más conocidos están (ver Ilustración 1.8):



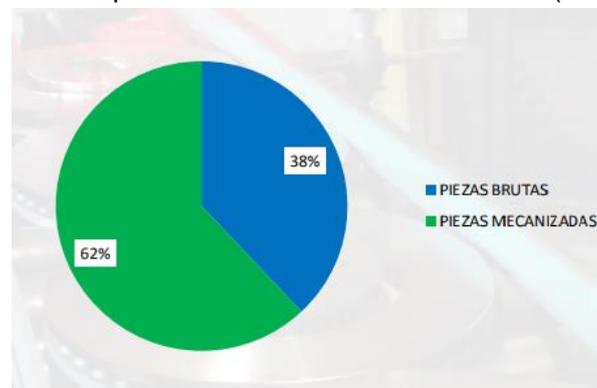
Ilustración 2-8 Cartera de clientes de Lingotes en Europa

4. Productos

La fabricación de los productos dentro de la compañía cumple con los altos estándares de calidad sobre todo a la hora de suministrar piezas directamente a grandes empresas del sector de automoción y bienes de equipo. El suministro a tiempo con la calidad requerida unido a la capacidad de innovación y competitividad de la compañía, hacen que puedan liderar el mercado en los próximos años.

Algunos datos de interés:

- La empresa produce unas 100000 Tn de piezas fundidas.
- El 90% de su producción lo dedica al sector de la automoción.
- Cifra de negocios de piezas mecanizadas es del 62% (ver Gráfica):



Gráfica 2-2 Distribución porcentual del volumen de negocio

El rango de peso de la oferta de productos de la empresa varía desde 0,1 kg a los 30 kg tanto en fundición gris como esferoidal.

Algunos de sus productos son:



Ilustración 2-9 Ejemplo freno de tambor

La gama de productos de Lingotes más famosa son los discos de freno:

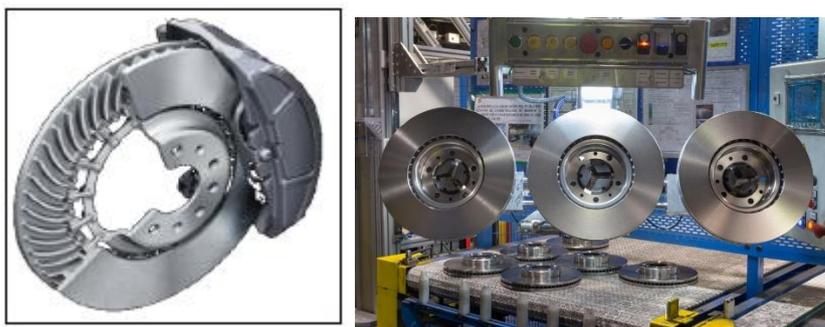


Ilustración 2-10 Ejemplo de freno de disco

5. Información económica

Mercado e inversiones

La cifra de negocio creció 11% alcanzando los 114,9 millones de euros. En Europa las ventas crecieron llegando los 15,5 millones, sin embargo, en España hubo una caída del 1% respecto al año 2017. Las exportaciones alcanzan ya cotas el 85%

Durante el ejercicio 2016, 2017y 2018 se ha apostado por la modernización de las plantas e implantación de nuevas técnicas a través de grandes inversiones, lo que ha hecho que aumente su capacidad y la introducción de nuevos productos. El Grupo ha continuado invirtiendo una media anual del

1,5% de su volumen de negocio en la innovación y desarrollo de productos y procesos. Podemos comprobar siguiente Gráfica 1.1



Gráfica 2-3 Inversiones por años

El capital Social de la empresa es de 10000000 de acciones a 1 euro el valor de cada una desde su incorporación en las Bolsas españolas en 1989. En 2012 se incorporó al índice IBEX SMALL CAP donde experimentó un reparto histórico de dividendos



Gráfica 2-4 Reparto de dividendos Memoria anual 2018

Situación financiera:

Los resultados de Lingotes a 31 de diciembre de 2018 y 2017

Estados de Situación Financiera Consolidados al 31 de diciembre de 2018 y 2017
Expresados en euros

ACTIVO				PASIVO Y PATRIMONIO NETO			
	Nota	31.12.2018	31.12.2017		Nota	31.12.2018	31.12.2017
Inmovilizado material	4	55.103.585	49.289.589	Capital	13	10.000.000	10.000.000
Inversiones inmobiliarias	5	242.381	242.381	Otras reservas	13	2.100.225	2.065.834
Activos intangibles	6	477.656	442.089	Ganancias acumuladas	13	23.154.178	21.297.031
Inversiones contabilizadas aplicando el método de la participación	8	362.043	712.043	Beneficio del ejercicio		9.199.075	8.928.575
Activos por impuestos diferidos	9	594.054	597.940	Total patrimonio neto		44.453.478	42.291.440
Activos financieros no corrientes		310	310	Pasivos financieros con entidades de crédito y financiación subvencionada	14	18.976.843	12.129.947
Total activos no corrientes		56.780.029	51.284.352	Subvenciones oficiales	15	1.183.176	1.376.465
Existencias	10	11.964.475	8.976.799	Pasivos por impuestos diferidos	9	388.333	440.145
Deudores comerciales y otras cuentas a cobrar	11	17.514.567	19.839.086	Provisiones	16	125.151	94.219
Otros activos financieros corrientes		1.931	1.931	Total pasivos no corrientes		20.673.503	14.040.776
Efectivo y otros medios líquidos equivalentes	12	6.081.280	5.138.016	Pasivos financieros con entidades de crédito y financiación subvencionada	14	4.123.362	3.714.969
Total activos corrientes		35.562.253	33.955.832	Acreedores comerciales y otras cuentas a pagar	17	22.914.847	24.875.898
				Pasivos por impuesto sobre las ganancias corrientes	9 y 17	177.092	317.101
Total activo		92.342.282	85.240.184	Total pasivos corrientes		27.215.301	28.907.968
				Total patrimonio neto y pasivo		92.342.282	85.240.184

Tabla 2-2 Cuenta de resultados ejercicio 2018 Memoria Anual

Capítulo 3 ESTUDIO DE METODOS Y TIEMPOS

1. Estudio del trabajo

En términos de productividad, el mejor instrumento eficaz del que dispone la empresa es el estudio del trabajo. Es en este punto donde se determina si el producto fabricado va a ser competitivo y afirmar si la empresa está en una posición adelantada en su línea de productos.

“El estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos u de establecer normas de rendimientos con respecto a las actividades que se están realizando” (BSI, 1991)

Se refiere a la cantidad de trabajo dedicada a un producto dado o un proceso cuya medida está en “horas de trabajo” o “horas de máquina”

- Horas de trabajo: trabajo de una persona contenida en una hora
- Horas-máquina: funcionamiento de una máquina o instalación del proceso a lo largo de una hora.

Si hablamos del contenido básico de trabajo, es el tiempo invertido en fabricar un producto o proceso, en unas condiciones teóricas perfectas donde los rendimientos son ideales. Se trataría de un tiempo mínimo imposible de reducir. En la práctica, el tiempo real invertido en una operación frente al teórico es mucho mayor dado el alto nivel de contenido de trabajo (ver Ilustración 3-1).

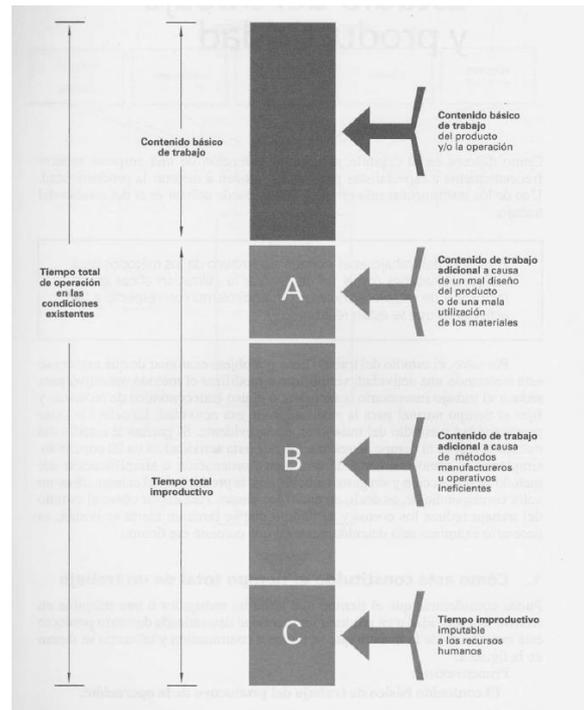


Ilustración 3-1 Contenido básico y suplementario del tiempo total (OIT, 1996)

Cabe destacar que el especialista encargado del estudio debe ser uno que reúna una serie de cualidades esenciales para el éxito.

- Instrucción: posea un título universitario como ingeniero o director de la empresa.
- Experiencia práctica: hayan ocupado uno o varios procesos de producción, para comprender lo que realmente ocurre en el puesto y las condiciones a las que se someten. Ganará el respeto de trabajadores y se adaptará a la mayoría de las industrias.
- Cualidades personales: persona dotada del don de gentes, sinceridad, honradez, entusiasmo, interés humano, tacto, buena presencia, confianza en uno mismo, etc.

Existe una estrecha vinculación entre productividad y rendimiento de un empleado con respecto al entorno donde se desarrolla la actividad. Es más, queda demostrado que a mejores condiciones mayor será la productividad de los trabajadores:

1.1. Enfoque del estudio del trabajo

El estudio del trabajo ofrece resultados debido a que funciona de manera sistemática, tanto a la hora de investigar cómo resolver problemas. Es

indispensable estudiar y observar continuamente el desarrollo de las actividades. Se requiere de tiempo y un responsable que se haga cargo para dedicarse a ello exclusivamente de manera que asesore. Lo idóneo sería un mando intermedio.

Las razones de la utilidad de dicho estudio se exponen a continuación (OIT, 1996):

- Medio que permite aumentar la productividad de una fábrica o instalación por medio de la reorganización del trabajo
- Es sistemático, lo que hace que de importancia a todo lo que pueda influir en la operación
- Es un método conocido y exacto para implantar normas de rendimiento, además de garantizar la mejora de la seguridad y condiciones de trabajo.
- Es uno de los instrumentos de investigación con mayor enfoque en profundidad del que dispone la dirección.
- Supone un coste mínimo y sencillo a la hora de aplicarlo

Comprende dos técnicas del estudio del trabajo que son, a su vez, complementarias:

- ⊗ **Medición del trabajo:** conjunto de técnicas aplicadas para determinar el tiempo de trabajo que dedica un trabajador cualificado durante la realización de una tarea de acuerdo con unas normas y rendimientos fijados
- ⊗ **Estudio de métodos:** consiste en el registro y análisis crítico sistemático de cómo se realizan las actividades con el objetivo de implantar mejoras.

Estas dos técnicas están vinculadas entre sí. El estudio de métodos se relaciona con la disminución del contenido de trabajo mientras que la medición de tiempos se relaciona con la investigación de tiempos improductivos y las correspondientes normas de tiempo asociadas con el estudio, de tal manera que la operación quede mejorada.

Para ello es preciso analizar y examinar por dentro el proceso en la línea. Para ello se divide el estudio en distintas etapas:

1. **Seleccionar** el trabajo o proceso a estudiar.
2. **Registrar** información a través de la recopilación de datos mediante técnicas más apropiadas o la observación directa.
3. **Examinar** en profundidad el procedimiento a seguir con espíritu crítico según sea el propósito de la actividad; el lugar donde se realiza; el orden de ejecución seguido; quien es el responsable, y los medios utilizados.

4. **Establecer** nuevos métodos utilizando técnicas de gestión diversas mediante la aportación de interesados como pueden ser: supervisores, trabajadores y otro tipo de especialistas.
5. **Evaluar** los resultados que ofrecen las distintas soluciones en comparación con la cantidad de trabajo necesaria y de este modo, un tiempo tipo
6. **Determinar** los nuevos métodos e ilustrarlos de manera oral o escrito
7. **Implantar** dichos métodos y formar al personal interesado
8. **Mantener y establecer** procedimientos de control por medio de la aplicación de la nueva norma y comparando los resultados con los objetivos.

Las etapas 1, 2, 3 se utilizan tanto para el estudio de métodos como para la medición de tiempos. No ocurre lo mismo en las etapas 4 y 5; la 4 para estudio de métodos, mientras que la 5 para la medición de tiempos.

1. Estudio del método

1.2. Enfoque del estudio de métodos

La ingeniería de métodos requiere estructurar el trabajo de análisis en dos partes. Primero, el ingeniero de métodos será el encargado de idear y preparar los centros de trabajo donde se esté fabricando el producto. Segundo, se procederá al estudio continuo de cada centro de trabajo para tratar de encontrar una mejor manera de elaborar el producto.

La definición del estudio de métodos es:

“Es el registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras, con el fin de efectuar mejoras” (BSI, 1991).

El enfoque del estudio de métodos sigue ocho etapas o pasos del mismo modo que el estudio de trabajo (Ilustración 3.2):



Ilustración 3-2 Etapas del estudio de métodos

Se trata de un estudio y análisis del modo de cómo ejecutar las operaciones en el proceso con el objetivo de mejorar en eficacia y eficiencia de acuerdo a unos términos calidad, ergonomía y seguridad laboral. Mas adelante trataremos de analizar cada una de las etapas.

1.3. Procedimiento sistemático del estudio de métodos

En este capítulo desarrollaremos los pasos a seguir punto por punto fundamentales para que el estudio de métodos sea correcto (OIT, 1996) (Cruelles, 2014).

1.3.1. Selección de la tarea

Con la idea de mejorar la tarea realizada dentro del entorno de trabajo se busca el método de trabajo que lo haría más eficiente. El analista debe concentrar la atención en algunas tareas para la consecución de grandes resultados en un breve periodo de tiempo.

Algunas son:

- Consideraciones económicas: El peso de la tarea en el proceso productivo es considerado un factor de gran importancia económica.
- Consideraciones técnicas o tecnológicas: actividades donde el trabajo realizado resulte repetitivo y necesiten de mucha mano de obra.
- Consideraciones humanas: el analista o especialista comenzará por aquellas actividades que generen absentismo, lesiones o baja motivación.

- Otras consideraciones: el coeficiente de despilfarro por método cuantifica la cantidad de despilfarro respecto al mejor tiempo estándar. Se realizará a través de la valoración de las estimaciones y muestreos. La fórmula que emplearíamos sería:

$$CdM = 1 + \frac{\sum \text{Tiempo de operaciones de NVA}}{\text{Mejor Tiempo Estandar}}$$

Dicho coeficiente debe tender a 1, por lo que todo lo que esté por encima de 1 denota la cantidad de despilfarro actual por método, es decir, la mejora potencial. Cuanto mayor sea el coeficiente de despilfarro por método, más fácil resultará mejorarla.

1.3.2. Toma de datos y desglose de la tarea en operaciones

Se describirán una serie de pautas que el especialista deberá seguir a la hora de subdividir la tarea en operaciones.

- I. Determinar las operaciones de las que está compuesta la tarea antes de comenzar con el estudio y tras haber observado al operario durante varios ciclos de trabajo.
- II. Diferenciar las operaciones manuales de las que se realizan con máquinas. En toda actividad manual es posible reducir el tiempo de ejecución dado que es el operario quien lo maneja.
- III. Las operaciones manuales de máquina parada y los de máquina en marcha han de ser diferenciados entre sí. Mientras que las operaciones manuales efectuadas sobre la máquina estando parada afectan a la duración del ciclo de trabajo, las operaciones manuales sobre la máquina en funcionamiento no cambian la duración del ciclo.
- IV. Separar las operaciones que impliquen distinto esfuerzo unas de otras, con el objetivo de ayudar en el trabajo del analista a lo largo del estudio que esté realizando, que determinará el tiempo estándar de ejecución de la tarea con sus correspondientes coeficientes por fatiga aplicados.
- V. Identificar las operaciones de modo que faciliten la identificación de estos mediante la acotación de las operaciones.
- VI. Comprender en intervalos de 8-100 segundos la duración de las operaciones

1.3.3. Clasificación de las operaciones

En base a los siguientes principios los podemos clasificar:

Según el ciclo de trabajo

- Regulares: la frecuencia de aparición de los elementos en cada ciclo es constante y regular

- Irregulares: son operaciones necesarias que no suceden todos los ciclos ni de manera periódica.
- De frecuencia: son operaciones que no suceden todos los ciclos, pero si aparecen de manera regular o periódica.
- Extraños: son elementos que son prescindibles para el ciclo, pero que suceden.

Según el ejecutante

- Los elementos manuales pueden ser libres o con máquina. Los libres son realizados con la intervención del operario y cuya duración depende de la actividad del operario. Estos elementos deben estar bien claros para no cometer error alguno.
- Los elementos de máquina son elementos de trabajo realizados mismamente por la máquina. Se dividen en aquellos con máquina manual o máquina de avance manual.

Según la tipología de la operación

- Operaciones de valor añadido: son las operaciones necesarias para cumplir con las especificaciones de un producto y transformarlo.
- Desplazamiento del operario: cuando se desplaza un operario mientras realiza la operación dentro de su lugar de trabajo.
- Almacenamiento de un objeto: cuando el operario realiza la operación de almacenaje
- Demora o espera: el operario dedica su tiempo a esperar
- Inspección: no afecta a la transformación del material en producto.
- Inspección-operación: inspección necesaria según se especifica en el producto.
- Búsquedas: ocurren cuando el operario tiene que buscar materiales o herramientas.
- Operaciones eliminables: operaciones que no deberían completarse y por ello, suprimirlas.

1.4. Análisis de los métodos

Una vez definidos los pasos a seguir, se procederá a un análisis crítico y sistemático del método actual, en la que se muestran las deficiencias existentes en el proceso de trabajo, así como las posibles mejoras aplicables al método (Cruelles, 2014) (OIT, 1996).

1.4.1. Técnicas de registro

En los siguientes capítulos se comentarán algunas de las diferentes técnicas de registro. Las operaciones o procesos deben ser descritas de tal modo que

la información que obtengamos de los mismos sea detallada y precisa, y a su vez resulte fácil de comprender para todo interesado (Tabla 3.1):

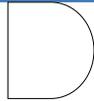
Gráficos	Sucesión de hechos en el orden que ocurren sin escalas de tiempo	Cursograma sinóptico del proceso
		Cursograma analítico del operario
		Cursograma analítico del material
		Cursograma analítico del equipo o maquinaria
		Diagrama bimanual
		Cursograma administrativo
	Sucesión de hechos en el orden que ocurren con escalas de tiempo	Diagrama de actividades múltiples
	Sinograma	
Diagramas	Indicar el movimiento e interrelaciones entre las mismas con mayor claridad	Diagrama de recorrido
		Diagrama de hilos
		Ciclograma
		Cronociclograma
		Gráfico de trayectoria

Tabla 3-1 Técnicas de registro

1.4.2. Cursogramas

El uso de este tipo de gráficos por medio de símbolos facilita la representación de todas las actividades que pueda haber dentro de la fábrica. Es una técnica bastante cómoda y ayuda a visualizar todo lo que ocurra en el proceso de estudio (Tabla 3-2). Las dos actividades clave de un proceso son la operación y la inspección.

