

DISEÑO, FABRICACIÓN Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE UNA MÁQUINA
MOLETEADORA DE MANUBRIOS PARA MOTOCICLETA

JOHN ALEJANDRO POSADA ALZATE
JUAN ANTONIO MURCIA GARCÍA

UNIVERSIDAD EAFIT
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
ÁREA DE MANTENIMIENTO
MEDELLÍN
2006

DISEÑO, FABRICACIÓN Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE UNA MÁQUINA
MOLETEADORA DE MANUBRIOS PARA MOTOCICLETA

JOHN ALEJANDRO POSADA ALZATE
JUAN ANTONIO MURCIA GARCÍA

Trabajo de grado para optar por el
título de Ingeniería Mecánica

Alberto Rodríguez
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD EAFIT
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
ÁREA DE MANTENIMIENTO
MEDELLÍN
2006

CONTENIDO

| | pág |
|--|-----|
| 1. PRESENTACIÓN | 9 |
| 2. ANTECEDENTES | 12 |
| 2.1 RESEÑA HISTÓRICA | 12 |
| 2.1.1 Misión | 13 |
| 2.1.2 Visión | 13 |
| 2.2 MOLETEADO | 13 |
| 3. OBJETO DE ESTUDIO | 15 |
| 4. FORMULACIÓN CLARA Y CONCRETA DEL PROBLEMA | 16 |
| 5. ALCANCE DEL PROYECTO | 17 |
| 6. JUSTIFICACIÓN | 18 |
| 7. OBJETIVOS | 19 |
| 7.1 OBJETIVO GENERAL | 19 |
| 7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 19 |
| 8. BENEFICIARIO DIRECTO DEL PROYECTO | 20 |
| 9. ESTADO DEL ARTE | 21 |
| 9.1 TELEOLÓGICO (FINES). | 21 |
| 9.2 FUNCION, FUNCIONES Y FUNCIONAMIENTO. | 22 |
| 9.2.1 El manejo del tiempo | 28 |
| 9.2.2 El manejo del espacio | 30 |
| 9.2.3 El manejo del tipo | 34 |
| 9.2.4 El manejo de la cantidad | 37 |
| 9.2.5 El manejo de la magnitud. | 39 |
| 9.3 FUNCIÓN PRINCIPAL | 40 |
| 9.4 CÁLCULOS | 40 |
| 9.4.1 Transmisión de potencia: | 41 |
| 9.4.2 Cálculo del piñón: | 42 |

| | | |
|-------|--|----|
| 9.4.3 | Cálculo del paso diametral: | 43 |
| 9.4.4 | Cálculo de la cadena: | 44 |
| 9.4.5 | Cálculo de la fuerza real del pistón: | 48 |
| 9.4.6 | Cálculo teórico de la fuerza del pistón: | 51 |
| 9.4.7 | Conclusión | 56 |
| 10. | ANÁLISIS FINANCIERO | 57 |
| 11. | BIBLIOGRAFÍA | 59 |
| 12. | ANEXOS | 60 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 26. Calculo de Valor Presente Neto, VPN | 58 |
| Ilustración 27. Sistema viejo, vista lateral reductor. | 60 |
| Ilustración 28. Sistema viejo, zona de moleteado. | 60 |
| Ilustración 29. Sistema viejo, detalle montaje de las moletas. | 61 |
| Ilustración 30. Sistema viejo, moleteadora completa, vista lateral. | 61 |
| Ilustración 31. Sistema viejo, montaje eje con moletas. | 62 |
| Ilustración 32. Sistema viejo, eje con moletas desmaontado. | 62 |
| Ilustración 33. Primera máquina, vista lateral carro de desplazamiento. | 63 |
| Ilustración 34. Primera máquina, montaje pistones neumático para carro. | 63 |
| Ilustración 35. Primera máquina, actuadores neumáticos y guías carro. | 64 |
| Ilustración 36. Primera máquina, descarga de los tubos para moleteado. | 64 |
| Ilustración 37. Primera máquina, eje de moletas y soporte para los tubos. | 65 |
| Ilustración 38. Primera máquina, montaje reductor. | 65 |
| Ilustración 39. Primera máquina, segunda opción para pistones. | 66 |
| Ilustración 39. Primera máquina, vista superior. | 66 |
| Ilustración 40. Primera máquina, sistema de empuje, 3ª opción. | 67 |
| Ilustración 41. Primera máquina, sistema de centrado para los tubos. | 67 |
| Ilustración 42. Primera máquina, transmisión de potencia 3ª opción. | 68 |
| Ilustración 43. Primera máquina, montaje reductor. | 68 |
| Ilustración 44. Primera máquina, moleteado. | 69 |
| Ilustración 45. Primera máquina, vista general de la máquina. | 69 |
| Ilustración 46. Máquina nueva, eje moleteado intercambiable. | 70 |
| Ilustración 47. Máquina nueva, brazo de alimentación y expulsión. | 70 |
| Ilustración 48. Máquina nueva, leva de presión para moleteado. | 71 |
| Ilustración 49. Máquina nueva, sistema de alimentación y moleteado. | 71 |
| Ilustración 50. Máquina nueva, sistema de centrado. | 72 |
| Ilustración 51. Máquina nueva, vista general de la máquina. | 72 |
| Ilustración 52. Máquina nueva, uñas de arrastre para el tubo. | 73 |

1. PRESENTACIÓN

Actualmente, en la industria, existen innumerables procesos y procedimientos por medio de los cuales se fabrican las diferentes herramientas, instrumentos, máquinas o cualquier tipo de cosas que son utilizadas ya sea en la industria o por las personas en general, con el fin de mejorar su calidad de vida o para hacer más eficiente su trabajo.