	Operación	Muestra las principales fases que suceden en el proceso o método. El objeto o producto en cuestión puede verse modificado durante la operación.
	Inspección	Señala si se produce la inspección de calidad o verificación. Simplemente comprueba calidad y cantidad de esta
	Transporte	Registra los movimientos de trabajadores, materiales y equipo de un sitio a otro. No obstante, no hay transporte si el traslado o movimiento del objeto es parte de la operación.
	Depósito o demora	indica la demora ocasionada a lo largo del desarrollo del trabajo.



Almacenamiento establece que el depósito de un objeto está bajo vigilancia en un almacén guardado con fines de referencia.

Tabla 3-2 Cursograma

Puede sucederse que dos actividades se den al unísono ya sea porque se trate del mismo operario en el mismo puesto de trabajo o que se estén realizando al mismo tiempo.

1.4.2.1. Cursograma sinóptico del proceso

Diagrama que ilustra las principales operaciones e inspecciones a través de un cuadro general.

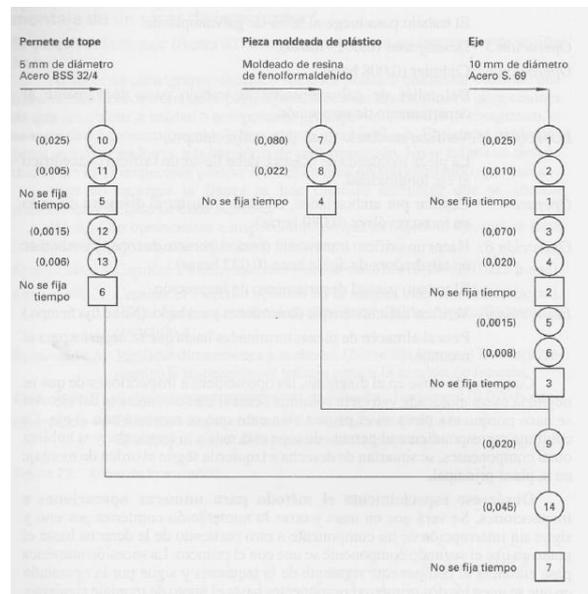


Ilustración 3-3 Cursograma sinóptico (OIT, 1996)

1.4.2.2. Cursograma analítico

Diagrama que presenta la trayectoria de un procedimiento o producto registrando todo hecho sujeto a examen mediante el uso de símbolos. Según se corresponda deberá utilizarse unos u otros símbolos: cursograma de operario, de material, de equipo (Ilustración 3-4)

- Espacio disponible para: parte superior para información, croquis del lugar de trabajo, movimiento de las manos, resumen movimientos y análisis de tiempo

Para el contenido y composición del diagrama:

- Observar el ciclo de las operaciones varias veces antes de empezar a tomar notas.
- Registrar una sola mano cada vez
- Registrar unos pocos símbolos cada vez.
- Empezar con la mano que coge la pieza de partida o por la que más trabajo tenga.
- Anotar las acciones en el mismo renglón sólo y en caso de que trabajen al mismo tiempo.
- La sucesión de actividades debe mostrarse en renglones o alturas distintas.

Díagrama bimanual		Diagrama núm. 7		Hoja núm. 1 de 1		Disposición del lugar de trabajo	
Dibujo y pieza: Tubo de vidrio de 3 mm de diám. y 1 m de long.				Método original			
Operación: Cortar trozos de 1,5 cm							
Lugar: Talleres generales				Tubo de vidrio			
Operario:				Plantilla			
Compuesto por:				Fecha:			
Descripción mano izquierda	□	□	□	□	□	□	Descripción mano derecha
Sostiene tubo							Recoge lima
Hasta plantilla							Sostiene lima
Mete tubo en plantilla							Lleva lima hasta tubo
Empuja hasta fondo							Sostiene lima
Sostiene tubo							Mueca tubo con lima
Retira un poco tubo							Sostiene lima
Hace girar tubo 120°/180°							Sostiene lima
Empuja hasta fondo							Acerca lima a tubo
Sostiene tubo							Mueca tubo
Retira tubo							Pone lima en mesa
Pasa tubo a la derecha							Va hasta tubo
Dobla tubo para partirlo							Dobla tubo
Sostiene tubo							Suelta trozo cortado
Corre a otra parte de tubo							Va hasta lima
Resumen							
Método	Actual		Propuesto				
	Izq.	Der.	Izq.	Der.			
Operaciones	8	5					
Transportes	2	5					
Esperas	-	-					
Sostenimientos	4	4					
Inspecciones	-	-					
Totales	14	14					

Ilustración 3-5 Diagrama Bimanual (OIT, 1996)

1.4.4. Movimientos en el lugar de trabajo

Consiste en el estudio del operario en su lugar de trabajo, cuidando cumplir con los principios seguidos en los anteriores casos y siguiendo los mismos pasos. Dividimos el estudio de movimientos en dos: el estudio visual de movimientos y el estudio de micromovimientos. El primero se aplica con mayor amplitud, puesto que la actividad no necesita justificación económica alguna de su empleo mientras que el segundo, comprende la observación cuidadosa de la operación y la elaboración de un diagrama del proceso del operario.

En cuanto al estudio de micromovimientos sabemos:

- Consiste en filmar al operario cuyas operaciones son de ciclo muy corto y se repiten muchas veces. El objetivo principal es analizar en detalle toda la operación para ver si es posible ahorrar movimientos y establecer un orden de modo que el trabajador pueda desarrollar su tarea sin sufrir fatiga alguna o simplemente ahorrar esfuerzos. El estudio de los micromovimientos, pese a su alto coste, es de gran utilidad en casos de trabajos de mucha actividad de larga duración y muy repetitivos.
- El video presenta una serie de ventajas frente a la observación directa, dado que proporciona una documentación más detallada de todo lo sucedido. Otra opción son las películas.

1.4.5. Principios de economía de los movimientos

Frank Gilbert fue creador del estudio de movimientos y el primero en ponerlos en práctica. Son fundamentales para mejorar la eficacia y reducir la fatiga del trabajo. Frank denominó “therblig” a cada uno de los movimientos ejecutado por las manos del operario, y concluyó que toda operación se divide en 17 divisiones básicas.

Se clasifican en tres grupos:

- A. Utilización del cuerpo humano:
- B. Distribución del lugar de trabajo
- C. Modelo de las máquina y herramientas:

Se organizan según sea la clase, el punto de apoyo y la parte del cuerpo que implica (Tabla 3-3):

Clase	Punto de apoyo	Partes del cuerpo
1	Nudillos	Dedo
2	Muñeca	Mano y dedos
3	Codo	Antebrazo, mano y dedos
4	Hombro	Brazo, antebrazo, mano y dedos
5	Tronco	Torso, brazo, antebrazo, mano y dedos

Tabla 3-3 Clasificación de los movimientos

1.5. Evaluar, definir, implantar, mantener en uso

A continuación, se habla de la etapa de elaboración del estudio de métodos de donde saldrán propuestas, sugerencias de cambio sobre la forma de trabajo que estamos estudiando (Cruelles, 2014) (OIT, 1996)

1.5.1. Evaluar métodos

En esta parte del estudio de métodos se hacen propuestas de cambio que implican la adopción de medidas que afectan al método definido o la presentación de nuevos métodos. Es de vital importancia que el especialista encargado del estudio prepare un análisis costo-beneficio sobre los nuevos métodos propuestos, así como incluir factores cualitativos en la evaluación final.

2. Estudio del tiempo

En esta parte, es necesario establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea en concreto, fundamentada en la medición del contenido de trabajo procedente del método sustituido y considerando las fatigas, demoras y retrasos inevitables. El analista de estudios de tiempos es quien deberá emplear las distintas técnicas para establecer un estándar: estudio cronometrado de tiempos, muestreo del trabajo, datos estándares, datos de movimientos fundamentales, etc.

La definición de la medición del trabajo es

“Es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida” (BSI, 1991)

La parte con mayor importancia, más aún que analizar las causas acerca del tiempo improductivo, es fijar los tiempos convenientes o tipo. Se mantendrán de esta forma mientras vaya desarrollándose el trabajo objeto de estudio y permitirá detectar el tiempo improductivo ocasionado después de fijar los tiempos tipo.

El establecer los tiempos fijos necesita del empleo de la medición de tiempos para:

- Ver si la eficacia de un método es mejor con respecto a otros y comprobar cual conlleva menos tiempo
- Distribuir el reparto de trabajo entre los equipos por medio de diagramas de actividades múltiples de tal modo que las tareas asignadas por cada uno supongan la misma duración de tiempo para todos
- Acordar el número de operarios por cada máquina a través de los diagramas de actividades múltiples.

Habiendo ya obtenidos los tiempos fijos, deberán utilizarse para:

- Procesar la información para establecer el programa de producción con datos sobre los equipos y operarios necesarios dentro de lo que el plan de trabajo demande, aprovechando la capacidad de producción.
- Obtener toda información relativa a presupuestos, ofertas, precios de ventas y plazos de entrega.
- Implantar una normativa de uso acerca de la maquinaria y la labor de la mano de obra que deban desempeñar como instrumento base de sistemas de incentivos.

2.1. Técnicas de medición del trabajo

Las técnicas más empleadas para las mediciones del trabajo se resumen en el siguiente cuadro (Neira, 2006) (OIT, 1996)

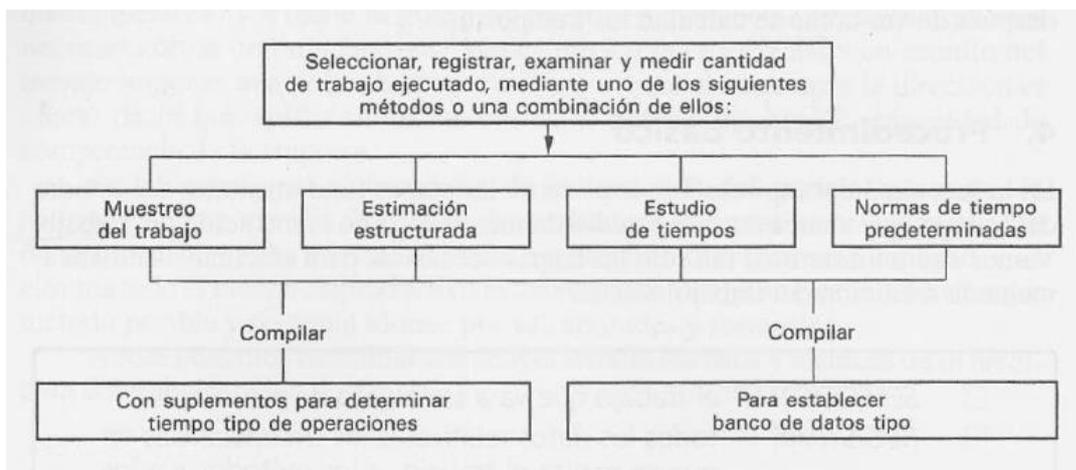


Ilustración 3-6 Cuadro resumen de las técnicas de medición

2.1.1. Conceptos básicos

Es un procedimiento cuyo objetivo busca calcular el tiempo tipo o estándar empleado en calcular el tiempo de ejecución de una tarea. Es necesario citar una serie de definiciones sobre conceptos básicos:

- Tiempo reloj (**TR**): es el tiempo invertido por el operario en realizar la tarea encomendada y, al mismo momento, es medida por un cronómetro. No se tiene en cuenta los tiempos de descanso o por fatiga del operario.
- Factor de ritmo o actividad (**FR**): término utilizado para corregir las diferencias que existan entre trabajadores más rápidos o más lentos. Se calcula al comparar el ritmo de uno cualquiera con el de un trabajador cualificado.
- Tiempo normal (**TN**): tiempo registrado por el cronómetro que un operario capacitado a ritmo normal realizaría una tarea.

$$TN = TR \times FR$$

- Suplemento de trabajo (**K**): periodos de inactividad donde el operario descansa fundamental para recuperarse de la fatiga y atender a necesidades personales. La valorización, en porcentaje, de estos periodos se acuerda según las características del trabajador y de la tarea.

$$\text{Suplementos} = TN \times K$$

- Tiempo estándar (**TP**): el tiempo que un trabajador cualificado y motivado necesita para realizar la tarea a ritmo normal, habiendo realizado los descansos correspondientes para recuperarse de la fatiga.

2.1.2. Muestreo

Es conocida de muchas maneras como: muestreo de actividades, método de observaciones instantáneas o aleatorias y control estadístico de actividades. Esta técnica se basa en que las observaciones deben ser efectuadas al azar sobre una muestra lo suficientemente grande si queremos extraer u obtener una probabilidad buena y, de esta manera, reflejar una situación lo más próxima a la realidad. Dependerá en gran medida del tamaño de muestra escogido. Siguiendo Técnicas de Medición de (Neira, 2006) deberemos de hacer uso del reloj registrador para ver cuándo empieza y termina la tarea en horas.

Tiempo estándar se obtendrá del siguiente modo:

$$Tp = \frac{TE \times p \times FR(1 - K)}{n}$$

Donde:

TE: tiempo empleado. Es la diferencia entre los tiempos de inicio y fin de la tarea en un puesto concreto tras haber producido n piezas.

p: porcentaje promedio del trabajo realizado por el operario y comprobando en cada puesto si el trabajador está parado o no.

2.1.3. El estudio de tiempos cronómetro

El estudio de tiempos el sistema de mayor utilidad en la industria para obtener el tiempo de trabajo. Se debe calcular (Neira, 2006):

- El tiempo medido con el cronómetro
- Factor de ritmo
- Tiempo normal
- Suplementos

2.1.3.1. Criterios para seleccionar la tarea a estudiar

Lo primero que se realizará es conocer el motivo por el que tenemos que elegir la actividad. Algunos de esos motivos pueden ser los siguientes: una tarea nueva, el cambio de método de trabajo, bajo rendimiento, retrasos por cuellos de botellas, tiempo estándar requerido, análisis de costos...etc.

El proceso que conlleva modificar los tiempos asignados puede traer consigo trabas o dificultades por lo que es preferible empezar por las menos difíciles y posteriormente con las más conflictivas.

2.1.3.2. Pasos a seguir en el estudio

Habiendo elegido ya la tarea, el estudio prosigue de la siguiente manera:

1. Obtener y registrar toda la información

Incluir información acerca de:

- Relativa a: condiciones, máquinas, herramientas, plantillas, materiales, operaciones,
- nombre del operario e información del mismo,
- fechas y nombre del analista

Sin olvidar la necesidad de identificar adecuadamente las materias primas, además de describir el desarrollo completo de la operación. Todo esto perfectamente reflejado en el formulario con todos los datos para su correcta identificación.

2. Describir la operación en elementos

Debe incluirse un esquema de la zona de trabajo donde se incluyan todo tipo de detalles que afecten al método. Con el fin de tener una visión amplia del

conjunto de actividades que influyen en el desarrollo del trabajo, mostramos el siguiente esquema (Ilustración 3-7):

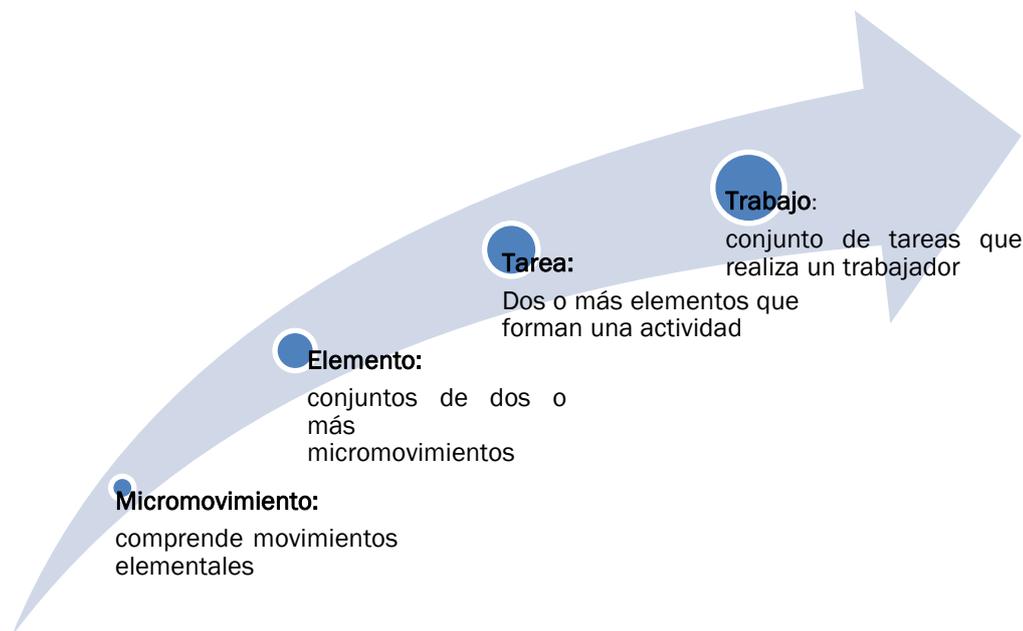


Ilustración 3-7 Esquema de división del trabajo

3. Dividiremos la operación en elementos (Neira, 2006):

“Un elemento es cada parte en que dividimos el trabajo a medir, debiendo tener un inicio y un momento final claramente definidos”.

“Un ciclo es un conjunto de elementos ordenados que conforman una tarea, comienza al inicio del primer elemento de la operación y finaliza en el punto en que se repite el primer elemento”.

Ya clasificamos las operaciones en el apartado 1.33.

Una nota muy importante para el analista cuando observa el trabajo durante varios ciclos es que deberá dividirla en elementos si el ciclo llega a durar más de 30 min.

Al dividir la operación en elementos, debe atenderse a los siguientes puntos (Neira, 2006):

- Una condición necesaria es que el principio y el final estén perfectamente definidos para medir con exactitud. Las pautas para determinar cuándo empieza o termina los elementos podrán emplearse mediante sentido visual como auditivo.

- La división de los elementos deberá hacerse en partes muy pequeñas en los que la duración de las mismas esté comprendida entre los 2,4 seg a los 21 seg.
- Seleccionar elementos fáciles de cronometrar con certeza y que sean fundamentales para la medición.
- La descripción de cada uno de los componentes de la operación se ha de hacer con precisión e identificar con facilidad cuando termina uno y empieza otro o el denominado “punto terminal”.
- No es necesario describir un elemento repetido, pero si indicar el momento en que apareció por primera vez.

4. Determinar el número de observaciones para cada elemento:

No es posible emplear únicamente métodos estadísticos para obtener el número de observaciones, dado que se necesita de un tamaño de muestra establecido por la General Electric Co (Tabla 3-4):

Tiempo de ciclo (minutos)	Número de ciclos a observar
0,10	200
0,25	100
0,5	60
0,75	40
1	30
2	20
2-5	15
5-10	10
10-20	8
20-40	5
40-	3

Tabla 3-4 Tabla General Electric Co

Bien puede determinar el número de ciclos a través de métodos estadísticos.

5. Toma de tiempos con cronómetro

Hay dos maneras de realizar la toma de tiempos con cronómetro:

- Método con vuelta cero:
Consiste en anotar cada tiempo del elemento y se vuelve a poner a cero el cronómetro para continuar con el siguiente elemento y así sucesivamente.
Los tiempos de punteo son los anotados tras el cronometraje y la suma de tiempo de todos los elementos junto con los improductivos

obtenemos el tiempo registrado. Este tiempo deberá ser igual al registrado, que es el resultado de restar la hora anotada de inicio y final. Si el error es de más del 2%, el estudio se anula. Este procedimiento no obliga a tomar retrasos.

- Método acumulativo o continuo:
Se van registrando los tiempos mientras el cronómetro sigue en funcionamiento desde el comienzo del primer elemento y solo se para al final del estudio. Dicho método es recomendable porque registra un periodo completo de observación del proceso.

2.1.4. Tiempos predeterminados

Un sistema de tiempos predeterminado, por definición, es *“un cuerpo organizado de información, procedimientos, técnicas y tiempos de movimiento empleado en el estudio y evaluación de los elementos del trabajo manual. El sistema se expresa en términos de movimientos empleados, su naturaleza general y específica, las condiciones en las que ocurren y sus tiempos de rendimientos determinados con anterioridad”* (ANSI, 1966).

Existen diferencias a la hora de adoptar criterios para la clasificación de los movimientos. Relacionada con (Maynard, 2001).

- El objeto: hace referencia a las características de la pieza o a la naturaleza de las condiciones del entorno.
- El comportamiento: según el punto de vista del observador.

También, podrán clasificarse de acuerdo con:

- El movimiento: sistemas basados en movimientos básicos; elementos que no pueden dividirse.
- La acción: sistemas que combinan los movimientos básicos con acciones.
- La actividad: recogen elementos que son fruto de la combinación de movimientos básicos.

Los beneficios y limitaciones que presentan este tipo de sistemas:

1. Los movimientos deben identificarse, dado que antes debe realizarse un análisis del método para fijar el estándar.
2. Los sistemas predeterminados no requieren de la evaluación del rendimiento por parte del analista y de esta manera, se evita la subjetividad del proceso.
3. El analista puede desarrollar su trabajo incluso si se está planificando la tarea, es decir, establecer estándares mientras se haga el método de observación directa.
4. Estos sistemas aportan información sobre el tiempo de aprendizaje.

Las tareas se descomponen en elementos que constituyen micromovimientos medidos en la unidad de tiempo denominada UMT. (Neira, 2006)

Equivalencia:

$$1 \text{ UMT} = 0,00001 \text{ horas} = 0,0006 \text{ minutos} = 0,036 \text{ segundos}$$

Los tiempos predeterminados están basados en analizar movimientos en el análisis de movimientos humanos básicos que conforman el ciclo a medir y cuyos valores se encuentran fijados en tablas. La diferencia entre los distintos sistemas está en la clasificación de los elementos que son parte del ciclo de trabajo. Los más conocidos son:

- MTM (Methods Time Measurement) y derivados como MTM-1 o MTM-2
- MTMA (Motion Time Analysis)
- WORK FACTOR
- BMT (Basic Motion Time)
- DMT (Dimension Motion Time)
- MODAPTS

A lo largo del estudio se ha empleado algunos de estos ejemplos que explico con más atención:

2.1.4.1. MTM-1

Es el sistema de calificación del rendimiento más publicitado y utilizado. Está basado en cuatro factores: habilidad, esfuerzo, regularidad y rendimiento. Maynard y asociados realizaron estudios acerca de los micromovimientos para el plantear sus elementos y tiempos estándares. Es un procedimiento que analiza la operación al desglosar los movimientos básicos necesarios para su realización, asignándoles a cada uno un tiempo estándar predeterminado fundamentado en su naturaleza y las condiciones que se llevan a cabo (ver Ilustración 3-8).

The image shows a collection of tables from the MTM-1 system, detailing pre-determined motion times for various tasks. The tables are organized into several columns and rows, with headings such as 'TABLA I - MOVIMIENTOS', 'TABLA II - CARRAS', 'TABLA III - CARRAS CON CARGA', 'TABLA IV - APUNTAJE', 'TABLA V - APUNTAJE CON CARGA', 'TABLA VI - LECTURA', 'TABLA VII - TRAZADO', 'TABLA VIII - ADIF', 'TABLA IX - SERVICIO', and 'TABLA X - REGISTRO DEL TIEMPO DE UNIDAD DE TIEMPO'. Each table contains numerical data representing time values for different task categories and conditions.

Ilustración 3-8 MTM-1 (Maynard, 2001)

2.1.4.2. MTM-2

La MTM (Asociation for Standards and Research) diseño el MTM-2 para cumplir con los requerimientos no necesarios como la alta precisión ofrece la MTM-1. MTM-2 es de utilidad para el análisis y estudio de métodos, mediciones y cálculos. Consta de nueve elementos (Tabla 3-5):

Obtener	Movimiento cuyo principal propósito es alcanzar un objeto con la mano o dedos, asir el objeto y luego soltarlo. Sujeto a tres variables: <ul style="list-style-type: none">- Naturaleza del movimiento- Distancia alcanzada- Peso objeto
Poner	Movimiento empleado con la intención de trasladar un objeto con las manos o dedos de un lugar a otro Depende de variables como: <ul style="list-style-type: none">- Naturaleza de los movimientos- Distancia recorrida- Peso del objeto tomado
Aplicar presión	Cuando se ejerce una fuerza muscular sobre el objeto
Volver asir	Asir el objeto de manera diferente
Acción ocular	Utiliza al fijar la vista en un objeto o cambiar el campo de visión
Girar manivela	El objeto movido por los dedos o la mano realiza una trayectoria circular
Paso	Movimientos de piernas o de pies cuando la distancia es mayor de 30 cm
Movimiento de pies	Movimiento corto de pies sin el propósito de trasladar el cuerpo
Inclinarse y levantarse	Cuando se agacha o arrodilla sobre una rodilla y luego se levanta

Tabla 3-5 MTM-2 (Maynard, 2001)

A modo resumen tenemos lo siguiente:

2.1.4.3. MODAPTS

Significa: disposición modular de estándares de tiempo predeterminado y es fácil de usar. Parte con la premisa de que las partes más largas del cuerpo requieren más tiempo que las partes más pequeñas. Presenta las siguientes características (Criollo, 2005):

1. Las actividades están expresadas de forma modular

2. Unidades seleccionadas distinguen de:
 - a. Movimientos generales de dedos, manos y brazos
 - b. Movimientos terminales del miembro del cuerpo cerca del trabajo
3. Los factores básicos permiten aplicar el sistema sin recurrir a tablas

Consta de 21 actividades (Ilustración 3-9) que se dividen en las siguientes clases:

De movimiento:

1. *Dedo*
2. *Mano*
3. *Antebrazo*
4. *Brazo con el hombro*

Terminales:

1. *Obtener el control*
GO Por contacto
G1 Por simple agarre
G3 Por más de un simple agarre
2. *Cosas a su destino:*
P0 Poner sin control visual
P2 Poner un control visual y hasta una corrección
P5 Poner un control visual y más de una corrección

Otras:

1. *Factor de carga (L1)*
2. *Uso de ojos (E2)*
3. *Resujetado (R2)*
4. *Decidir y reaccionar (D3)*
5. *Acción de pie (F3)*
6. *Aplicar presión (A4)*
7. *Girar por revolución (C4)*
8. *Caminar (por paso) (W5)*
9. *Encorvarse, doblarse o inclinarse y levantarse (B17)*
10. *Sentarse o pararse (S30)*

Ilustración 3-9 División actividades MODAPTS (Criollo, 2005)

2.1.5. Estimación estructurada

Es una de las técnicas más antiguas empleadas para la medición. Empleado como base para la predicción de acontecimientos futuros. El estimador y su

experiencia en el área de trabajo determinaran la precisión de la estimación. Por consiguiente, las técnicas de estimación estructurada tienen en consideración este hecho y, al mismo tiempo, buscan imponer una estructura y una disciplina sobre el proceso de estimación con el objetivo de que los resultados obtenidos puedan abordarse con confianza. La razón por la que se utilizan estimaciones es cuando los valores del tiempo necesarios no son necesarios.

2.1.6. Datos históricos

La recopilación de los tiempos de ejecución de las distintas tareas realizados por distintos trabajadores para calcular los tiempos estándar permite obtener una curva de distribución. Aunque la precisión de los datos no es del todo adecuada, se puede obtener el tiempo tipo a través de una media ponderada:

$$T_p = \frac{T_o + 4T_m + T_a}{6}$$

2.2. Prerrequisitos para determinar el tiempo estándar

Previo a introducirnos en el trabajo de la medición de tiempos y cálculo del tiempo estándar, debe darse una serie de condiciones mínimas para que la validez de los resultados. Antes de todo, el estudio de tiempos debe atenerse a una serie de requisitos importantes para completar con éxito el estudio (Cruelles, 2014) (OIT, 1996).

2.2.1. Analista capacitado

El especialista debe tener un conocimiento amplio y sólido de los diferentes modos de determinación de tiempos estándar y de fabricación, además de otro tipo de competencias necesarias.

Parte técnica:

- Conocimiento de las técnicas de medición de tiempos
- Conocimiento del producto
- Conocimiento de las herramientas, máquinas, materiales
- Experiencia en trabajos manuales

Parte social

- Empatía, capacidad de dialogo, cercano y consideración

2.2.2. Trabajador cualificado

A simple vista, hay operarios que no poseen las mismas aptitudes que los demás para determinados trabajos. Se entiende por trabajador cualificado:

“Aquel que tiene la experiencia, los conocimientos y otras cualidades necesarias para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, calidad y cantidad” (BSI, 1991).

El trabajador representativo no es necesariamente el trabajador cualificado sino el que tiene destreza y desempeño en promedio con el grupo. El tiempo tipo se corresponde al tiempo al que debería tardar en hacer la operación uno cualificado medio. El trabajador debe responsabilizarse durante el estudio de:

- Añadir sugerencias para mejorar el método y ayudar al analista en su trabajo.
- Durante el cronometraje, deberán trabajar a un ritmo normal y constante siguiendo el método establecido.

2.2.3. Responsabilidades de los encargados y sindicatos

- Prevalzcan los estándares de tiempo equitativo sobre los tiempos holgados
- Notificar al operario correspondiente antes de todo que su tiempo va a ser objeto de estudio para conocer de antemano las dificultades que pueda tener y, de este modo, fijar un tiempo fijo.
- Asegurarse de que las condiciones de trabajo se den dentro del estudio y que este perfectamente descrita y completa.
- Deben comprobar que a la hora de descomponer la operación en elementos figuren unos límites bien definidos, donde el estudio refleje exactamente las variaciones normales ocurridas a lo largo del estudio.

2.2.4. Ritmo y valoración del trabajo

El analista debe disponer de medios necesarios para evaluar y calificar el ritmo de trabajo del operario que observa y compararlo con el ritmo normal. Esto lo denominaremos valoración del ritmo (Cruelles, 2014) (Neira, 2006) (OIT, 1996).

- **Ritmo de trabajo** se entiende como el volumen de trabajo que se desarrolla por unidad de tiempo. Es al que un trabajador cualificado, como mínimo, debe llevar a cabo durante toda su jornada en comparación con el ritmo tipo.
- **Ritmo tipo:** “equivale a la velocidad de movimiento de las extremidades de un hombre físico corriente que camine sin carga en terreno llano y en línea recta a 6,4 km por hora” (OIT, 1996).

Se entiende el ritmo como el grado de cumplimiento de tres factores:

- Fidelidad al método de trabajo
- Precisión de los movimientos
- Velocidad de estos

Si se dan estos tres factores en un grado determinado, entonces obtendremos una actividad determinada. Cuanto mayor es el cumplimiento de ellos, mayor actividad se calificará. Las actividades deberán ser fieles a los métodos de trabajo, aunque sean rápidos y precisos. Si no lo cumplieren la actividad resultante sería baja.

2.2.4.1. Escalas de valoración

Según como sea la actividad, la podremos definir de varias maneras: nula, óptima o normal. Las escalas (Tabla 3-6) aportarán la nota máxima y mínima según cómo deba calificarse la misma actividad de la operación de estudio. Las escalas de medición de las actividades empleadas son:

ESCALAS	ACTIVIDAD NORMAL	ACTIVIDAD ÓPTIMA	
<i>Bedaux</i>	60-80	60	80
<i>BSI</i>	75-100	75	100
<i>Centesimal</i>	100-133	100	133

Tabla 3-6 Escalas de Valoración

Vemos que la actividad óptima supera a la normal en un 33% y se ha comprobado que el 50 % de la actividad de los trabajadores es óptima. La cifra de aquellos que trabajan según actividad normal es superior a la óptima y estadísticamente probada en un 50 %. Los analistas han establecido una serie de patrones de la actividad (ver Tabla 3-7).

Escalas				Descripción del desempeño	Velocidad de marcha comparable ¹ (km/h)
60-80	75-100	100-133	0-140 % Norma británica.		
0	0	0	0	Actividad nula	
40	50	67	50	Muy lento, movimientos torpes, inseguros, el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo.	3,2
60	75	100	75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado, parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan.	4,8
80	100	133	100 Ritmo tipo	Activo, capaz, como de obrero calificado medio pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.	6,4
100	125	167	125	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos muy por encima del obrero calificado medio.	8
120	150	200	140	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos períodos; actuación de "virtuoso", sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes.	9,6

Tabla 3-7 Descripción de las escalas (Cruelles, 2014)

La valoración subjetiva de la actividad se realizará antes de la anotación de tiempos y consistirá en comparar la actividad de la operación observada y la calificará. Por tanto, podemos concluir que el valor más elevado de la escala es al que denominaremos ritmo tipo, es decir, el operario cualificado y motivado para realizar su trabajo. En parte, gracias a la remuneración que percibe por el rendimiento debido en dicho trabajo.

Sea cual sea la escala empleada, los tiempos tipo obtenidos deberán ser equivalentes, dado que el trabajo sigue siendo el mismo, aunque cambie la escala de valoración.

La valorización sería:

$$Tiempo\ observado \times Valor\ atribuido\ (ritmo) = constante$$

El valor obtenido no es absoluto, sino un valor relativo fijado por comparación con el valor tipo o normal. Todo esto deriva en el cálculo de tiempos corregidos que veremos más tarde. Raramente el valor es constante en la valorización. Dado que el desempeño no es el mismo entre los operarios, el ritmo será diferente por cada uno. Las tablas Westinghouse (Tablas 3-8) permiten determinar la habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia

HABILIDAD			ESFUERZO		
+0.15	A1		+0.13	A1	
+0.13	A2	Habilísimo	+0.12	A2	Excesivo
+0.11	B1		+0.10	B1	
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1		+0.05	C1	
+0.03	C2	Bueno	+0.02	C2	Bueno
-0.00	D	Promedio	+0.00	D	Promedio
-0.05	E1		-0.04	E1	
-0.10	E2	Regular	-0.08	E2	Regular
-0.15	F1		-0.12	F1	
-0.22	F2	Deficiente	-0.17	F2	Deficiente

CONDICIONES			CONSISTENCIA		
+0.06	A	Ideales	+0.04	A	Perfecto
+0.04	B	Excelente	+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Buena	+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio	0.00	D	Promedio
-0.03	E	Regulares	-0.02	E	Regulares
-0.07	F	Malas	-0.04	F	Deficientes

Tablas 3-8 Westinghouse (Criollo, 2005)

2.2.5. Materiales para el estudio de tiempos

Describimos los materiales los materiales necesarios tanto para la toma de tiempos como el procesado de datos de nuestro estudio: material de escritura, cronómetro, tablas MTM, elementos de medición de distancias, dinamómetro, cámara de fotos, equipo de grabación en video

Dentro de los impresos para el estudio de datos en la oficina, están:

- Hoja de trabajo: una hoja de papel rayado
- Hoja resumen del estudio: anotan los tiempos de los elementos y su frecuencia
- Hoja de análisis y su frecuencia: se transcriben toda la información recogida a partir de la hoja resumen.
- Hoja de suplementos por descanso: registras suplementos.

2.3. Fundamentos para la medición del trabajo

La medición de trabajo consiste en la aplicación de técnicas que sirven para determinar el tiempo invertido por un trabajador cualificado en la realización de una tarea definida a efectos de cumplir con una norma de ejecución establecida

2.3.1. Trabajo a realizar en la oficina: Hoja resumen

Ya recogidos los datos con anotaciones en las hojas correspondientes, vamos a ver como se utilizan esos datos. Para ello, se empleará la hoja resumen en donde encontramos epígrafes a cumplimentar dentro del estudio de tiempos. A modo resumen, en la siguiente ilustración (Ilustración 3-10) se muestra el proceso desde que se anotan los tiempos hasta llegar a obtener el tiempo básico o tipo (Neira, 2006) (OIT, 1996)

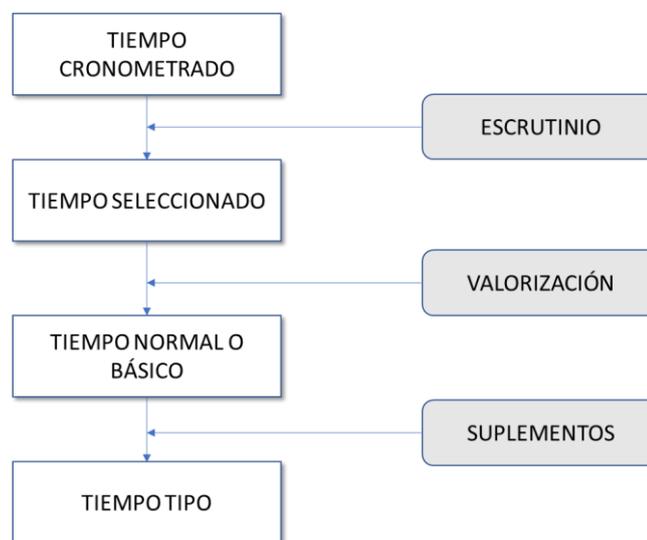


Ilustración 3-10 Esquema de obtención del tiempo tipo

2.3.1.1. Cálculo del tiempo básico

Haciendo referencia a los apartados 3.4.7.1 y 3.48, donde se habla de manera extensa de las escalas de ritmos y la valorización del desempeño tipo, podremos calcular el. Atendiendo a la abreviatura de Alfredo Caso Neira (Neira, 2006), tenemos que el tiempo normal o básico de un trabajador capacitado y conocedor de la tarea es:

$$TN = TR \times FR$$

Como no siempre es constante el desempeño del operario, empleamos la siguiente fórmula que nos servirá para el trabajo de oficina:

$$\text{Tiempo observado} \times \frac{\text{Actividad observada}}{\text{Actividad óptima}} = \text{Tiempo básico}$$

$$\text{Tiempo observado} \times \frac{\text{Actividad observada}}{\text{Actividad normal}} = \text{Tiempo normal}$$

2.3.1.2. Suplementos

Los sistemas de medición del trabajo recogen tiempos de tareas en los que no se han tenido en cuenta el total en la planificación. Es evidente que durante un periodo de trabajo prolongado los trabajadores no trabajan ininterrumpidamente, sino que hay periodos inactivos relacionados con la tarea o no. Algunos de estos periodos están relacionados con el trabajo y se las conoce como holguras o suplementos que se incluyen como valor porcentual dentro del cálculo de tiempos básicos. Existen numerosos tipos, según sea el tipo de tarea que se esté realizando y son conocidos como suplementos por descanso (Maynard, 2001) y (OIT, 1996):

Suplementos fijos

- Necesidades personales: presente en el ámbito laboral tanto en hombres y mujeres. Son situaciones de interrupción del trabajo, necesarias para su comodidad. Su valor porcentual es un 5%.
- Fatiga: es requerido para que uno pueda hacer frente a los efectos de la fatiga a lo largo de una tarea. Se añade una holgura de por lo menos del 5% a los tiempos básicos y en algunos casos del 60%.