En la medida en que los mercados y la tecnología van evolucionando, la industria también debe buscar la manera de hacer que sus recursos, humanos y técnicos, sean utilizados de una manera más eficiente, esto con el fin de aprovechar los recursos excedentes en otras áreas de la industria, o conservándolos como reserva en caso de alguna eventualidad.

Es el caso de la industria Colombiana, más específicamente de la Antioqueña, que se encuentra en una evolución para poder ser más competitiva y afrontar así los retos que se vienen con las nuevas políticas económicas y comerciales, y los constantes cambios que se presentan en los mercados nacionales e internacionales, éstos hacen que se tengan que buscar nuevas alternativas de fabricación (maquinaria y procedimientos) que ayuden a lograr este objetivo.

COLAUTO S.A. es una empresa dedicada a la fabricación de piezas para el sector automotriz y de motocicletas principalmente; se encuentra abierta a cualquier tipo de cambio que se presente en la industria nacional o internacional, esto hace que la empresa esté en constante búsqueda de la optimización de los procedimientos, rediseño de maquinaria o cambio de la misma, siempre y cuando esto represente una mejor utilización de los recursos de la empresa.

Uno de los procesos que tiene esta compañía es de el moleteado de la tubería que será transformada en los manubrios de las motocicletas que produce la empresa, este proceso actualmente se realiza de una manera muy artesanal y

poco eficiente para el momento histórico que se tiene, ante la avalancha de mercados extranjeros que se dan por la apertura económica y el TLC, siendo necesario rediseñar el proceso, fabricar un nuevo equipo para este fin si es necesario, y hacer la evaluación económica de las diferentes alternativas que se presenten para mejorar este procedimiento y por la tanto la producción.

En la actualidad la empresa provee a las principales ensambladoras de motocicletas del país, los manubrios para el ensamble de las mismas.

Empresas como INCOLMOTOS, AUTEKO y SUZUKI han aumentado la cadencia de su producción a tal punto de requerir más de tres mil unidades mensuales para satisfacer un mercado cada día más amplio y exigente.

C.I. COLAUTO S.A. ha modernizado sus equipos para poder brindar una oportuna respuesta a las ensambladoras en cuanto a calidad y productividad se refiere con el fin de poder suplir de una manera adecuada las necesidades de sus clientes.

El extinto sector metalmecánico de AUTEKO, hoy en día C.I. COLAUTO S.A., adquirió hace más de 20 años unas máquinas con el fin de producir manubrios para las motocicletas que entonces ensamblaban y así cumplir con la normatividad de integración de piezas nacionales exigidas por el gobierno para disminución arancelaria. Fue así como se adquirió una cortadora circular, una dobladora de tubos y se acondicionaron dos moletas a un bastidor para simular una máquina que realizara los estriados al manubrio. (Proceso que se conoce al interior de la compañía como grafilado)

Desde entonces estas máquinas han trabajado incansablemente para responder a la demanda exigida.

C.I. COLAUTO S.A. recibió estas máquinas con las cuales comenzó a operar, pero su incursión como proveedor con otras ensambladoras y empresas del sector

metalmecánico lo llevó a adquirir dos nuevas cortadoras circulares y una nueva dobladora de tubería. Con estas nuevas máquinas se dio un gran incremento a la productividad de manubrios agilizando en el corte y doblado de tubería pero su proceso de moleteado no se ha mejorado en ningún momento.

El proceso de moleteado de manubrios ha pasado de ser un proceso estable y eficiente (Para la cadencia de producción de la época y las relaciones cliente - proveedor con otras ensambladoras) hace más de cinco años a convertirse en un proceso muy irregular y un 50% más ineficiente al utilizar una sola moleta.

La máquina moleteadora constaba de un moto-reductor que transmitía movimiento a un eje por medio de piñones y cadena. El eje tenía dos moletas circulares soportadas por dos cuñeros. El tubo se ubicaba sobre dos rodillos que se encontraban por debajo de las moletas y mediante una palanca manual se desplazaban para hacer contacto con los moleteadores. Este proceso es completamente manual, y el tiempo y la presión de moleteado son gobierno única y exclusivamente del operario quien visualmente decide el punto correcto.

La máquina presentó diferentes inconvenientes que no fueron solucionados de la mejor manera y se realizaron modificaciones para seguir operándola. Modificaciones que no advirtieron criterios de calidad y productividad y solo se enfocaron en reparaciones para no detener el proceso.

En la actualidad la máquina solo cuenta con una moleta y sigue siendo totalmente gobernada por el operario, con un alto índice de no conformidad en la producción y con una muy baja productividad, ya que es necesario introducir el tubo por ambos lados para realizar el proceso en dos etapas, con el agravante de modificar topes.

2. ANTECEDENTES

2.1 RESEÑA HISTÓRICA

C.I COLAUTO es una comercializadora internacional y productora de partes metálicas para la industria automotriz y otras industrias, ubicada en el municipio de Itagüi, Antioquia.