Suplementos variables

- Las determina las condiciones de trabajo que afectan al esfuerzo y tensión del trabajo

Otros:

- Retrasos cortos e inevitables: suceden interrupciones durante el ciclo de trabajo y que poseen un carácter inherente al proceso o acción. El porcentaje va del 1% al 5%
- Otras holguras especiales: están incluidas dentro de esta las holguras por contingencias (5%) y las holguras por políticas (15%-33%)

Los valores habituales utilizados en el Manual del ingeniero Industrial (Maynard, 2001) los muestra la Tabla 3-9 :

Necesidades personales	3-5%
Holgura por fatiga	3-5%
Retrasos	3-5%
TOTAL	9-15%

Tabla 3-9 Estimación porcentual de suplementos (Maynard, 2001)

Benjamin W. Niebel y Freivalds, (Niebel, 2013) determinan que la holgura personal típica de talleres adecuada para hombres y mujeres es el 5%.

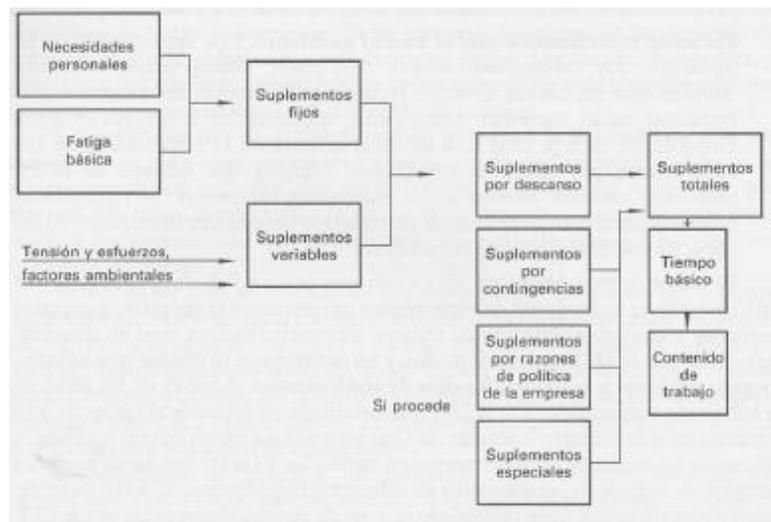


Ilustración 3-11 Esquema de los tipos de suplementos (OIT, 1996)

La fatiga asociada al trabajo se puede medir de distintas maneras. Una de ellas es la fisiológica y otra manera de relacionar la fatiga al trabajo son los parámetros ambientales y psicológicos que hacen mermar la capacidad de trabajar a un ritmo normal. A este tipo de fatiga se le conoce como fatiga mental. Los siguientes factores determinan el nivel de fatiga: condiciones atmosféricas, niveles de ruido, factores y niveles de iluminación, tensión mental, monotonía...etc. Un ejemplo de ello: (Tabla 3.10):

	H	M		H	M
1. suplementos constantes					
- suplemento por necesidades personales	5	7	E. Calidad de aire (factores climáticos inclusive)	0	0
- suplementos básicos por fatiga	4	4	- buena ventilación o aire libre	0	0
total:	9	11	- mala ventilación, pero sin emanaciones tóxicas ni nocivas	5	5
			- proximidades de hornos, calderas, etc.	5	15
2. suplementos variables añadidas al suplemento básico por fatiga					
A. suplemento por trabajar de pie					
- suplemento por trabajar de pie	2	4	F. tensión visual	0	0
			- trabajos de cierta precisión	0	0
			- trabajos de precisión o fatigosos	2	2
			- trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
B. suplemento postura anormal					
- Ligeramente incómoda	0	1	G. Tensión auditiva	0	0
- incómoda inclinado	2	3	- Sonido continuo	2	2
- Muy incómoda (echado-estrado)	7	7	- Intermitente y fuerte	2	2
C. Levantamiento de pesos y uso de fuerza (levantar, tirar o empujar)					
- Peso levantado o fuerza ejercida (en kg)			- Intermitente y muy fuerte	3	3
2,50	0	1	- Estridente y fuerte	5	5
5,00	1	2			
7,50	2	3	H. Tensión mental	1	1
10,00	3	4	- Proceso bastante complejo	4	4
12,50	4	6	- Proceso complejo o atención muy dividida	8	8
15,00	6	9	- Muy complejo		
17,50	8	12	I. Monotonía mental	0	0
20,00	10	15	- Trabajo algo monótono	1	1
22,50	12	18	- Trabajo bastante monótono	4	4
25,00	14	---	- Trabajo monótono	0	0
30,00	19	---			
40,00	33	---	J. Monotonía física	0	0
50,00	58	---	- Trabajo algo aburrido	2	1
			- Trabajo aburrido	5	2
			- Trabajo muy aburrido		
D. Intensidad de luz					
- Ligeramente por debajo de lo recomendado	0	0			
- Bastante por debajo	2	2			
- Absolutamente insuficiente	5	5			

(H = Hombres; M = Mujeres)

Tabla 3-10 Suplementos (Vivar, 2007)

2.3.1.3. Tiempo estándar

“El valor de una unidad de tiempo para la realización de una tarea, como lo determina la aplicación apropiada de las técnicas de medición efectuada” (ANSI, 1966)

Tiempo estándar es el tiempo requerido para que un operario plenamente cualificado que trabaja a ritmo normal y realiza la operación conforme a un método especificado. Con el fin de determinar los costos estándar de mano de obra

Objetivos:

- Eliminar tiempos inefectivos
- Equilibrar el trabajo de los operarios
- Determinar la carga de trabajo

El tiempo estándar se obtendrá finalmente multiplicando el tiempo básico o normal según sea la escala de ritmos con el porcentaje de suplemento y la frecuencia con que se repita el elemento por ciclo

$$Tiempo\ Estandar = (Tb\ o\ Tn) \times (1 + Suplemento) \times Frecuencia$$

Capítulo 4 ESTUDIO DE TIEMPOS DE LA PIEZA 720-R

1. Antes del estudio

La elaboración de un VSM (Value Stream Map) del flujo de materiales e información describe el recorrido del producto en Lingotes desde que llega la materia prima hasta que llega al cliente. Esto (Ilustración 4-1) permite ver las actividades que realmente añaden valor al producto y cuáles no. Concretamente a través del estudio de los tiempos tack time donde se analizó los tiempos de ciclo de los procesos, vimos donde podríamos hacer una mejora.

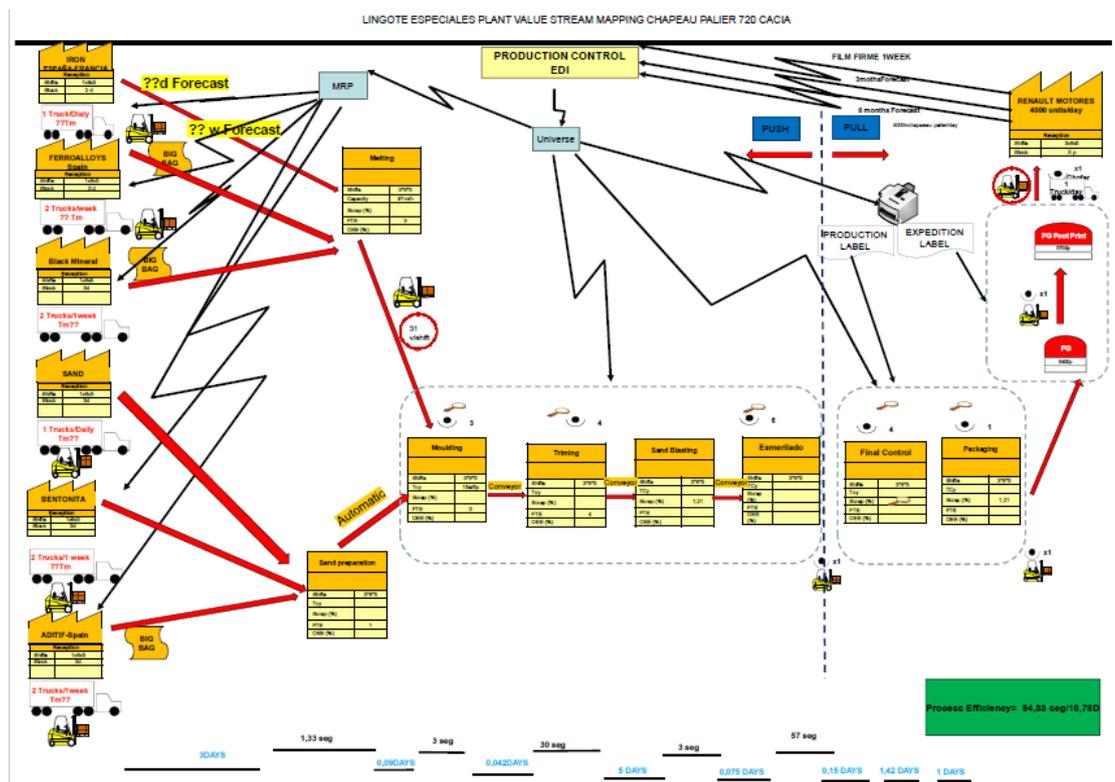


Ilustración 4-1 VSM del flujo de materiales en Lingotes

Observamos que se debería comprobar la eficiencia de una operación de una sección: la de acabado en el control de fabricación. Esto implicaría un análisis previo de cómo es esa actividad realizada y los aspectos previos a tener en cuenta cuando se realice estudio de tiempos.

En este punto hay información de gran importancia para la recogida y análisis posterior de los datos. Únicamente, se está estudiando una sola operación: control de fabricación en la zona de acabado.

1.1. Descomposición de la operación

Se trata de dividir la tarea en elementos de trabajo necesarios para ver cómo es el flujo de trabajo en el puesto de trabajo y analizar las acciones pertinentes que el trabajador requiere para completar su tarea de manera correcta

1.1.1. Diagrama de flujo

Representa de manera gráfica o simbólica el proceso que sigue la secuencia de operaciones del proceso de control de calidad de la zona de acabado.

Comienza con la recepción del contenedor de piezas después de pasar por la operación esmerilado en la misma zona de acabado. Previamente, reciben información al respecto de la pieza producida en un formato de papel donde se especifican las zonas críticas a observar en la pieza para su correcta inspección. Una vez recibido el contenedor, el operario realiza la inspección de la pieza y determina si la pieza cumple con los requisitos de calidad. Si es correcta, la pieza es llevada al contenedor de piezas buenas que se distribuirán según el cliente haya ordenado. En cambio, si es mala, se destinará al contenedor de las defectuosas que posteriormente se revisarán de nuevo, cumpliendo así con el muro de calidad impuesto por la compañía.



Ilustración 4-2 Diagrama de flujo de la operación de inspección visual

1.1.2. Diagrama bimanual

Muy parecido al cursograma analítico pero enfocado a un puesto de trabajo, en lugar del proceso completo. Herramienta útil para operaciones repetitivas con

tiempos de ciclo muy cortos, con un nivel de detalle bastante minucioso y cuyo objetivo es reducir o minimizar las pérdidas de tiempo y movimientos innecesarios. Se ha descompuesto la operación de inspección visual en pequeños movimientos de los que hace uso el trabajador en su puesto de trabajo para completar el control de calidad de una pieza desde que la coge la pieza hasta que termina aceptándola o desechándola.

Ejemplo del caso de una pieza (Ilustración 4-3):

Diagrama bimanual

EMPRESA: Lingotes Especiales S.L		FECHA: 28/02/2019	
DPTO: I+D		METODO TRABAJO	
PRODUCTO: Tapa de Bancada		ELABORADO: Pablo	
UNIDAD DE ANÁLISIS		APROBADO	
MANO IZQUIERDA	O → ▽ □ D O → ▽ □ D		MANO DERECHA
Extender brazo hasta alcanzar pieza			
Coge la pieza y la lleva a su puesto			
Visualiza la pieza de manera horizontal con la mesa y las dos manos sobre ella			Visualiza la pieza de manera horizontal con la mesa y las dos manos sobre ella
Gira la pieza 90º de derecha a izquierda hasta posición vertical			Descansa la cara lateral izquierda
Revisa pieza por la cara lateral drch			Revisa pieza por la cara lateral drch
Descansa cara lateral derecha			Gira la pieza 90º de izquierda a derecha hasta posición vertical
Revisa pieza por la cara lateral izq			Revisa pieza por la cara lateral izq
Vuelve a su posición horizontal			Vuelve a su posición horizontal
Inclina la pieza sobre el extremo izquierdo mientras rota sobre eje vertical			Sostiene por el lado inferior mientras gira en el mismo sentido
Comprueba imperfecciones sobre las caras interiores pieza sobre eje vertical			Comprueba imperfecciones sobre las caras interiores pieza sobre eje vertical
Sostiene por el lado inferior mientras gira en el mismo sentido			Inclina la pieza sobre el extremo derecho mientras rota sobre eje vertical
Comprueba imperfecciones sobre las caras interiores pieza sobre eje vertical			Comprueba imperfecciones sobre las caras interiores pieza sobre eje vertical
Coloca en posición de partida			Coloca en posición de partida
Rota la pieza 180º sobre eje transversal de la cara frontal hasta la trasera			Rota la pieza 180º sobre eje transversal de la cara frontal hasta la trasera
Revisa pieza por cara trasera			Revisa pieza por cara trasera
Continúa girando sobre sí misma hasta visualizar la planta inferior pieza			Continúa girando sobre sí misma hasta visualizar la planta inferior pieza
			Conduce la pieza al contenedor de piezas buenas/malas
			Suelta pieza en contenedor
Método	Actual	Propuesto	
	Izq	Der	Izq
Operaciones	6	4	
Transportes	1	1	
Esperas	-	1	
Sostenimientos	2	2	
Inspecciones	7	7	
TOTALES			

Ilustración 4-3 Ejemplo de diagrama bimanual

NOTA: una pequeña observación sería que al estudiar los movimientos que realiza el operario para ver si es mala no tiene por qué realizar todos los movimientos ya que si se puede comprobar a primera vista el defecto termina la acción en ese momento y se pasa con otra pieza.

1.2. Señales de inicio-fin: desglose en operaciones

Para la toma de datos, había empleado las grabaciones de video y sobre las cuales tuve que marcar los hitos de inicio y fin de las grabaciones para poder anotar los tiempos de inicio y fin de las operaciones.

Caso de una pieza buena:

MOVIMIENTO/HITO	INICIO	FIN
Alcanzar la pieza	Mano sobre la pieza y brazo extendido	Tocar con la mano la pieza
Coger la pieza con la mano	Mano en contacto y agarra la pieza	Flexiona el brazo para llevarse la pieza y empezar a girar cuerpo
Girar el cuerpo hacia el puesto	Empezar a girar cuerpo	Iniciar movimiento hacia la mesa del puesto
Mover la pieza a la otra mano	Inicia el movimiento hacia la mesa	Pasado el control a la otra mano
Inspección visual	Una mano toma el control de la pieza	No detecta nada y aparta la pieza de la mesa
Girar el cuerpo hacia el contenedor	Pieza sobre una mano y fuera de la mesa	Inicia movimiento hacia el contenedor
Desplazarse al contenedor	Comienza a moverse hacia el contenedor de piezas buenas	Estira el brazo e inclina el cuerpo hacia el contenedor
Depositar pieza sobre contenedor	Brazo extendido y cuerpo inclinado hacia contenedor	La mano deja de hacer contacto con la pieza

Tabla 4-1 Descomposición de los hitos de la operación por pieza buena

Caso de una pieza mala:

	INICIO	FIN
<u>Alcanzar la pieza</u>	Mano sobre la pieza y brazo extendido	Tocar con la mano la pieza
<u>Coger la pieza con la mano</u>	Mano en contacto y agarra la pieza	Flexiona el brazo para llevarse la pieza y empezar a girar cuerpo
<u>Girar el cuerpo hacia el puesto</u>	Empezar a girar cuerpo	Iniciar movimiento hacia la mesa del puesto
<u>Mover la pieza a la otra mano</u>	Inicia el movimiento hacia la mesa	Pasado el control a la otra mano
<u>Inspección visual</u>	Una mano toma el control de la pieza	Detecta el desperfecto
<u>Rechazar la pieza</u>	El defecto es detectado	Lanza la pieza al contenedor de piezas malas
<u>Anotar pieza mala</u>	Lanza la pieza defectuosa	Deposita el bolígrafo y vuelve a por otra pieza

Tabla 4-2 Descomposición en hitos de la operación por pieza mala

1.3. Suplementos

El cálculo de los suplementos consta de varias partes y se ha fundamentado en las aportaciones que hace la OIT y Gustavo J. Moori Vivar (Medición del Trabajo Valoración del Ritmo de Trabajo Tiempo, 2007):

Suplementos Descanso		
CONSTANTE	Suplemento por fatiga	4%
	Suplemento por necesidades personal	5%
	VARIABLE	
	Suplemento por estar de pie	2%
	Por postura anómala: inclinado	2%
	Levantamiento de peso: <5kg	0%
	Densidad de luz: ligeramente debajo	0%
	Calidad del aire: buena	0%
	Tensión visual: precisión	2%
	Tensión auditiva: intermitente y fuerte	5%
	Tensión mental: poco complejo	1%
	Monotonía mental: muy monótono	4%
	Monotonía física: aburrido	2%
	Coficiente esfuerzo:	
	Carga llevada brazo	2%
	Horizontal sin carga	8%
Otros suplementos		
	Política de la empresa	0%
	Contingencias	0%
ESPECIALES	Suplemento por cierre	0%
	Suplemento por limpieza	0%
	Suplemento por herramientas	0%
	Suplemento por cambios diversos	0%
	Suplemento por aprendizaje	0%
	Suplemento por implantación	0%
	TOTAL	37%

Tabla 4-3 Suplementos del trabajador del puesto de trabajo

La compañía ha fijado los valores porcentuales de los tipos de suplementos bajo la supervisión de especialistas y el beneplácito de sindicatos. Es importante destacar que los otros tipos de suplementos no se han utilizado en el estudio por decisiones de la empresa.