A partir del primero (1°) de abril del año 2000 la línea industrial de AUTEKO, reconocida fabricante de AUTOPARTES cambia su razón social a COMERCIALIZADORA INTERNACIONAL COLOMBIANA DE AUTOPARTES S.A. – C.I. COLAUTO S.A., empresa que nace a partir de la escisión de la división de fabricación de auto partes del negocio principal de ensamble y comercialización de motocicletas.

Este cambio de razón social no implica, bajo ninguna circunstancia, un cambio en los procedimientos de fabricación que hasta la fecha había venido utilizando la precitada línea industrial de AUTEKO. Se sigue fabricando en las mismas instalaciones, con el mismo personal administrativo y operativo, los mismos herramientas, JIGS de control, métodos de fabricación, máquinas y equipos, materias primas, así como cualquier otro elemento constitutivo del sistema de gestión integral con el que hasta la fecha se había venido operando.

Dado lo anterior, la documentación de las piezas desarrolladas antes de esta fecha podrá encontrarse como de AUTEKO. Cuando éstas requieren mejoras que impliquen modificaciones en la documentación se reemplazan con logos de C.I COLAUTO.

Sus procesos básicos de producción son la fabricación de troquelaría, maquinado, prensado, soldadura, ensamble, sand-blasting, empaque.

La empresa desde el año 2002 tiene certificado su Sistema de Gestión de Calidad con base en el requerimiento QS-9000 e ISO 9001/2000 y dentro de su sistema de gestión integral ha desarrollado la gestión ambiental de acuerdo con la norma ISO 14001. Por tanto la documentación aplicable a los sistemas tanto de calidad como ambiental se encuentra integrada.

2.1.1 Misión

La misión consiste en dar soluciones integrales en el área metalmecánica a los clientes nacionales e internacionales, enfatizando la gerencia del conocimiento y el compromiso con el mejoramiento continuo. Siendo gestores de valor agregado para los clientes, accionistas y trabajadores, con proyección a la comunidad.

2.1.2 Visión

En el 2007, será una empresa reconocida nacional e internacionalmente como proveedores eficaces de soluciones integrales y rentables en el área metalmecánica.

2.2 MOLETEADO

El moleteado es un proceso de mecanizado que produce un conformado en frío del material mientras las moletas presionan la pieza. Dicha deformación produce un incremento del diámetro de partida de la pieza

Cuando se trabaja con una herramienta de deformación se pueden conseguir diferentes tipos de moleteados en función del número y de la forma de las moletas montadas.

Son muchos los fabricantes de herramientas para moleteado en el mundo, pero estos trabajan mas enfocados a los montajes de las moletas en el torno o en las fresadoras para la construcción de piezas para maquinaria. Realmente ha sido

difícil encontrar empresas que se dediquen a la elaboración de maquinaria para moletear tubería como tal.

3. OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio de este trabajo es el desarrollo de una solución que permita disminuir los costos de producción, tiempos de proceso y mantener la uniformidad en el proceso de moleteado de los manubrios para motocicletas en la compañía COLAUTO S.A.

4. FORMULACIÓN CLARA Y CONCRETA DEL PROBLEMA

El proceso de fabricación de los manubrios para motocicleta, que se realiza en la empresa C.I. COLAUTO S.A. consta de seis etapas; corte de tubería, esmerilado, moleteado, doblado, soldadura de refuerzos y perforado (en algunas referencias). Para la elaboración de estos manubrios la empresa ha ido adquiriendo maquinaria como cortadoras, las cuales poseen mordazas para cortar tres tubos simultáneamente. Dos esmeriles de $\frac{1}{2}$ caballo son usados en el proceso de pulido. Para el proceso de doblado se cuenta una dobladora de control numérico, y una dobladora semiautomática repotenciada en los últimos años. Tres taladros de banco están disponibles para el proceso de perforado y la sección de soldadura posee mas de 10 equipos de MIG. Para la ejecución del proceso de moleteado se cuenta con una maquina manual construida hace mas de dos décadas.

Dicha máquina consta de dos moletas ubicadas sobre un eje, apoyado en un bastidor mediante dos rodamientos, dicho eje se encuentra en movimiento gracias a un motorreductor ubicado en la parte trasera y una cadena que une ambos piñones. El operario introduce el tubo por un agujero y lo lleva hasta el tope, luego acciona un mecanismo de tijera que levanta dos rodillos, estos a su vez, empujan el tubo contra las moletas, el tubo gira solidario alas moletas durante unos segundos para grafilarlo. El operario desactiva el mecanismo lleva el tubo al segundo tope y repite el proceso. Este proceso es lento y la calidad es muy variable. El control del tiempo de grafilado es una característica fundamental, ya que de este depende la altura y la homogeneidad del diente sobre la superficie moleteada.

El problema es entonces el diseño y construcción de una máquina que realice la operación de moleteado de una manera más eficiente, que ayude a disminuir los tiempos de producción y costos del proceso.

5. ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto consiste en evaluar, diseñar y construir una máquina que realice la operación de moleteado en la empresa C.I. COLAUTO S.A.

Para el diseño se explorarán las diferentes alternativas en cuanto a mecanismos, sistemas de control y alimentación se consideren para la construcción de la máquina, Una evaluación económica del proyecto tendrá lugar.

Se sustentará la necesidad de fabricación de una máquina para la realización del proceso de moleteado de tubería para manubrios. Dicha máquina estar en capacidad de almacenar, dosificar, y moletear los manubrios de forma automática.