2. Fases del estudio de tiempos

El estudio ha seguido una serie de pasos fundamentales para la medición de tiempos de esta pieza. Consta de nueve partes fundamentales y siguiendo el procedimiento básico a seguir en todo estudio de trabajo.

	FASES	DESCRIPCIÓN
1	Registro de la información de la tarea	Grabación de vídeos durante la operación de inspección visual
		Documentación necesaria para el estudio
2	Toma de datos	Elaborar tabla de datos con los tiempos de duración de la tarea
		Descomposición en distintos tiempos productivos e improductivos
3	Análisis de los datos	Análisis datos I: Media, desviación típica, varianza 10 muestras por operario
		Análisis datos II: Valorización y ritmo trabajadores
		Análisis datos III: Tiempos básicos y estándar de la muestra
4	Observaciones	Observaciones sobre los operarios: empeño, destreza
		Registro de los problemas observados durante el estudio
5	Conclusiones	Enfrentar los datos teóricos y observados
		Comparar los tiempos observados con los teóricos

Tabla 4-4 Fases del estudio

2.1. Registro de la información

A lo largo de dos semanas he recogido mediante la grabación de vídeos la operación de inspección visual para el control de calidad de la pieza. Previamente, se informó a los encargados y a los mismos trabajadores del estudio y se me dio permiso para grabar. Consistió en la grabación de 5 min por operario, incluido en conjunto con otro operario en distintas horas del turno de mañana. De esta manera, conseguimos que fuese un estudio más fiel, aunque la variabilidad aumentase dado el cansancio o la fatiga que pueda sufrir el operario.

En total son 4 cuatro tomas de tiempos, es decir, 4 días distintos en los que el número de trabajadores ha ido variando en número en función de la demanda del cliente durante esa semana o el 'tack time' establecido.

Toma 1: 28/02	Toma 2: 04/03	Toma 3: 05/03	Toma 4: 06/03
6 operarios	5 operarios	6 operarios	4 operarios

TOTAL 21 Operarios
TOTAL 254 Tiempos observados

Tabla 4-5 Desglose de las tomas de datos

2.2. Recogida de datos

Después de haber visto todas las grabaciones y anotado los tiempos de inicio y fin de la tarea de cada operario, elaboré tablas con los tiempos cronometrados, tiempos observados, tiempos improductivos. Los datos están divididos por el día en que se tomó los tiempos y el número de operarios que hubiese ese día.

Tabla resumen de los datos recogidos

Fecha	28/02/19		04/03/19		05/03/19		06/03/19	
Turno	Mañana							
Horario	12:20-11:45		10:12-11:00		9:05-9:38		9:37-10:01	
	OP	Muestras	OP	Muestras	OP	Muestras	OP	Muestras
Registro	1	17	7	10	12	18	18	15
	2	13	8	16	13	11	19	11
	3	11	9	20	14	10	20	13
	4	11	10	10	15	11	21	10
	5	13	11	14	16	11		
	6	3				17	6	
	TOTAL	68	TOTAL	70	TOTAL	67	TOTAL	49
	L		L		L		L	
TOTAL DATOS	254							

Tabla 4-6 Resumen de la recogida de datos

He distinguido a cada operario por un número y los he ordenado de manera ascendente. Los operarios que coincidiesen otro día los he tomado por separado, aunque para la valoración del trabajo del operario he tenido en cuenta todos sus tiempos en distintos días. Otro apunte más es que el estudio ha sido realizado solo en turnos de mañana lo que hace que la muestra de los datos pueda no ser muy representativa

Otra tabla ya más específica de la operación inspección: **el cronometraje es continuo**

Operario 12	Tiempo registrado Inicio-Fin(min)		Tiempo registrado Inicio-Fin(seg)		Malas (unidad)	Tiempo rechazo (seg)	Tiempo pérdidas (seg)	Tiempo entre esperas (seg)	Tiempo inspección (seg)	Tiempo Observación (seg)	Tiempo unitario (seg)
18	0	0,07	0	7		0	0	2	7	7	15,166667
	0,09	0,21	9	21	1	0	0	1	12	12	
13	0,22	0,38	22	38		0	0	3	16	16	
	0,41	0,56	41	56		0	0	3	15	15	
Malas	0,59	1,12	59	72	1	5	0	1	8	13	
	1,13	1,28	73	88		0	0	3	15	15	
5	1,31	1,47	91	107		0	0	3	16	16	
	1,5	2,07	110	127		0	0	3	17	17	
	2,1	2,21	130	141	1	0	0	1	11	11	
	2,22	2,31	142	151		0	0	2	9	9	
	2,33	2,44	153	164		0	0	1	11	11	
	2,45	3,01	165	181		0	0	2	16	16	
	3,03	3,18	183	198		0	0	3	15	15	
	3,21	3,38	201	218		0	0	2	17	17	
	3,4	3,56	220	236		0	0	3	16	16	
	3,59	4,07	239	247	1	4	0	1	4	8	
	4,08	4,24	248	264		0	0	3	16	16	
	4,27	4,33	267	273	1	0	0		6	6	
						0,5	MEDIA		13,11111111		
							TOTAL		236		

Tabla 4-7 Recogida de datos del operario 12

En este ejemplo del operario 12 (Tabla 4-7), distingo entre los tiempos productivos e improductivos. Los tiempos de inicio y fin se corresponderían con el cronometrado y los tiempos observados serían los tiempos restados entre el minuto de inicial y final de la operación donde se incluyen las pérdidas producidas en el proceso.

Los tiempos productivos:

- Tiempos de inspección es el tiempo que realmente se está dedicando a la inspección visual de la pieza

Entre medias he registrado los tiempos improductivos:

- Tiempos entre esperas desde que termina hasta que empieza de nuevo a por otra pieza.
- Tiempos de rechazo los he anotado directamente, puesto que son intervalos muy cortos de tiempo.
- Tiempos de pérdidas: los producidos por la distracción del operario o la demora por colocar las piezas

2.3. Análisis de los datos

Para proceder a examinar en profundidad cómo es el comportamiento de los datos, si realmente se ajustan a controles estadísticos y finalmente prepararlos para comparar dichos datos con los teóricos. He eliminado el operario 6 y el 17 al tener muy pocos datos de los mismos lo que hace menos fiable su estudio.

2.3.1. Análisis I

De las distintas muestras de cada uno obtengo una descripción estadística de los datos. A continuación, expongo la tabla resumen de los tiempos observados e inspeccionados de cada uno de los operarios estudiados con sus respectivas

medias, varianza y desviaciones típicas. Esta tabla nos permite ver cuál de nuestras muestras presenta variabilidad o si se aleja o aproxima a la media.

	Media		Media total		Varianza		varianza total		Desv Típica		Desv Típica total	
	Insp	Obs	Insp	Obs	Insp	Obs	Insp	Obs	Insp	Obs	Insp	Obs
1	16	16,8823529	18,4459231	19,434141	22,5	16,6102941	30,6513164	24,6510767	4,74341649	4,07557286	5,512420151	4,95594231
2	20,7692308	21,1538462	18,4459231	19,434141	6,19230769	5,80769231	30,6513164	24,6510767	2,488434788	2,40991542	5,512420151	4,95594231
3	23	23	18,4459231	19,434141	61	61	30,6513164	24,6510767	7,810249676	7,81024968	5,512420151	4,95594231
4	22,7272727	22,7272727	18,4459231	19,434141	11,6181818	11,6181818	30,6513164	24,6510767	3,408545411	3,40854541	5,512420151	4,95594231
5	17,2307692	18,3846154	18,4459231	19,434141	13,525641	14,5897436	30,6513164	24,6510767	3,677722261	3,81965229	5,512420151	4,95594231
7	15,2	16,1	18,4459231	19,434141	44,4	35,4333333	30,6513164	24,6510767	6,6633325	5,95259047	5,512420151	4,95594231
8	15,9375	16,8125	18,4459231	19,434141	16,7291667	12,0291667	30,6513164	24,6510767	4,090130397	3,46830891	5,512420151	4,95594231
9	10,55	11,15	18,4459231	19,434141	8,15526316	4,34473684	30,6513164	24,6510767	2,855742138	2,08440323	5,512420151	4,95594231
10	30,6666667	30,6666667	18,4459231	19,434141	66	66	30,6513164	24,6510767	8,124038405	8,1240384	5,512420151	4,95594231
11	16,8571429	19,2142857	18,4459231	19,434141	56,2857143	46,9505495	30,6513164	24,6510767	7,502380575	6,8520471	5,512420151	4,95594231
12	12,6111111	13,1111111	18,4459231	19,434141	17,7810458	13,1633987	30,6513164	24,6510767	4,21675773	3,62813984	5,512420151	4,95594231
13	24	24,3636364	18,4459231	19,434141	51	38,0545455	30,6513164	24,6510767	7,141428429	6,16883664	5,512420151	4,95594231
14	22,1	23,2	18,4459231	19,434141	7,65555556	6,17777778	30,6513164	24,6510767	2,766867463	2,48551358	5,512420151	4,95594231
15	17,2727273	19,4545455	18,4459231	19,434141	70,8181818	52,2727273	30,6513164	24,6510767	8,415353933	7,22998805	5,512420151	4,95594231
16	17,5	17,5	18,4459231	19,434141	5,18181818	5,18181818	30,6513164	24,6510767	2,276360732	2,27636073	5,512420151	4,95594231
18	15,8	16,8	18,4459231	19,434141	21,8857143	8,17142857	30,6513164	24,6510767	4,678216999	2,85857107	5,512420151	4,95594231
19	16,7272727	20,9090909	18,4459231	19,434141	35,4181818	28,8909091	30,6513164	24,6510767	5,951317654	5,37502643	5,512420151	4,95594231
20	17,0769231	18,3846154	18,4459231	19,434141	35,5769231	17,4230769	30,6513164	24,6510767	5,964639392	4,17409594	5,512420151	4,95594231
21	25,8	25,8	18,4459231	19,434141	143,066667	143,066667	30,6513164	24,6510767	11,96104789	11,9610479	5,512420151	4,95594231
TOTAL	357,826616	375,614539										

Tabla 4-8 Análisis estadístico 1 de tiempos productivos

Las muestras 9 y 10 (Tabla 4-8) se corresponden a los valores medios mínimos y máximos de la media total de las muestras respectivamente y como consecuencia, son los que mayor variabilidad y dispersión presentan sobre el conjunto de datos totales.

Aquí se ha considerado los tiempos observados e inspeccionados ya que son los que realmente me interesan analizar y como ya vimos anteriormente guardan relación. Apenas distan los valores entre los inspeccionados y observados, ya que tan solo difieren en casi una o dos unidades.

La tabla más general con toda la descripción de cada grupo de muestras (Tabla4-9)



Análisis de los datos

	Malas	Perdidas	Espera	Inspeccionadas	Observadas	Tempo total	Nómalas	Tempo unitario (min)	Tempo total Malas	Tempo total Buenas
OP1	Medis 0,882352941	0	1,705882353	16	16	287	8	10,88235294	119	168
	Mediana 1,053704948	0	0,685994341	16	16					
	Desviación Típica 1,110294118	0	0,470588235	22,5	22,5					
	Varianza 0,384615385	0	0,3	20,76923077	21,15384615	275	1	21,15384615	23	252
OP2	Medis 1,386750491	0	0,852802865	2,488434788	2,400915415					
	Mediana 1,923076923	0	0,727272727	6,192307692	5,807692308	253	1	23	21	232
	Desviación Típica 0	0	2,2	7,810240676	7,810240676	250	3	22,72727273	73	177
	Varianza 0	0	1,032795559	61	61					
OP3	Medis 0	0	0,574768568	3,46052411	3,46052411					
	Mediana 0	0	0,455555556	11,61818182	11,61818182	239	5	18,38461538	94	145
	Desviación Típica 0	0	2,5	17,23076923	18,38461538	161	2	16,1	27	134
	Varianza 0	0	0,7	19	19					
OP4	Medis 1,513846154	0	0,46291005	6,6633325	5,952590473	269	5	16,8125	71	198
	Mediana 1,91195072	0	0,214285714	44,4	35,43333333	211	5	16,23076923	26	97
	Desviación Típica 3,655555556	0	3,035087719	81,55263158	4,94726842					
	Varianza 1,2	0	3,035087719	81,55263158	4,94726842					
OP5	Medis 1,408308678	0	0,654653671	4,090130397	3,468308906	276	1	27,6	10	206
	Mediana 1,983333333	0	0,428571429	16,72916667	12,02916667	236	4	16,85714286	52	217
	Desviación Típica 0,875	0	0,2625	30,66666667	27,6					
	Varianza 0,6	0	0,689285714	66	66					
OP6	Medis 1,095515115	0	1,74370315	3,843333333	2,084333334	268	1	24,36363636	10	258
	Mediana 1,2	0	3,035087719	81,55263158	4,94726842	268	1	24,36363636	10	258
	Desviación Típica 0	0	0,916125381	8,124038405	12,3763372					
	Varianza 0	0	0,839285714	66	66					
OP7	Medis 2,534379001	0	0,857142857	4,461538462	19,21428571	236	4	16,85714286	52	217
	Mediana 6,423076923	0	1,747840111	2,569545505	7,502380575	236	4	16,85714286	52	217
	Desviación Típica 3,054945055	0	3,054945055	16,72916667	46,95954945					
	Varianza 0,28	0	2,476470588	12,83111111	13,11111111					
OP8	Medis 1,177994307	0	0,882843001	3,826288155	3,628139839	276	1	27,6	10	206
	Mediana 1,387670588	0	0,779411765	14,64048105	13,1639869	268	1	24,36363636	10	258
	Desviación Típica 0,365663664	0	0,29	3,4	2,4536363636					
	Varianza 1,206045378	0	0,567646212	7,141428429	6,168836637					
	Desviación Típica 1,454545455	0	0,322222222	5,1	38,05454545					
OP9	Medis 1,1	0	2,888888889	22,1	23,2	232	2	23,2	50	182
	Mediana 2,330951165	0	1,166666667	2,766867463	2,485513584					
	Desviación Típica 5,423232323	0	5,361111111	7,895959596	6,177777778					
	Varianza 1,181818182	0	0,454545455	16,72916667	12,02916667					
OP10	Medis 2,040499048	1	3,259175083	8,415353933	7,229988055	214	3	19,45454545	35	179
	Mediana 4,165663664	11	30,62222222	20,81818182	52,22222222	210	0	17,5	0	210
	Desviación Típica 0	0	3,727272727	17,5	17,5					
	Varianza 0	0	4	18	18					
OP11	Medis 2,104417123	0	0,467099366	2,276360732	2,276360732	252	3	16,8	36	170
	Mediana 4,428571429	0	5,181818182	5,181818182	5,181818182					
	Desviación Típica 0	0	0,474631147	4,678216999	2,85851072					
	Varianza 0	0	0,225274725	21,88571429	8,171428571					
OP12	Medis 3,727272727	0	0,454545455	3,3	16,72727273	280	6	20,90909091	122	108
	Mediana 5	0	1,507556723	1,82878223	5,37026427					
	Desviación Típica 1,421818182	2,22222223	3,344444444	35,41818182	28,89090909					
	Varianza 0	0	3,666666667	17,07692308	18,38461538					
OP13	Medis 1,307692308	0	0,887625365	5,964630392	4,174095941	239	4	18,38461538	54	164
	Mediana 2,056883378	0	0,787878788	35,57692308	17,42307692					
	Desviación Típica 0	0	0,444444444	25,8	25,8					
	Varianza 0	0	0,529769231	11,063719	11,063719					
	Desviación Típica 0	0	0,277777778	143,0666667	143,0666667					
	Varianza 0	0	0,277777778	143,0666667	143,0666667					

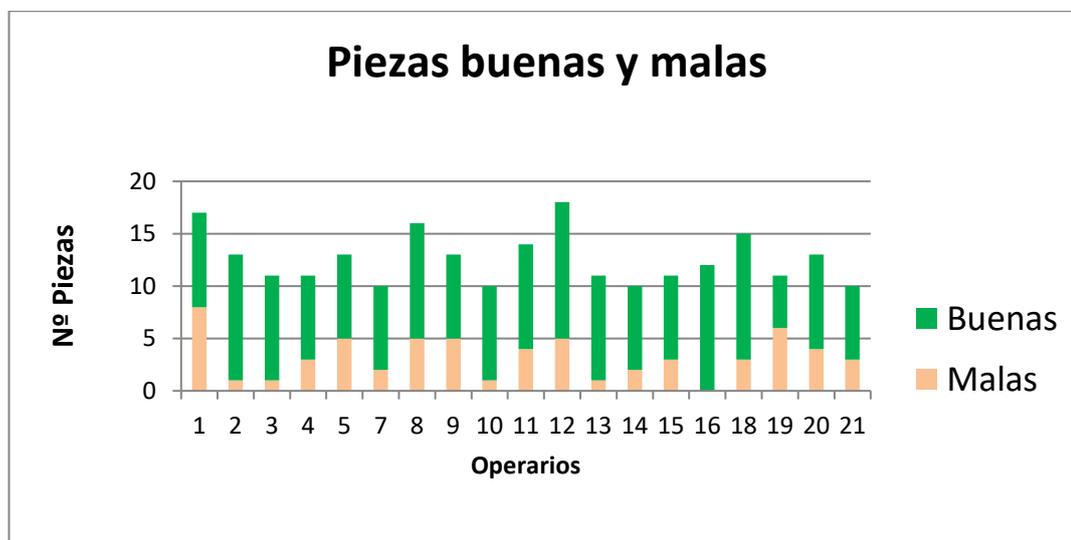
Tabla 4-9 Datos estadísticos de cada muestra

Otros datos de interés en esta parte (Tabla 4-10):

	Piezas		T obs total (min)	T piezas		T unitario(seg)	
	Malas	Buenas		Malas	Buenas	Malas	Buenas
1	8	9	287	119	168	14,875	18,6666667
2	1	12	275	23	252	23	21
3	1	10	253	21	232	21	23,2
4	3	8	250	73	177	24,3333333	22,125
5	5	8	239	94	145	18,8	18,125
7	2	8	161	27	134	13,5	16,75
8	5	11	269	71	198	14,2	18
9	5	8	211	26	97	5,2	12,125
10	1	9	276	10	266	10	29,5555556
11	4	10	236	52	217	13	21,7
12	5	13	236	50	186	10	14,3076923
13	1	10	268	10	258	10	25,8
14	2	8	232	50	182	25	22,75
15	3	8	214	35	179	11,6666667	22,375
16	0	12	210	0	210	0	17,5
18	3	12	252	36	170	12	14,1666667
19	6	5	230	122	108	20,3333333	21,6
20	4	9	239	54	164	13,5	18,2222222
21	3	7	258	27	231	9	33
TOTAL	62	177	4596	900	3574	14,179386	20,5773054
%	26%	74%		19,58%	77,76%		

Tabla 4-10 Tiempos por pieza buena o mala

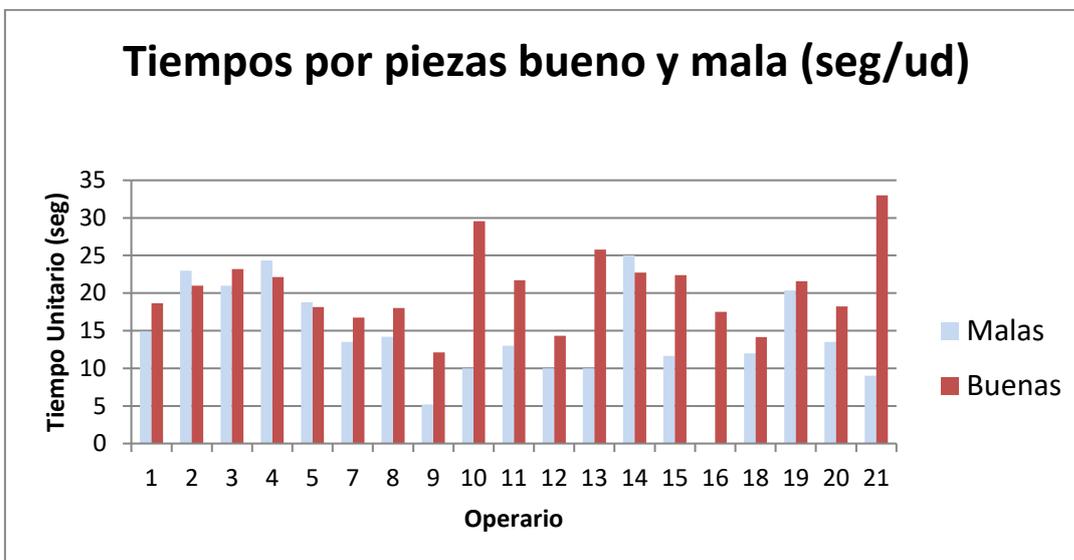
Como observamos, de las 239 piezas que hemos analizado un 74% son buenas y un 25% malas, lo que implica que haya un rechazo de casi 30% y eso es un problema al que se enfrenta la compañía.



Gráfica 4-1 Número de piezas buenas y malas por operario

El número de piezas con las que ha acabado trabajando el operario varía en función del ritmo de trabajo, capacidad visual, sensación de fatiga o cansancio,

etc. Es bastante más irregular la distribución de las piezas malas a lo largo de los operarios mientras que las de piezas buenas se mantienen algo



Gráfica 4-2 Tiempo dedicado por pieza

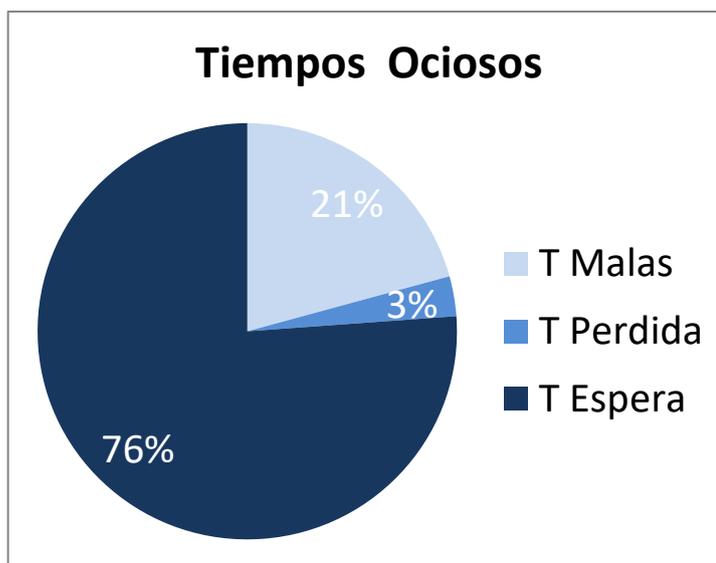
Es obvio que cuando de una pieza buena se trata el tiempo dedicado a la misma es mayor que a una mala. Para que una pieza acabe dándose por válida, es lógico realizar todo tipo de comprobaciones sobre la pieza hasta completar una serie de movimientos. En cuanto a las piezas malas es más aleatorio ese tiempo, es decir, muy variable ya que una pieza puede ser desechada a la primera de cambio o no. Dependerá de la capacidad que tenga el operario de hallar el defecto.

	Tiempos Inactividad			Porcentaje de tiempos		
	T Malas	T Perdida	T Espera	T Malas	T Perdida	T insp
1	0,88235294	0	1,70588235	5%	0%	95%
2	0,38461538	0	3	2%	0%	98%
3	0	0	2,2	0%	0%	100%
4	0	0	2,7	0%	0%	100%
5	1,15384615	0	2,58333333	6%	0%	94%
7	0,9	0	2,75	6%	0%	94%
8	0,875	0	3	5%	0%	95%
9	0,6	0	2,42105263	5%	0%	95%
10	0	0	2,625	0%	0%	100%
11	1,5	0,85714286	4,46153846	8%	4%	88%
12	0,5	0	2,17647059	4%	0%	96%
13	0,36363636	0	2,9	1%	0%	99%
14	1,1	0	2,88888889	5%	0%	95%
15	1,18181818	1	4,2	6%	5%	89%
16	0	0	3,72727273	0%	0%	100%
18	1	0	3,07142857	6%	0%	94%
19	3,72727273	0,45454545	3,3	18%	2%	80%
20	1,30769231	0	3,66666667	7%	0%	93%
21	0	0	3,44444444	0%	0%	100%
TOTAL	15,4762341	2,31168831	56,8219787	TOTAL SUMA		
%	21%	3%	76%	74,609901		

Tabla 4-11 Tiempos ociosos según fuese la pieza buena o mala

Dentro de los tiempos improductivos, vemos que la que mayor tiempo se pierde es el ocasionado entre las esperas. Es un valor relativamente bajo y difícilmente reducible dado que es una situación inevitable donde el operario necesita volver al contenedor.

El diagrama de sectores (Gráfica 4-3) refleja muy bien como es en proporción esa distribución



Gráfica 4-3 Porcentaje de tiempo ocioso dedicado

2.3.2. Análisis II

En general deberá hacerse la valorización durante la ejecución antes de registrar tiempos y dar con el desempeño tipo. Se ha escogido la escala 0-100 que es la más empleada norma británica. En este caso, el desempeño tipo es resultado del producto acumulado de periodos de trabajo realizados a ritmos diversos. Tenemos 12 empleados sobre el que se ha hecho el estudio y hemos obtenido el promedio de tiempos registrados por operario.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Promedio (seg)	16,882353	21,15385	23	22,7273	18,385		18,7	17,566	11,492	26,943	19,859	13,111

Tabla 4-12 Velocidad promedio de los trabajadores

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ritmo obs	116	90	90	90	100		100	100	125	75	100	116
	-11,49%	10,90%	20,58%	19,15%	-3,62%		-1,96%	-7,91%	-39,75%	41,25%	4,11%	-31,26%

Tabla 4-13 Valoración del ritmo de cada trabajador

- RITMO TIPO: 100
- RITMO OBSERVADO: varía en función de actividad observada dado que no es siempre la misma, aunque se dé la misma operación a lo largo de un tiempo. Por cada uno de los elementos hemos asignado un ritmo diferente.

En cuanto a la valoración de los trabajadores, se ha tenido en cuenta no solo los promedios de tiempos de cada uno sino también la habilidad y destreza de cada uno de ellos para razonamiento más realista. Al tratarse de una operación que exige una actividad mental es muy complejo valorarlo. Con esta valoración subjetiva del analista, hemos establecido los distintos ritmos de cada operario y, por consiguiente, los tiempos básicos.

En primer lugar, he hecho un registro promedio de cada operario anotando información sobre el desempeño y habilidad de los trabajadores.

OP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Agilidad Manos	ALTA	BAJA	ALTA	BAJA	INTERMEDIO		ALTA	ALTA	ALTA	BAJA	INTERMEDIO	ALTA	
T.Visualización	MEDIA	ALTA	MEDIA	ALTA	MEDIA		BAJA	BAJA	MUY BAJA	MUY ALTA	MEDIA	MEDIO	
Destreza	BUENA	MEDIA	BUENA	MALA	MEDIA		BUENA	BUENA	BUENA	MALA	MEDIA	BUENA	
Movimientos de inspección	MECÁNICO	REPETITIVO	MECÁNICO	REPETITIVO	MECANICO		LENTO	MECÁNICO	MECÁNICO	LENTO	REPETITIVO	MECÁNICO	
Tiempos	16,8823529	21,1538462	23	22,7272727	18,38461538		16,1	16,8125	11,15	30,6666667	19,2142857	13,1111111	
							23,2	17,5	11,8333333	24,3636364	19,4545455		
							16,8	18,3846154		25,8	20,9090909		
Suma	16,8823529	21,1538462	23	22,7272727	18,38461538	0	56,1	52,6971154	22,9833333	80,830303	59,5779221	13,1111111	
Promedio	16,8823529	21,1538462	23	22,7272727	18,38461538		18,7	17,5657051	11,4916667	26,9434343	19,8593074	13,1111111	
	19,07448289	-11,49%	10,90%	20,58%	19,15%	-3,62%		-1,96%	-7,91%	-39,75%	41,25%	4,11%	-31,26%

Tabla 4-14 Desempeño de los trabajadores

La valoración es subjetiva, pero permite hacernos una idea de quién es el más rápido y el más lento, por ejemplo. Vemos que hay una gran diferencia entre estos dos que depende en gran medida a la destreza y agilidad con las manos del operario. Exceptuando estos dos casos y alguno más, el resto se acerca al promedio, es decir, básicamente siguen una velocidad más o menos parecida. Es cierto que el ritmo que seguirán no estará determinado solo por la velocidad de cada uno a la hora de trabajar con la pieza, depende de otros factores

2.3.3. Análisis III

En este punto, se trata de obtener los tiempos estándar de operación por cada operario y el promedio del conjunto. Medimos el “tiempo hombre” en horas-hombre asignado a cada uno de los elementos que componen la tarea. Anteriormente, hemos hecho la valoración del ritmo de trabajo como factor imprescindible para el cálculo del tiempo de una operación, establecido el ritmo

tipo y observado de cada operación, además de haber añadido los suplementos.

El método de obtención del tiempo normal seguido es el de la media. La normalización de tiempos observados exige eliminar los datos extraños fuera +/- 33% de la media de tiempos básico.

Ejemplo con la muestra 1 con 17 observaciones según Tabla 4-15:

Escala 0-100						
	Tiempo restado (seg)	Ritmo	Tiempo básico (seg)	Tiempo Básico Medio	Tiempo básico (I)	Tiempo Básico Medio E (I)
OP 1	22	116	25,52		25,52	
	23	116	26,68			
26,03435882	22	116	25,52		25,52	
13,11505294	19	109	20,71		20,71	
	19	109	20,71		20,71	
	12	118	14,16		14,16	
	7	125	8,75			
	13	120	15,6		15,6	
	18	116	20,88	19,57470588	20,88	19,82266667
	16	116	18,56		18,56	
	14	116	16,24		16,24	
	16	116	18,56		18,56	
	16	116	18,56		18,56	
	20	120	24		24	
	15	116	17,4		17,4	
	19	116	22,04		22,04	
	16	118	18,88		18,88	

Tabla 4-15 Tiempo básico de la muestra 1

Una vez eliminado los puntos que se van fuera de los límites (observación 1 y 7), realizamos de nuevo la media de las observaciones sin los puntos eliminados. Con el tiempo básico, obtenemos el tiempo corregido por operación añadiendo los suplementos (38%).

Ritmo tipo	100
Suplemento	37%

También lo he ido obteniendo según fuesen las piezas buenas o malas por cada uno de los operarios (Tablas 4-16)

Piezas Buenas	Piezas malas	Tiempo Básico B (seg)	Tiempo Básico M (seg)
25,52		21,46714286	17,36428571
25,52			
20,71			
	20,71		
	14,16		
	15,6		
20,88			
18,56			
	16,24		
	18,56		
18,56			
24			
	17,4		
22,04			
	18,88		

Tabla 4-16 Tiempo básico por pieza buena o mala

El problema es que las piezas malas no aportan gran fiabilidad al estudio de tiempos estándar ya que depende son tiempos muy variables en función de la rapidez con que el trabajador detecta el defecto en la pieza.

Es razonable pensar que el tiempo total fuese más parecido al seguido por las piezas buenas ya que son las que en mayor número se dan (Tabla 4-17).

X	Tiempo Estandar (seg)	Tiempo Estandar B (seg)	Tiempo Estandar M (seg)
1	27,15705333	29,40998571	23,78907143

Tabla 4-17 Tiempos estándar de la muestra 1

El tiempo estándar por operación se obtiene al añadir la frecuencia con la que sucede y, en este caso, al estudiar una operación que tiene lugar una vez por pieza la frecuencia será 1 por cada pieza.

2.4. Tiempos predeterminados

Los sistemas de normas de tiempo predeterminadas consisten un en un conjunto de técnicas avanzadas cuyo objetivo principal es establecer el tiempo



necesario para efectuar un tarea fundamentados en tiempos prefijados sobre los movimientos de las operaciones.

2.4.1. MTM-1

Otra manera de obtener fijar el tiempo necesario dentro de los sistemas NTPD es el MTM-1. Una manera muy precisa y detallada de todos los movimientos que supone completar la operación. El principal problema que he tenido es que, al ser movimientos muy cortos y con muchos giros, dificulta medirlo con precisión. La tabla de movimientos presenta 593 códigos más todavía que en el MTm-2.

Después muestro la tabla que he creado según han sido los movimientos realizados por una mano o por las dos.

MTM-1 pieza aceptada		Diámetro 20 pul		Peso >2,5lb			
		Mano izquierda	Tipo	TMU	Tipo	Mano derecha	Frecuencia
1				19,8	R20C	Alcanzar la pieza en contenedor	1
2				7,3	G4A	Coger la pieza de tamaño >25mm	1
3				19,796	mM20A	Mover la pieza hasta la otra mano	1
4				18,6	TBC1	Girar el cuerpo hacia el contenedor	1
5	1	Agarrar objeto mediano	G1A	5,6	G3	Pasar el control pieza a otra mano	1
6	5	Desplazamiento de ojos largo pieza 0,152/0,3	EV	38,5066667	EV	Desplazamiento de ojos largo pieza 0,152/0,3	5
7	2	Desplazamiento de ojos a lo ancho pieza 0,109/0,3	EV	11,0453333	EV	Desplazamiento de ojos a lo ancho pieza 0,109/0,3	2
8	17	Control visual de la pieza	EF	124,1	EF	Control visual de la pieza	17
10	7	Cambiar la manera de coger la pieza	G2	37,1	G2	Agarrar de nuevo la pieza	7
11	1	Giro combinado 90 apoyada mano	T90M	8,5	G5	Agarrar de contacto	1
12	1	Agarrar de contacto	G5	8,5	T90M	Giro combinado 90 apoyada mano	1
13	2	Giro puro sobre la pieza 90	T90M	17	T90M	Giro puro sobre la pieza 90	2
14	1	Giro puro 180	T180M	14,8	T180M	Giro puro 180	1
15	1	Girar el cuerpo hacia el contenedor	TBC1	18,6			
16	1	Mover la pieza a posición exacta	MdC	25,625			
17	1	Posicionar en el contenedor	P.INSE	10,4			
18	1	Soltar	RL2	0			
				385,273			

seg	0,036
	13,869828

Tabla 4-18 MTM-1 De la operación

Para las piezas malas pasa lo mismo que anteriormente comenté. Esta vez no lo he tenido en cuenta para este tipo de metodologías ya que inducirían a error por la imprecisión a la hora de establecer los movimientos. Dicho método (Tabla 4-18) no es del todo preciso y no se ajusta correctamente al estándar de tiempos, por tanto, vamos con otro sistema predeterminado MTM-2.

2.4.2. MTM-2

El sistema más empleado y común a todos es el MTM-2. Explico detalladamente mediante las siguientes tablas:

CATEGORÍA	CÓDIGO
<i>Tomar</i>	GA, GB, GC
<i>Poner o situar</i>	PA, PB, PC
<i>Reasir</i>	R
<i>Aplicar presión</i>	A
<i>Emplear los ojos</i>	E
<i>Movimiento del pie</i>	F
<i>Andar</i>	S
<i>Inclinarse y levantarse</i>	B
<i>Factores de peso</i>	GW, PW
<i>Hacer girar</i>	C

Tabla 4-19 Descripción del movimiento según MTM-2

La siguiente tabla hace referencia a los tipos de movimientos y sus correspondientes valores según distancia y peso en algunos casos. Me he servido de ella para indicar el valor en TMU por medio de la descomposición de los movimientos de la operación que estudiamos. Utilizamos la tabla MTM-2 como referencia para poder determinar el tiempo teórico

Teniendo en cuenta que ya hemos dividido la operación en elementos básicos y con la ayuda de las tablas de MTM-2, he creado una tabla de tiempos predeterminados para esta operación si de una pieza buena se tratase.