6. JUSTIFICACIÓN

En el proceso de fabricación de los manubrios para motocicleta en la empresa C.I. COLAUTO, el moleteado es uno de los menos tecnificados, y la calidad del producto se ve seriamente comprometida. Teniendo en cuenta que esta es una de las operaciones mas importantes, ya que de ella depende el correcto posicionamiento y agarre del manubrio. Estas características pueden verse afectadas debido a la imprecisión que puede crear el hecho de ser producido con la ayuda de la fuerza del hombre. En el proceso actual de moleteado se identifican diferentes oportunidades de mejora como; lograr un proceso que disminuya los tiempos de producción al realizarlo de forma automático, disminuir la tasa de no conforme respecto a la posición, longitud y altura del diente moleteado.

La estandarización del proceso de moleteado para manubrios es un reto que la organización debe de evaluar ya que en términos de productividad mejorara como mínimo un 50% y eliminando los problemas de calidad mediante capitalización y un adecuado análisis de modo y efecto de falla. El aumento en la capacidad de fabricación será evidente con miras a cotizar nuevas referencias. El análisis económico mostrara el panorama sobre el retorno a la inversión.

Se realizará un análisis de factibilidad al evaluar el incremento de productividad y la reducción de costos a todos los niveles; desde la materia prima como tal que pierde toda funcionalidad al realizar un moleteado no especificado hasta el costo de mano de obra. Pretendiendo que el operario sólo alimente la máquina a través de una tolva y mientras la máquina realiza el proceso se pueda dedicar a otra labor, implicando esto una reducción en tiempos muertos del operario

7. OBJETIVOS

7.1 OBJETIVO GENERAL

Concepción, análisis y elaboración de la mejor alternativa para el proceso de moleteado de tubería en la producción de manubrios para motocicleta mediante el control de las variables presentes como presión y tiempo entre otras

7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Observar como se lleva a cabo el proceso de moleteado de tubería en la conformación de manubrios para motocicletas e identificar las posibles fallas que se encuentran en el sistema actual, que no hayan sido contempladas hasta el momento.
- Investigar y estudiar las diferentes alternativas que se puedan utilizar con el fin de optimizar la operación de moletado que se lleva actualmente en la empresa C.I. COLAUTO S.A., y diseñar una máquina que reúna la mejor combinación de opciones para dicho proceso.
- Hacer la evaluación económica del proyecto, para determinar como serán los flujos de efectivo durante todo el proyecto, y estimar como es posiblemente el retorno sobre la inversión.
- Construir la máquina que sustituirá el sistema utilizado actualmente.
- Evaluar el comportamiento de la máquina y hacer los cambios necesarios para que el sistema sea lo más eficiente posible, y sacar conclusiones y recomendaciones acerca del trabajo desarrollado.

8. BENEFICIARIO DIRECTO DEL PROYECTO

El beneficiario directo del proyecto es la empresa C.I. COLAUTO S.A., la cual hará la financiación del proyecto en su totalidad.

9. ESTADO DEL ARTE

El siguiente texto es un desarrollo que hace el Doctor Alberto Rodríguez García, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Eafit, en el cual se da una exposición de cómo puede ser el proceso de diseño, este texto no ha sido publicado ni editado en parte alguna, y todo lo que en él se expone es de la autoría del Profesor Rodríguez y hace parte de sus archivos personales. Su publicación en el presente Trabajo de Grado ha sido bajo su consentimiento.

A partir del numeral 9.4 se muestra el cálculo de los elementos de la máquina, este texto nos es autoría del Profesor Rodríguez.

9.1 TELEOLÓGICO (FINES).

Una declaración teleológica tiene que ver con propósitos, voluntades o designios – con Necesidades-. Expresa un compromiso que, reducido a fines, supone la existencia de una referencia a una intención. Pero también tiene que ver con disposiciones -Deseos-. Y a la postre, con emociones. Es decir, con sentimientos y estados de ánimo. Y en un sentido más amplio con esperanzas y desengaños, temores y expectativas, carencias y abundancias; e incluso, con sentimientos de amor y odio, calma e ira, vergüenza y desfachatez...

Un esquema de acción teleológica supone a los fines como causas y emplea como marco, para la acción que se encamine al logro de esos fines, al sistema de valores y a las normas¹.

¹Los valores son el reflejo de unas conductas -comportamientos individuales- y unas costumbres – comportamientos sociales- que decimos nos son relevantes. Y las normas derivan de los juicios morales que le hacemos a nuestro comportamiento. Un fin supone, por un lado, una referencia a unas intenciones y, por otro, a las conductas (individuales) y a las costumbres (colectivas) asociables a los comportamientos de los hombres.

Una declaración teleológica aunque esté referida a los menesteres humanos –las necesidades, los deseos, las obligaciones,...-; formula una promesa que presupone la existencia de un sujeto S, el cual se traza como meta, producir mediante un medio M, cualquiera, un conveniente estado en el mundo E. Y termina, demandando la presencia de algo con la capacidad para configurar, mediante sus acciones a, ese particular estado.

En el presente dominio nos centraremos en la escogencia de los medios materiales – síntesis de tipo- que garanticen la realización de una función. Partiendo de la construcción de un encadenamiento de una serie de acciones $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ que suponemos aseguran el logro de ese estado E. Y, de la consecución de los medios -elementos y partes- aptos para suministrar dichas acciones. Dejaremos, para el cuarto dominio explicativo, el tema de los fines en pos de satisfacer esas Necesidades Humanas.