MTM2

MTM pieza aceptada

Item	Frecuencia	Mano izquierda	Tipo	TMU	Tipo	Mano derecha	Frecuencia
1				61	B	Inclinarse a por la pieza	1
2				23	GB 45	Alcanzar la pieza en contenedor	1
3			G-	3,94	GW	Levantar la pieza a una mano >2kg	1
4				18	S	Girar el cuerpo hacia el puesto	1
5	1	Agarrar objeto mediano con la otra mano	GB5	15	PA45	Mover la pieza hasta la otra mano	1
6	1	Esfuerzo pieza	GW3,94	3,94			1
7	8	Control visual de la pieza	E	64	E	Control visual de la pieza	8
8	8	Agarrar de nuevo	R	64	R	Agarrar de nuevo la pieza	8
9	1	Hacer girar la pieza	C	26,25	C	Hacer girar la pieza	1
10	1	Agarrar objeto mediano con la otra mano	GB5	15	PA45	Mover la pieza hasta la otra mano	1
11	1	Esfuerzo pieza	GW3,94	3,94			
12	1	Girar de nuevo el cuerpo hacia el contenedor	S	18			
13	1	Mover la pieza al contenedor	GB 45	23			
14	1	Esfuerzo para llevar pieza >2kg	GW3,94	3,94			
15	1	Inclinarse hacia el contenedor	B	61			
16	1	Situar la pieza en contenedor correctamente	PB45	30			
17		Soltar					
				434,01			

seg	0,036
	15,62436

Tabla 4-20 MTM-2 de la operación

Como ya dije repetidas veces, el estudio sobre piezas malas es más complejo y, más aún, si tenemos que obtener un tiempo predeterminado. Tendría que dividir las piezas según fuesen sido rechazadas en 1º, 2º, 3º instancia y para cada una obtener un tiempo teórico. Está claro que una pieza no tiene que pasar por todos y cada una de las comprobaciones si de primeras se haya un defecto nada más visualizarla. Un ejemplo sería:

7	2	Control visual de la pieza
8	1	Arrancar de nuevo
9	2	Hacer girar la pieza
10	3	Arrancar objeto mediano con la otra mano
11	4	Arrancar pieza
12	5	Arrancar de nuevo el cuerpo hacia el contenedor

En función de las veces que controle la pieza, realizaré tantos giros como las maneras en que coja la pieza. Finalmente, el MTM-2 (Tabla 4-20) nos acerca a un resultado más convincente de cara al tiempo estándar calculado, pero no del todo conforme con lo que queremos.

2.4.3. MODAPTS

Técnica novedosa que significa arreglo modular de tiempos estándares. Resulta sencilla y fácil de aprender para el analista y se enfoca en el operador. Basada en movimientos de control bajo y alto consciente según qué clase de movimiento se trate o parte del cuerpo emplea. En la ilustración 4-4 de a continuación, se ve claramente como se divide el movimiento y los códigos que se derivan de cada una de las partes del brazo y antebrazo.

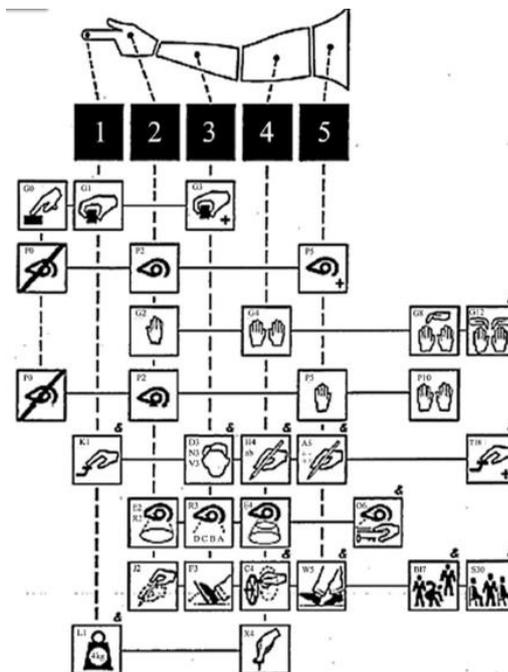


Ilustración 4-4 Esquema de movimientos según MODAPTS

Pieza 720R PIEZA BUENA

ESTUDIO		No 001		DESCRIPCIÓN		TAPA DE BANCADA	
FECHA		X/X/X		CLIENTE		X	
ANALISTA		X		OPERACIÓN		23	
DEPARTAMENTO		I+D		PESO		2/9 lb	
SECCIÓN		ACABADO		DISTANCIA		18"	
OPERARIO		1		MODELO		720-R	
				MAQUINA		2	
				DESCRIPCIÓN INSPECCIÓN VISUAL			
No	S/U	Descripción de elementos	Arreglo Modular MI	Arreglo Modular MD	Frecuencia MI	Frecuencia MD	T subtotal
1	S U	Coger pieza del contenedor y llevar al puesto	M5G1-M5P2 5+1+5+2		1+1+1+1		13
2	S U	Inspeccionar la pieza	M3P2 J2 E2 C4 3+2+2+2+4	M3P5 J2 E2 C4 3+5+2+2+4	1+1+7+7+7	1+1+7+7+7	125
3	S U	Decidir si la pieza es buena	D3 3			1	3
4	S U	Trasladar la pieza a la otra mano	M3G1 M3P0 3+1+3	M2G3 M2P2 2+3+2+2	1+1+1	1+1+1+1	15
5	S U	Depositar en el contenedor		M7G1 M7P5 7+1+7+5		1+1+1+1	20
				EQUIV		TOTAL	176
				seg		0,129	Seg
				Concesión		8,136	
				Tiempo estándar		25,4945605	
Esfuerzo mental		3					
Esfuerzo físico		5,4					
% Tiempo		0,54					
Concesión		3,6					

Tabla 4-21 MODAPTS

Es más sencillo que el resto de las técnicas y permite obtener un tiempo estándar predeterminado más próximo al calculado. Es el idóneo (Tabla 4-21) para el estudio comparativo que nos ofrecerá una idea de cómo es ese estándar de movimientos.

2.5. Observaciones

A lo largo del estudio he podido dar cuenta de problemas que he podido comprobar según iba recogiendo datos de los operarios. También, he anotado como ha sido el desarrollo de los operarios y cómo trabajaban cada uno de ellos.

	Observaciones
Problemas	Pérdida de tiempo productivo en el proceso a la hora de coger una nueva pieza para inspeccionar: la disposición del conjunto de piezas dificulta en cierto modo el agarre con una
	Perdidas de tiempo producidas al situar la pieza aceptada en el contenedor correspondiente: resulta complicado situarla de manera correcta tal y como especifica el cliente ya que
	La toma de datos se ha producido en horarios que no distan mucho entre si, lo que podría afectar a la variabilidad de los datos: contempla datos recogidos en turno de mañana
	La sincronización de movimientos durante la inspección de la pieza no es la misma entre los distintos operarios: No existe una estandarización del proceso de inspección de pieza
	Problemas de ergonomía para alcanzar piezas en el fondo del contenedor: postura requiere doblar por completo la espalda lo que puede ocasionar problemas musculares
	Problemas para concluir cuando la pieza es rechazada o no: no hay una seguridad para decidir ya que a veces hay indecisión por el operario lo que provoca pérdidas de eficiencia en

Tabla 4-22 Problemas durante el estudio

Son problemas relacionados con aspectos como la ergonomía, distribución del puesto de trabajo o sobre el modo de operar con la pieza. En algunos casos no es fácil llegar a una solución para este tipo de problemas; otros si es posible encontrar una solución. En este tipo de problemas, tan solo es necesario cambiar o adecuar el material de soporte al puesto de trabajo para evitar problemas futuros, por ejemplo.

2.6. Conclusiones

En esta parte concluimos el estudio y donde comprobamos si realmente el tiempo observado registrado se ajusta al teórico. Realmente podemos ver si el proceso de medición de tiempos sobre este puesto de trabajo es coherente y acorde con los estándares de medición.

En una tabla expongo un breve resumen de lo que ha venido siendo el análisis de los datos:

OBSERVADOS						
TIEMPO PRODUCTIVO	Tiempo estandar total		TOTAL	27,2936397		
	Tiempo estandar por pieza B o M		Buenas	Malas		
			27,6494527	20,2778953		
	Tiempo estandar por OP					
	1	27,1570533	(seg)	29,4099857	23,7890714	
	2	26,1448692	(seg)	25,6068222	28,0439	
	3	30,38934	(seg)	31,513425	25,893	
	4	27,2928909	(seg)	26,72185	30,277	
	5	27,3053455	(seg)	26,6719429	28,4138	
	7	24,6166167	(seg)	26,752675	20,3445	
	8	25,9536714	(seg)	25,1982143	20,4815	
	9	20,1176889	(seg)	20,2290286	19,728	
	10	33,835575	(seg)	33,835575	0	
	11	28,71657	(seg)	27,22738	25,46145	
	12	22,7361286	(seg)	22,1848667	21,4816	
	13	28,2448333	(seg)	28,05075	0	
	14	32,59778	(seg)	32,0220375	34,90075	
	15	24,58465	(seg)	26,95612	17,9333	
	16	25,1967909	(seg)	24,8792	0	
	18	24,7666643	(seg)	25,0555875	20,2486	
	19	29,8781778	(seg)	30,848975	29,10154	
	20	26,9454091	(seg)	28,24255	18,084	
	21	32,0991	(seg)	33,9326167	21,098	
	Tiempo unitario total		TOTAL	0		
Buenas	177	uds	14,179386	seg/u	74%	
Malas	62	uds	20,5773054	seg/u	26%	
TOTAL	239					
Tiempo inspeccionado		TOTAL	357,826616	95%		

Tabla 4-23 Resumen de tiempos productivos

TIEMPO IMPRODUCTIVO	Tiempo Malas	total(seg)	15,4762341	21%
	Tiempo Perdida	total(seg)	2,31168831	3%
	TOTAL		17,7879224	5%
	Tiempo Esperas	TOTAL	56,8219787	76%

Tabla 4-24 Resumen de tiempos improductivos

Con esto puedo decir un par de apuntes acerca de lo que los datos. Por un lado, el tiempo inspeccionado (Tabla 4-23) constituye el 95% del tiempo total mientras que los tiempos improductivos solo son el 5% del total. Evidentemente, no hay apenas perdidas en el proceso.

También, podemos añadir que los tiempos estándares por operación de pieza buena se desvían por encima del 33% de la media (color naranja) casi todas las muestras, mientras que las operaciones malas hay un reparto por encima y por debajo del 33 de la media de tiempos estándar por operación de pieza mala. Finalmente, como conclusión final de todo este estudio, los tiempos estándares obtenidos de los trabajadores continúan siendo muy diferentes al tiempo estándar predeterminado seleccionado (MODAPTS). Pese a ello, hemos conseguido aproximarnos al objetivo y resumirlo en un estudio extenso y completo.

3. Propuestas de mejora

Una vez analizados todos los datos y haber sacado conclusiones al respecto, es momento de proponer ideas para la mejora continua del proceso (Tabla 4-25).

	PROBLEMA	PROPUESTA
1	Pérdida de tiempo productivo en la recogida de pieza	Colocar las piezas de manera que haya un espacio entre unas y otras
2	Pérdida de tiempo en la colocación de la pieza en el contenedor final	Renovación de contenedores antiguos, adecuar espacio
3	Esperas por maniobrabilidad de las carretillas	Fijar un número de carretillas en función del número de operarios que estén trabajando y situarlas cerca de los puestos
4	Falta de sincronización de movimientos para la inspección eficaz de la pieza	Determinar los movimientos clave con las manos para su correcta inspección a través de la estandarización del proceso
5	Problemas de ergonomía a la hora de alcanzar las piezas en el fondo del contenedor	Adecuar la pieza de manera a una altura óptima
6	Indecisión para decidir cuando la pieza es rechazada o no	Especificar los defectos clave y formar a los operarios

Tabla 4-25 Propuestas de mejora

Muchas de ellos son acerca de acabar con los tiempos improductivos, ya sea por medio de una serie de medidas con un claro objetivo:

- Una buena disposición de las piezas con espacio suficiente entre ellas para facilitar al operario coger la pieza en el contenedor con una mano.
- Establecer un modelo estándar de movimientos más eficaz para todos los trabajadores puedan trabajar a un ritmo constante y consecuentemente aumentar la productividad
- Poner a disposición del operario carretillas suficientes, situándolas cerca del puesto y el aviso automático para evitar estar parado el trabajador, cambiar rápidamente los contenedores y terminar con los tiempos ineficaces para la producción.

Influye mucho en esto la confianza y el conocimiento del que se tenga del puesto de trabajo, debido a que fortalecerá vínculo entre la dirección y los

trabajadores. De todas maneras, siempre hay tener en cuenta la mejora continua de los procesos y prever nuevos desafíos o problemas que puedan surgir.

3.1. Instrucción técnica

El propósito de la instrucción técnica es facilitar una información detallada de cómo debe realizarse una operación específica de manera correcta. La explicación describe todos y cada uno de los pasos para ejecutar la actividad. El formato expuesto sigue la norma UNE ISO 9001 de Calidad (ver Ilustración 4-5).

 Linotes Especiales, S.A.	INSTRUCCIÓN TÉCNICA CONTROL DE FABRICACIÓN	IT.FB.75.XX FECHA: PAGINA: 1 de 1
---	---	--

TAREAS DE CONTROLADOR DE FABRICACIÓN

COMIENZO DEL TURNO Previamente se realizará las siguientes tareas: 1.1) Prever el número de operarios y turnos de trabajo que se van a emplear en función de las piezas que se demandan 1.2) Asegurarse de que en el panel de cada puesto este presente las fichas técnicas e instrucciones correspondientes a la pieza a inspeccionar 1.3) Preparar todas las herramientas que necesiten para su poder realizar dicha tarea
CICLO DE TRABAJO 2.1) Coger la pieza del contenedor y realizar sobre la misma una inspección visual Comprobar y garantizar que la pieza cumple con los requisitos de calidad marcados por dirección 2.2) Si la pieza no cumple con esto, se retirará al contenedor de piezas defectuosas Registrar las piezas rechazadas en una hoja de control situada en el mismo puesto 2.3) Si hay bastante rechazo en una piezas, se volverá a realizar una inspección visual De esta manera, garantizamos que hay un muro de calidad 2.4) Si una pieza es buena con condiciones: a) Presenta pegotes en las ramuras de la pieza y se pueden quitar con martillo con forma de pico 2.5) Si es buena directamente se deposita en el contenedor de piezas buenas para su posterior destino Importante que la disposición de las piezas en el contenedor se ajuste a lo que el cliente establece
OTRAS TAREAS 3.1) Preparar y recubrir el interior del contenedor de piezas buenas mediante un plástico para su posterior uso
FIN DEL TURNO 4.1) Recoger y limpiar el puesto de trabajo

Ilustración 4-5 Instrucción técnica

4. Formatos

Toda esta información que hemos ido sacando adelante y que nos permitirán optimizar nuestro proceso ha de estar reflejada en formatos donde visualmente

podamos ver los elementos que intervienen en la realización del estudio. Es información relevante y fundamental para la dirección

Los primeros documentos (Tabla 4-26) son el resumen del estudio de métodos y tiempos

TAREA		ESTUDIO	
EMPRESA	Lingotes Especiales	NOMBRE DEL ARCHIVO	Estudio de tiempos
DIRECCIÓN	Ctra Fuensaldaña	AUTOR	Pablo
LOCALIDAD	Valladolid	FECHA DE TOMA DE DATOS	28/02/2019
CODIGO POSTAL	47009	FECHA DE PROCESADO	06/03/2019
TELÉFONO	X		
NOMBRE DE LA TAREA	Control de calidad		
AREA DE SECCIÓN	Acabado		
CÓDIGO TAREA	X	Nº DE REVISIÓN	
DESCRIPCIÓN DEL PUESTO		FECHA DE REVISIÓN	
Puesto de trabajo con iluminación adecuada, ruido muy alto y un ambiente cargado medio		REVISADO POR	



Tabla 4-26 Datos de la tarea

Un encabezado donde se incluya información preliminar sobre la empresa, la tarea a estudiar y el estudio realizado. Básicamente, son datos del lugar de trabajo del operario, el autor o especialista al cargo, fechas de cuando se realizó y revisiones que se hayan producido (Tabla 4-27).

Parámetros			TÉCNICOS		
PIEZA	CANTIDAD	UDS	VELOCIDAD A PIE	CANTIDAD	UDS
DIMENSIONES PIEZA	0,152X0,109X0,066	m	DISTANCIA DE PUESTO INSPECCIÓN A CONTENEDOR	6,4	Km/h
PESO PIEZA	3,94	Kg	ÁREA NORMAL DE TRABAJO	0,508	m
ESTADÍSTICOS	CANTIDAD	UDS			
PROMEDIO DE TIEMPOS OBSERVADOS	19,4341	seg			
DESVIACIÓN TÍPICA T OBS	4,95594231	seg			
VARIANZA T OBS	24,6510767	seg			
PORCENTAJE PIEZAS MALAS	26	%			
PORCENTAJE PIEZAS BUENAS	74	%			

Tabla 4-27 Parámetros del producto, estadísticos y técnicos

Datos acerca de las dimensiones de la pieza, el puesto de trabajo donde realmente se lleva a cabo la tarea y los parámetros estadísticos de los que no hemos servido para hacernos una idea del estudio (Tabla 4-28).

Suplementos generales		Cuadro resumen	
ACTIVIDAD	CANTIDAD		Seg/UD
SUPLEMENTOS POR DESCANSO	11%	TIEMPO ESTÁNDAR	27,2936397
CONSTANTES	9%	MÉTODOS:	
VARIABLES	28%	TOTAL DE INSPECCIONES	2,7763
OTROS SUPLEMENTOS	0%	TOTAL TRANSPORTE	9,71705
		TOTAL SOSTENIMIENTO	4,858525
		TOTAL OPERACIONES	1,94341

Tabla 4-28 Resumen de suplementos y tiempos

Cuadro donde se incluyen por un lado los valores porcentuales de los tipos de suplementos y por otro el cuadro resumen de los tiempos por unidad.

DEPARTAMENTO	I+D	SECCIÓN	Acabado	ESTUDIO NÚM	12
				HOJA NÚM	5 de 5
OPERACIÓN	Inspección visual	ESTUDIO DE MÉTODOS	1	FECHA	05/03/2019
INSTALACIÓN	Mesa de obs	NÚM	2	TERMINO	9h:10
HERRAMIENTAS Y CALIBRACIÓN	Martillo			COMIENZO	9h:05
PIEZA/PRODUCTO	Tapa de Bancada	NUM	720-R	T.TRANSCURRIDO:	240s
PLANO NÚM	2	MATERIAL	Fundición	T.PUNTEO:	
CALIDAD	Según ficha	CONDICIONES TRABAJO	Buenas	T.NETO:	235 s
				T.OBSERVADO:	236 s
OPERARIO		FICHA NÚM	1234	OBSERVADO POR	Pablo
				COMRPOBADO POR:	x
Número	Descripción	TB	F	Obs	

Tabla 4-29 Resumen del estudio

Se trata de la hoja resumen (Tabla 4.30) de un día concreto que posteriormente se pasa a una hoja de análisis. Los elementos que componen la operación se les atribuye un tiempo básico (3º columna) para cada uno de ellos. En este caso los elementos son repetitivos, así que es necesario representarlos. El ciclo de la operación es sobre un elemento repetitivo. Por tanto, la frecuencia de la operación (4º columna) es una vez por ciclo (1/1). Finalmente se incluye el tiempo observado (5º columna)

Producto: Tapa de bancada de motor 720-R Peso: 3,94 kg		Tensión física				Tensión mental				Condiciones de trabajo																					
		Fuerza media		Postura		Vibraciones		Ciclo breve		Concentración		Monotonía		Tensión visual		Ruido		Temperatura		Ventilación		Emanaciones de gases		Polvo		Suciedad		Presencia de agua			
Operación: Inspección visual de la pieza																															
Condiciones de trabajo: Buenas																															
Num	Descripción del elemento	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos	Tensión	Puntos

Tabla 4-30 Suplementos total por descanso

Este cuadro (Tabla 4-30) se anotan los suplementos donde se distinguen el tipo de tensión (bajo, medio, alto) y los puntos por suplemento correspondientes a una tabla de coinversión empleada previamente.