9.2 FUNCION, FUNCIONES Y FUNCIONAMIENTO.

En los artefactos, el funcionamiento es el símil del comportamiento en los humanos. De ahí que expresemos que las normas establecidas, que de sus actos derivamos, terminan siendo reflejo y tutela de su acontecer.

En los Artefactos enunciamos los valores a modo de requisitos, que luego traducimos y representamos mediante una lista de características. Delimitando, así, los medios que se usarán al momento de alcanzar ese determinado fin.

Consultamos las normas creyendo, equivocadamente, que ellas nos constituyen los valores, olvidando que derivaron de ellos. Y que, estos valores, a su vez, quedaron condicionados por los fines (Ilustración 1).

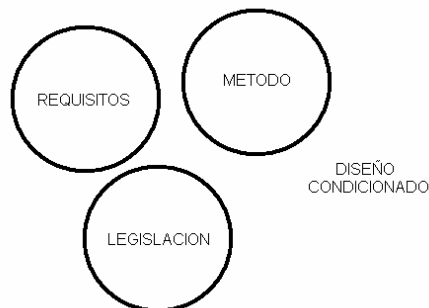
Ilustración 1. Cadena de funcionamiento del artefacto



RODRIGUEZ, 2006, 2

Los valores adoptados son simplemente preferencias respecto a unas metas elegidas, pero al escogerlas, obligan y definen los comportamientos en los hombres y el funcionamiento en los artefactos. Consultamos las normas para identificar los valores y, a los que elegimos, los enunciamos como requisitos fijos - o Exigencias-. A los fines los expresamos como Necesidades y Deseos y, al momento de proyectar un artefacto, los reinterpretemos y los nombramos como Función Principal y Características. Los fines, los valores y las normas son los pilares que enmarcan el comportamiento moral en los hombres. Y sus correspondientes: los cánones o las normativas, las listas de características y la función principal; son los que delimitan el funcionamiento de los artefactos, como se muestra en la Ilustración 2.

Ilustración 2. Condicionamiento de la función principal



RODRIGUEZ, 2006, 3

Como dijimos, en este dominio, nos centraremos en el despliegue de los conceptos de Función Principal, de Funciones Parciales y de Funciones Elementales. Y, a las acciones que tienen que proveerse, las relacionaremos con los posibles Portadores de Función. Teniendo siempre presente que el desarrollo de un artefacto, cualquiera, toma en la cuenta las Exigencias, las Necesidades y los Deseos humanos y, las Normativas y las Características que se le señalen.

Al aplicar a un Artefacto el esquema de acción teleológica, se hace posible expresar que:

- El estado E a producir (Pan Cortado) mediante un Medio M –a partir del Cuerpo de un Artefacto- (Cuchillo) se ejecuta por razón de la transformación a (cortar) de un flujo F (Pan).
- El concepto de función principal (Cortar Pan) determina la transformación que el cuerpo del artefacto le hará a un flujo que por el pase.

El esquema de acción teleológica, al demandar una acción a para originar un estado E, pone en nexos, en términos del lenguaje, al Verbo con el Verbador y el

Verbado. Al Cortador con el Cortar y con el Cortado (Al Cuchillo con el Dividir y con el Pan. El Elevador, con el Elevar y con lo Elevado).

El concepto de acción intencional implica motivos como causas últimas. Por ello, el esquema de acción teleológica pone en nexo el estado E que genera un medio M con las intenciones I de un sujeto S. Y...

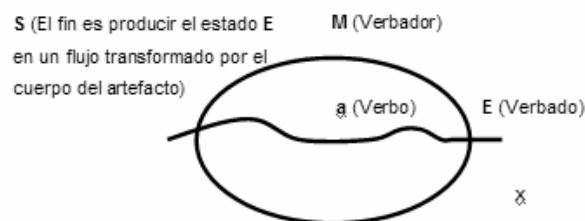
Toda acción que se diga teleológica se perfila bajo el siguiente esquema (ver Ilustración 3):

Fin: S quiere producir el estado E. Su acción consiste entonces en la organización de los medios que resultan aptos para producir el estado apetecido.

Medio: S sabe que E no se producirá en la situación dada si no se ejecuta la acción a.

Elección del medio: se tiene la situación x, por tanto S emprende la acción a mediante un medio M.

Ilustración 3. Esquema de la acción teleológica



De manera que, cuando concebimos un Artefacto al abrigo de un propósito, distinguimos que la función, no siendo una propiedad del Sistema, sí apoya al diseñador en el dominio del diseñador mismo y de sus pensamientos- en la caracterización de un tipo dado de organización.

Ilustremos esto dicho, respecto a la función, por medio del siguiente ejemplo: cuando niños y aún ahora, quizá al querer extraer en un corozo, un coquito, quebrábamos su cáscara mediante una piedra. Pasando así de la potencia al acto, al otorgarle a una simple piedra una función no poseída por ella.

Complementémoslo diciendo que hemos superado el hecho de otorgar una particular tarea a un objeto generado por la naturaleza. Ya que configuramos, fabricamos y usamos artefactos que responden a una función concedida.

De esta manera, la finalidad en los humanos y, su simétrica en los artefactos, la función. Permiten, además de, imaginar las acciones necesarias y establecer los medios materiales para llevar a cabo cada operación. Pensar la constitución de un artefacto que posibilite el encadenamiento de unas transformaciones en unos flujos que dan como resultado ese estado apetecido.