Capítulo 5 ESTUDIO ECONÓMICO

1. Introducción

En este proyecto se ha tenido en consideración el número de horas empleadas en el estudio y elaboración de todas y cada una de las fases del estudio. Por tanto, no se ha necesitado evaluar grandes costes económicos materiales ni de mano de obra asociados al estudio, dado que ha sido realizado “in situ” a lo largo de las rutinas de trabajo de los empleados a través de un medio tan sencillo como es una cámara.

A continuación, se explicarán los puntos importantes dentro de la gestión del proyecto y las partes involucradas en el mismo.

2. Personal de empresa

- 2.1. Directores del departamento de I+D y calidad
- 2.2. Supervisor de acabado
- 2.3. Oficiales de 1º
- 2.4. Sindicatos
- 2.5. Peón

Los directores son los responsables de la idea del estudio. Se encargan de planificar el estudio y organizar a las diferentes personas implicadas mediante la coordinación de los mismos.

El supervisor de acabado será quien avisará a dirección de cuando la pieza se está realizando, además de encargarse de informar a la responsable del grupo de trabajadores de ese turno. Es el que autorizará cuando comenzar el estudio.

Los oficiales 1º controlará que todo esté bajo control y el estudio se realice con éxito.

Los sindicatos establecen las condiciones bajo las que ese tiene realizar el estudio y las demoras o suplementos a tener en cuenta en el estudio.

Los peones son los que deben trabajar a ritmo normal y si cabe añadir sugerencia alguna sobre el estudio.

3. Fases de desarrollo

Consiste en una serie de etapas que varían según el punto de vista de la persona que lo esté analizando.

- 3.1. Necesidad y elaboración del estudio. Etapa donde se analiza de forma general el flujo de materiales que la sigue la pieza desde que se fabrica hasta que llega al cliente por medio del VSM. Sobre el mismo se formula el problema, se establecen las líneas de actuación y quien debe llevarlo a cabo.
- 3.2. Presentación del estudio. Se comunica a los supervisores y responsables encargados de la realización del estudio, además de buscar la colaboración entre ambas partes.
- 3.3. Recogida de información. Habiendo ya sido informados los responsables, comenzarán a recopilar información de tiempos en la sección bajo estudio a través de una videocámara
- 3.4. Toma de datos: reunir todos los datos que extraemos de las grabaciones en tablas y clasificar tiempos según sea productivos o improductivos.
- 3.5. Análisis. Tras organizar los datos para el estudio, extraemos un análisis estadístico de los datos, valorización de los trabajadores y obtenemos tiempos básicos y estándar de cada operario.
- 3.6. Observaciones. Comentarios acerca del estudio y los problemas que han ido surgiendo.
- 3.7. Conclusiones. Como parte final, sacamos las conclusiones, comprobando si ha resultado con éxito el estudio.

4. Estudio económico del estudio

Básicamente, es un estudio económico relacionado con las diferentes etapas del estudio. Se valorará el coste de cada actividad que sea de interés para el estudio.

4.1. Horas efectivas anuales y tasas horarias de personal

En esta tabla muestro la siguiente información (Tablas 5-1):

Concepto	Días	Total de Horas efectivas
Año	365	1687.36
Fines de semana	-104	
Días vacacionales	-20	
Días festivo	-12	
Días de baja	-15	
Formación personal PRL	-2,08	
Seguridad y salud	-1	
Total de días efectivos	210.92	

Tabla 5-1 Desglose de los días efectivos

Concepto	Días
Año medio	52
Vacaciones	-5
Enfermedad	-3
Formación	-2
Seguridad y salud	-1
Total semanas	41

Tabla 5-2 Semanas efectivas

El ingeniero de organización debe ser quien deba valorar e implantar procesos de Lean Manufacturing, estimando procesos y layouts del proyecto, acordes con la dirección. Para este estudio en concreto, es el responsable de la realización del cronometraje y estudios del puesto de trabajo. El supervisor es el colaborador junto con los responsables de unidad durante el estudio y la preparación del mismo.

Concepto	Director Dpto.	Ingeniero Organización	Supervisor	Oficial de 1º	Peón	Aux. Admón.
Sueldo	45764.85€	23116.8€	16846.6€	15231.25€	14116.5€	11846,11€
SS (35%)	16017.6€	8090.88€	5896.31€	5330.93€	4940.77€	4146.13€
Total	61782.45€	31207.98€	22742.29€	20562.18€	19057.27€	15992.25€
Coste H	39.8.3€	17.56€	11.87€	10.12€	9.97€	8.94€

Tabla 5-3 Costes del equipo de profesionales

4.2. Cálculo de amortizaciones para los recursos empleados

Los equipos informáticos utilizados siguen un periodo de amortización de 5 años con cuota lineal. Los dividiremos en dos grupos: la fase previa del estudio y la fase de desarrollo y gestión de los datos.

EL coste queda reflejado en las siguientes tablas 5-4 y 5-5:

CONCEPTO	COSTE	UD.	COSTE TOTAL
Portátil Hp Pavilion Notebook Intel I7-8550u (1.8ghz)	1362.3€	1	1362.3€
Software Smartdraw Windows 10	249.3€	1	249.3€
Software De Microsoft Power Point	250€	1	250€
Impresor Hp LaserJet 4m Plus	350€	1	350€
TOTAL		3	2211.6€
AMORTIZACIÓN		Mes	184.3€/mes
		Día	6.14€/día

Tabla 5-4 Amortización en Fase previa

CONCEPTO	COSTE	UD.	COSTE TOTAL
Portátil HP Pavilion Notebook Intel i3-7020U (2.3GHz), 15.6" HD AG LED, 4GB RAM	458.77€	1	458.77
Portátil HP Pavilion Notebook Intel i7-8550U (1.8GHz)	1362.3€	1	1362.3€
HP 27W - Monitor de 27" (Full HD, 1920 x 1080 pixels)	149€	1	149€
Impresora HP LaserJet 4M Plus	350€	1	350€
Impresora HP LaserJet Pro Mfp M28w	311€	1	311€
Videocámara Sony Handycam HDR-CX405	189€	1	189€
Software de Microsoft Windows Excel 2010	126€	1	249.3€
Software de Microsoft Windows Word 2010	126€	1	250€
Impresor HP LaserJet 4M Plus	350€	1	350€
TOTAL		9	2772€
AMORTIZACIÓN		Mes	231€/mes
		Día	7.7€/día

Tabla 5-5 Amortización en Fase desarrollo

4.3. Coste de material consumible

Hemos fijado un consumo medio que ha realizado por persona y hora de trabajo. Se muestra a continuación (Tabla 5.6):

CONCEPTO	COSTE
Papelería	56€
Tinta de impresora	310€
Tarjetas de memoria de videocámara	24€
Otros	300€
TOTAL ANUAL POR PERSONA	614€
TOTAL HORARIO POR PERSONA	0.15€

Tabla 5-6 Coste de material consumible

4.4. Costes indirectos

Se hace referencia a los consumos de electricidad, calefacción, alquileres, etc. Incluyo las tasas por persona y hora trabajada como se ilustra (Tabla 5.7):

CONCEPTO	COSTE
Teléfono	110€
Luz	120€
Calefacción	305€
Alquiler	330€
Agua	30€
TOTAL ANUAL POR PERSONA	895€
TOTAL HORARIO POR PERSONA	0.27€

Tabla 5-7 Costes indirectos del estudio

4.5. Horas de personal dedicadas a cada fase proyecto

Se ha determinado que la dedicación del personal en cada etapa del estudio ha sido la siguiente (Tabla 5.8)

Personal	Etapas (Horas)						
	1	2	3	4	5	6	7
Director dpto.	20	15	5	5	20	12	12
Ingeniero Organización	15	20	22	15	24	15	18
Supervisor	0	10	5	20	12	15	8
Oficial de 1º	0	0	5	20	10	0	0
Auxiliar administrativo	2	8	15	20	22	22	25
Peón	0	0	35	5	0	0	0
TOTAL	37	53	85	85	88	64	65

Tabla 5-8 Horas dedicadas por persona al proyecto

5. Costes asignados a las fases del estudio

Este apartado incluye las horas del personal que dedican a cada etapa, así como las tasas horarias de salarios y amortización junto con los costes de material e indirectos correspondientes.

5.1. Fase 1: Elaboración del proyecto

En esta parte intervienen el director del Departamento, el ingeniero de organización y el auxiliar administrativo. El director es quien establece los objetivos y el plan de acción a seguir. Esta última es organizada junto con el ingeniero y deciden como deben actuar los departamentos involucrados en la etapa como pueden ser Calidad, Logística, Seguridad e I+D.

El auxiliar administrativo realiza las tareas de redacción y escritura de documentos.

Los costes se reparten del siguiente modo (Tabla 5.9):

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	HORAS	CH	COSTE TOTAL
Personal	Director Dpto.	20	39.8	796€
	Ing. Organización	15	17.58	263.7€
	Aux. Admon	2	8.94	17.88€
Amortización	Equipos Fase previa	3	0.38	2.64€
Material consumible		37	0.15	5.55€
Costes Indirectos		37	0.27	9.99€
COSTE TOTAL		1095.7€		

Tabla 5-9 Coste asociado a la Fase 1

5.2. Fase 2: Presentación del proyecto

Se da a conocer el proyecto a los supervisores y responsables de unidad del área, a los cuales se les solicita su colaboración con el estudio y comunicar a los equipos de trabajo con los que se trabajará. Los costes de esta segunda etapa son (Tabla 5.10):

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	HORAS	CH	COSTE TOTAL
Personal	Director Dpto.	15	39.8	597€
	Ing. Organización	20	17.58	351.6€
	Aux. Admon	8	8.94	71.52€
	Supervisor	10	11.87	118.7€
Amortización	Equipos Fase previa	20	0.38	7.6€
Material consumible		55	0.15	8.25€
Costes Indirectos		55	0.27	14.85€
COSTE TOTAL		1169.52€		

Tabla 5-10 Costes asociados a la Fase 2

5.3. Recogida de información:

El ingeniero de organización es el encargado de comenzar con la recopilación de datos para el estudio a través de grabaciones con la videocámara. Cabe destacar que es la parte en la que los peones suponen el mayor coste al estudio. Seguidamente, mostramos la tabla de costes (Tabla 5.11):

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	HORAS	CH	COSTE TOTAL
Personal	Director Dpto.	5	39.8	199€
	Ing. Organización	22	17.58	386.76€
	Supervisor	5	11.87	59.35€
	Oficial 1º	5	10.12	50.6€
	Aux. Admon	15	8.94	134.1€
	Peón	35	9.97	348.95€
Amortización	Equipos Fase previa	15	0.38	13.2€
	Equipos de Fase desarrollo	35	0.44	6.6€
Material consumible		85	0.15	12.75€
Costes Indirectos		85	0.27	22.95€
COSTE TOTAL		1234.67€		

Tabla 5-11 Costes asociados a la Fase 3

5.4. Toma de datos

Los datos recopilados se clasifican en tablas donde según sean productivos o improductivos y con los que trabajara el ingeniero de aquí en adelante. Contará con la ayuda de los supervisores y la tabla 5.12 lo resume:

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	HORAS	CH	COSTE TOTAL
Personal	Director Dpto.	5	39.8	199€
	Ing. Organización	15	17.58	263.7€
	Supervisor	20	11.87	237.4€
	Oficial 1º	20	10.12	202.4€€
	Aux. Admon	20	8.94	178.8€
	Peón	5	9.97	49.85€
Amortización	Equipos Fase previa	0	0.38	0€
	Equipos de Fase desarrollo	20	0.44	8.8€
Material consumible		85	0.15	12.75€
Costes Indirectos		85	0.27	22.95€
COSTE TOTAL		1175.65€		

Tabla 5-12 Costes asociados a la Fase 4

5.5. Análisis y selección

Etapa crítica en la que se estudia cómo son los datos y como se ajustan al estándar de tiempos. Al principio se analizan si son fiables, después una vez seleccionado la muestra representativa se procede a la obtención del tiempo estándar de cada operario. A su vez, se obtiene paralelamente el tiempo estándar predeterminado de la operación. Los costes asignados en la etapa de análisis son (Tabla 5.13):

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	HORAS	CH	COSTE TOTAL
Personal	Director Dpto.	20	39.8	796€
	Ing. Organización	24	17.58	421.92€
	Supervisor	12	11.87	142.44€
	Oficial 1º	10	10.12	101.2€
	Aux. Admin	22	8.94	196.68€
Amortización	Equipos Fase previa	0	0.38	0€
	Equipos de Fase desarrollo	20	0.44	8.8€
Material consumible		88	0.15	13.2€
Costes Indirectos		88	0.27	23.76€
COSTE TOTAL		1704€		

Tabla 5-13 Costes asociados a la Fase 5

5.6. Observaciones

Se trata de una extracción de una primera conclusión a simple vista y anomalías detectadas a lo largo del estudio. El ingeniero junto con el supervisor saca a la luz problemas observados y posibles propuestas para la mejora del estudio (Tabla 5.14):

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	HORAS	CH	COSTE TOTAL
Personal	Director Dpto.	12	39.8	477.6€
	Ing. Organización	15	17.58	263.7€
	Supervisor	15	11.87	178.05€
	Oficial 1º	10	10.12	101.2€
	Aux. Admon	22	8.94	196.68€
Amortización	Equipos Fase previa	0	0.38	0€
	Equipos de Fase desarrollo	30	0.44	13.2€
Material consumible		64	0.15	9.6€
Costes Indirectos		64	0.27	17.28€
COSTE TOTAL		1257.31€		

Tabla 5-14 Costes asociados a la Fase 6

5.7. Conclusiones

Esta última fase del estudio el ingeniero expone a los directores y supervisores los resultados alcanzados finales de manera que consten en informes con sus formularios correspondientes con al cierre del proyecto con la ayuda del auxiliar administrativo.

Los costes se muestran en la tabla 5.11:

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	HORAS	CH	COSTE TOTAL
Personal	Director Dpto.	12	39.8	477.6€
	Ing. Organización	18	17.58	263.7€
	Supervisor	8	11.87	178.05€
	Aux. Admon	25	8.94	196.68€
Amortización	Equipos Fase previa	0	0.38	0€
	Equipos de Fase desarrollo	33	0.44	14.52€
Material consumible		65	0.15	9.75€
Costes Indirectos		65	0.27	17.55€
COSTE TOTAL		1157.85€		

Tabla 5-15 Costes asociados a la Fase 7

6. Cálculo final de coste total

El coste total se obtiene de la suma de todos los costes totales de cada una de las fases del estudio. Desglosamos los costes según las fases:

ACTIVIDAD	HORAS	COSTE
Elaboración del proyecto	37	1095.7€
Presentación	53	1169.52€
Recogida de información	85	1234.67€
Toma de datos	85	1175.65€
Análisis y selección	88	1704€
Observaciones	64	1257.31€
Conclusiones	65	1157.85€
TOTAL	477	8794.7€

Tabla 5-16 Costes totales de cada fase del estudio

Nota: a estos costes habría que añadirles el Margen Comercial y los impuestos indirectos.



Capítulo 6 CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS

El presente proyecto tenía como objetivo la estandarización de la operación de control de fabricación de la pieza específica 720-r por medio de la determinación de tiempos estándares de cada uno de los trabajadores, obteniendo el ritmo tipo al que deberían trabajar los operarios acordes con los tiempos predeterminados de la operación.

A lo largo de este proyecto, se ha dedicado un esfuerzo enorme de cantidad de horas de trabajo y dedicación. Analizando punto por punto todas y cada una de las observaciones durante el estudio, y de este modo completar un trabajo de la forma más veraz y profesional posible. La elaboración del proyecto contiene un alto nivel de trabajo de investigación y desarrollo de conocimientos acerca de la medición de tiempos a nivel industrial. Sigue una metodología acorde con el trabajo que seguiría un experto cualificado en este campo, en este caso, un analista capacitado y, a su vez, combina las aptitudes y el rigor de un profesional de la estadística. Finalmente sintetiza la resolución de un problema encontrado en un principio. El proyecto de por si constituye una hoja de ruta que nos conduce a la mejora continua del puesto trabajo y en definitiva de la productividad de la compañía. Todo ello, permite alcanzar un objetivo marcado y que un ingeniero de organización perfectamente puede completar.

Este estudio es aplicable a cualquier tipo de proceso ya sean tareas u operaciones realizados por máquinas o manuales. Es posible que detectemos a través de dicho estudio nuevas ideas acerca del puesto de trabajo, ya sea el modo de trabajar o las condiciones bajo las que se de en el entorno de trabajo. Siempre va encaminado a la mejora continua del proceso o desarrollo de un producto. Por ejemplo, la idea de implantar un nuevo método de trabajo y su comprobación en el tiempo de que optimiza el puesto de trabajo sería la culminación de un estudio de gran éxito.



Capítulo 7 BIBLIOGRAFÍA

Ansi.org. Recuperado el 10 de octubre de 2019 de <https://share.ansi.org/Shared%20Documents/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2FShared%20Documents%2FStandards%20Activities%2FAmerican%20National%20Standards%2FProcedures%2C%20Guides%2C%20and%20Forms>

British Standard Institution. (1991). *Glossary of terms used in work management services BS 3138*. Londres.

Criollo, RG. (2005). *Estudio del trabajo*. México: (2ª ed.) McGraw-Hill.

Cruelles, JA. (2014). *Productividad industrial: Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua*. España: (1ª ed.) S.A Marcombo.

Ingeniería industrial online.com Recuperado el 5 de septiembre de 2019 de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/>

Lingotes Especiales.org. Recuperado el 20 de abril de 2019 de <https://www.lingotes.com/compania/>

Lingotes Especiales.org. Recuperado el 5 de abril de 2019 de <https://www.lingotes.com/productos/>

Maynard, HB. (2001). *Manual del ingeniero industrial*. Estados Unidos: (5ª ed.) McGraw-Hill.

Mtmingenieros.com Recuperado el 20 de octubre de 2019 de <http://mtmingenieros.com/>

Neira, AC. (2006). *Técnicas de medición del trabajo*. Madrid: (2ª ed.) Fund. Confemetal.

Niebel, BW. Y Freivalds, A. (2013). *Ingeniería industrial de Niebel: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Estados Unidos: (13ª ed.) McGraw-Hill Education

Oficina Internacional del Trabajo. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra: (4ª ed.).

Vivar, GJ. (2007). *Medición del trabajo: tiempo normal, tiempo estándar*. Recuperado el 18 de octubre 2019. Sesión 07. <https://studylib.es/doc/5055906/estudio-de-medicion-de-tiempo>