En este orden de ideas, en lo que respecta a este dominio, nos preocuparemos por generar el encadenamiento de acciones que conformen ese estado E y, en consecuencia, por las funciones y los portadores de función que las efectuarán. En términos del lenguaje, buscaremos acciones (verbos) y sus posibles portadores de acción (verbadores, sustantivos, nombres de elementos y partes). Jugaremos con las formas verbales y buscaremos mediante lo que denominamos en Mecanismos, Síntesis de Tipo, los posibles portadores de función.

Ejemplifiquemos esto dicho:

Fin: Proteger. El estado colombiano exige, a las ensambladoras de vehículos, generar un cierto porcentaje de su valor, mediante mano de obra y transformaciones industriales nacionales. Ello, con el fin de incrementar el empleo, al elaborar productos cuya concepción y producción suele ser foránea.

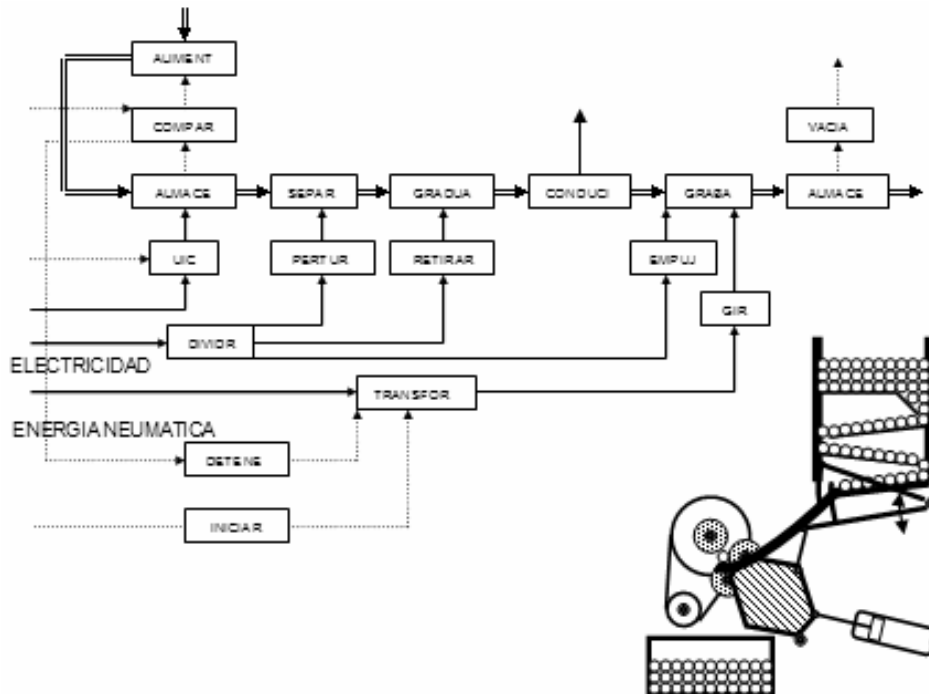
Por esa razón, un ensamblador nacional, se propone integrar, a los componentes de las motocicletas, manubrios compuestos con tubos que deben grabarse mecánicamente mediante una moleta. Con el objeto de proporcionar una superficie surcada que evite su giro respecto a los elementos que le dan sujeción.

Medio: Se supone que ello puede lograrse construyendo un aparato M capaz de provocar una acción a que produzca los tubos ya grabados E.

Y presume que dicho estado E puede realizarse mediante una secuencia de acciones que lo produzcan.

Elección del Medio: Por ello se figura ubicar un conjunto de trozos de tubo, perturbarlos y de éste modo conducir ordenadamente a unos cuantos de ellos. Separar uno, guiarlo, empujarlo y girarlo para poder así grabarlo. Recogerlo, almacenarlo y volver a repetir -en otro tubo- la operación de empujar, girar y grabar. En la Ilustración 4 se muestra la estructura funcional de una moleteadora.

Ilustración 4. Estructura funcional de una moleteadora



RODRIGUEZ, 2006, 4

Y no sólo conjetura sobre el conjunto de acciones que le permitirán grabar un tubo, si no que, además, define los medios materiales para lograrlo.

De esta manera distinguimos, en este dominio, dos elementos conceptuales diferentes: las funciones y los medios que las posibilitan. El uno, opera mediante las estructuras del lenguaje con los Sustantivos- los Verboles, los componentes- y los Verbos -las funciones, las acciones y los flujos. El otro, determinando los tipos de mecanismos que pueden constituir el sistema de transformación.

9.2.1 El manejo del tiempo

En la introducción -del libro-, decíamos que, al centrar la atención en el cambio, generábamos una conciencia sobre el concepto del tiempo. Desde ésta perspectiva, la estructura de funciones parciales y elementales, se convierte en

una evocación del conjunto de transformaciones realizadas en un flujo durante un cierto intervalo de tiempo.

Una función parcial -o elemental- como la de separar materia, es expresable y concretable bajo diferentes medios y formas verbales: quebrar, rasgar, dividir, partir, cortar, cizallar... Pudiéndose realizar, la transformación señalada, en diferentes duraciones –cada una tiene su propio tiempo de realización-.

Todas las acciones que se dan al interior de un artefacto, producen unas transformaciones en los flujos que implican sólo unos pocos cambios para ellos: lugar, tiempo, modo, cantidad y magnitud.

Pero todas las acciones que un artefacto posibilita, advierten la cualidad temporal: se suceden en un tiempo, demandan un cierto período para realizar la transformación asignada y a la vez están inmersas en el.

Las operaciones que un medio posibilita, no gozan acá de la cualidad conmutativa. No da el mismo resultado: tener agua en un recipiente, agitarla y luego esparcirle un concentrado de limón con un endulzante para beberla, que...

El tiempo, puede ser manejado de diferentes maneras al interior de los artefactos. En uno monofuncional, pareciera ser un continuo, el conjunto de funciones se ejecuta según la secuencia prescrita.

Y en uno polifuncional, puede usarse discontinuamente, dado que se demanda solo una función o un subconjunto de ellas. Imposibilitándose, en algunos casos, el uso de las demás. Como en una cocina. Como con una Navaja -la cual es resuelta como una cadena de barras y pares con dos de ellos enearios-.

Los objetos polifuncionales pueden poseer un sistema amplio de funciones, o bien, un sistema amplio de flujos. Como en el caso de una licuadora, un fogón o un horno de cocina.

Hay otros objetos polifuncionales, como lo es el caso de un instrumento telefónico o de un alternador eléctrico de un vehículo, donde sus funciones permiten una doble direccionalidad en el flujo. Pudiéndose tanto llamar como ser llamado. Convertir, en un instante, la energía mecánica en eléctrica y, en otro, la electricidad en torque y movimiento.

En el contexto en el cual estamos, en general, el manejo del tiempo y el trazado de las acciones, se concentra en el uso. Pero no hay que olvidar que los artefactos pasan por diversos estados: de alistamiento, de rehúso, de guardado, de mantenimiento, de puesta a punto... Y en cada uno de ellos hay particulares demandas funcionales. Y lo que para un estado es cuerpo, bien puede ser flujo en otro –por ejemplo, los componentes de un artefacto en un sistema de ensamble-.

9.2.2 El manejo del espacio

En este asunto de Funciones a y Medios M, solemos dividir los artefactos por subsistemas que responden a una determinada función o dividir las partes y los elementos por campos de conocimiento. Pero también por los tipos de flujos que ellos manejan (ver Ilustración 5).

Ilustración 5. Funciones y medios

| SISTEMAS TÉCNICOS | | | |
|-------------------|-------------|-----------------|--------------|
| FUNCIONES | MECANICO | ELECTRICO | INFORMATICO |
| UTIL | RODAMIENTOS | MOTORES | PROCESADORES |
| POTENCIA | RESORTES | ACTUADORES | MEMORIAS |
| TRANSMISIÓN | PIÑONES | CONTROLADORES | INTERFACES |
| SOPORTE | CADENAS | SENSORES | LENGUAJES |
| REGULACIÓN | BANDAS | FUENTES | SW |
| CONTROL | TORNILLOS | TRANSFORMADORES | HW |
| ASISTENCIA | REMACHES | INDICADORES | |
| | EJES | CONDUCTORES | |
| | MOTORES | | |

RODRIGUEZ, 2006, 6

Y cuando miramos las transformaciones a los flujos y distinguimos los portadores, somos capaces de diferenciarlos. Ligados a este aspecto, están pues los medios de clasificación.

Ilustración 6. Medio de clasificación de transportadores de flujo



RODRIGUEZ, 2006, 7

Podemos identificar algunos de estos por módulos o componentes comunes –el de potencia, el de control, el de asistencia, el de soporte-. A partir de las funciones parciales y elementales y de los tipos de flujos que las relacionan. Al distinguir tres situaciones que pueden darse en un flujo que pase por un sistema de transformación o que sea sometido a un conjunto de acciones:

- Un flujo dominante define, en general, un módulo. Si pasa por varias funciones y varía sólo sus características, pero conserva el tipo –materia, energía, información- en parte o en la totalidad del sistema.
- Un flujo que se divide en estructuras funcionales en paralelo que conserven su tipo de flujo, en general, conforma módulos.
- Un par de funciones parciales o elementales de conversión o de conversión-transmisión o su encadenamiento, en general, definen un módulo. Las funciones parciales y elementales de conversión aceptan transformar un flujo de información, materia o energía y lo transforman en otro flujo de información, materia o energía. En muchos casos las funciones de conversión son de hecho componentes de módulos existentes. Por ejemplo, los motores eléctricos, los pistones hidráulicos y los calentadores eléctricos, pueden ser

representados por medio de una sola función de conversión y existen físicamente como artefactos.

A nivel de elementos y partes, son los flujos que deben transitar de uno a otro componente los que establecen los nexos que entre ellos deben darse. Lo cual puede significar que para algunos componentes de un sistema técnico existe un nexo obligado o una condición de cercanía establecida por los flujos. Esto último está explicado, mas en detalle, en el desarrollo del capítulo que se trace por tema ese primer dominio explicativo.

Resultando, con esto, que los dominios explicativos bajo los cuales organizamos el presente texto, no son posibles de separar. Aunque pareciere que estamos en un plano del lenguaje, de los juegos con los enunciados y de sus posibles sinónimos o relacionados. Y que partimos de ellos cuando buscamos las funciones que producen un determinado estado en un flujo. Luego, tornamos al señalamiento de los posibles portadores. Pasamos de un plano completamente oral a otro en el cual decimos existen realmente dichas referencias. Haciendo conexión entre este campo, compuesto por palabras que señalan flujos y transformaciones y, que representamos mediante la estructura de funciones parciales, a otro compuesto por los mismos flujos – ya no por palabras- y sus respectivos portadores de función. Y que representamos mediante una estructura organizacional.

El lenguaje acá utilizado, aunque participa de diferentes niveles de abstracción, siempre esta representado en una referencia que decimos es real y que puede concretarse en un objeto material, siendo esa es su mayor cualidad.

Lo interesante de ello se da en que la referencia verbal apunta al problema, a su definición y conceptualización. Y la real, a la solución. Al problema lo

referenciamos bajo el tema de función principal y de necesidades. A la solución la concretamos bajo la idea de portadores de función y de características.

9.2.3 El manejo del tipo

La síntesis de tipo tiene que ver, por un lado, con la elección de las transformaciones a de los flujos y por lo tanto con la elección de los medios M que las realizan².

En el transcurso de este dominio explicativo, decíamos que, los verbos sólo enunciaban la realización de unas pocas transformaciones o cambios. La Ilustración 7 las agrupa y las muestra³.

Ilustración 7. Lista de funciones parciales

| CAMBIO | ACCION | VOCABLO | REPRESENTACION | GRAFO |
|--------|-----------|--|--|-------|
| LUGAR | UBICAR | Situar, colocar, disponer, conducir, estacionar, poner, estar, instalar, acomodar, detener, disponer, orientar | ESPACIO / PARTE / MEDIO / SITIO | |
| TIEMPO | ALMACENAR | Acumular, amontonar, acopiar, recopilar, recoger, depositar, consignar | MOMENTO / OCASIÓN / LAPSO / TRANSCURSO | |

² Un objeto tecnológico como un televisor o un destornillador tiene una naturaleza dual. Por un lado, es un objeto físico con una particular estructura física (propiedades físicas), cuyo desempeño es explicable mediante las leyes de la naturaleza. De otro lado, un aspecto esencial de cualquier objeto tecnológico es la función. Un objeto tecnológico tiene una función, lo cual significa que en un contexto de la acción humana, puede usarse como un medio para conseguir un fin. Un objeto físico es el portador de la función y es por esta virtud que un objeto se hace tecnológico. (KROES, 1998)

³ El manejo del lugar, del tiempo, del tipo, de la cantidad y de la magnitud, es lo que articula los temas del discurso de la presente dimensión. Pero, de igual manera, nos servirá para articular bajo el manejo conjunto de esas categorías y de las que enunciaremos para los flujos, para lo que trataremos en ese cuarto dominio explicativo.

Ilustración 8. Lista de funciones parciales (continuación)

| CAMBIO | ACCION | VOCABLO | REPRESENTACION | GRAFO |
|----------|-----------------------|---|-------------------------------|---|
| TIPO | TRANSFORMAR | Convertir, tornear, cambiar, conmutar, reemplazar, sustituir, reorganizar, ajustar | MODO / MANERA / FORMA / CLASE |  |
| CANTIDAD | UNIR / DIVIDIR | Acoplar, pegar, ensamblar, soldar, articular, adherir, remachar, ajustar, fijar, consolidar / separar, partir, fraccionar, romper, despedazar, deshacer, separar, trozar, cortar, mutilar | NUMERO / MONTO / VALOR / SUMA |   |
| MAGNITUD | INCREMENTAR / REDUCIR | Aumentar, agrandar, extender, ampliar, amplificar, alargar / espesar, comprimir, frenar, atajar, prensar, machacar | TALLA / DIMENSION / MEDIDA |   |

RODRIGUEZ, 2006, 8

Cada vocablo –de la columna en gris- enuncia una particular transformación, para la cual podemos elegir múltiples medios. Como en el citado caso de la piedra.

En Teoría de Máquinas y Mecanismos, existen excelentes catálogos -como el de la serie de seis volúmenes de Artobolevski o el texto de Kozernicov- para la síntesis de tipo, que bien pueden ser consultados por las transformaciones que permiten y que enunciamos en forma resumida y clasificada, más modernamente, en las acciones a que lista la anterior tabla.

Sin embargo, y por otro lado, no se debe pasar por alto el hecho de que la síntesis de tipo no sólo tiene que ver con la elección de las transformaciones a de los flujos y por lo tanto con la escogencia de los medios M que las realizan. Si no que, también tiene que ver, con la elección de unos ciertos tipos Flujos que ingresan y

salen de ellos y que los Sistemas Técnicos transforman mediante sus acciones a. Enunciados en forma abstracta pueden ser recogidos mediante las categorías de flujos de Materia, Fuerza, Energía e Información. Y que los distinguiremos si los diferenciamos de la siguiente manera⁴:

- De Materia (materia prima, producto semi-terminado, producto elaborado, componente, polvo, granulado, objetos de toda clase). El cual circula por el interior de los Artefactos, con diferentes formas físicas: sólidas, líquidas, coloideas, gaseosas, etc..

El flujo de Materia siempre está asociado a un flujo de energía, porque, según sea la circunstancia, se hace necesario un suministro (la energía del flujo material disminuye con la longitud del recorrido) o una ministración (un objeto material cede energía cuando disminuye su altura o potencial) de la misma⁵.

- El “Flujo” de Fuerza (gravitatoria, eólica, sísmica, ergonómica...) ⁶.
- El Flujo de Energía (mecánica, térmica, cinética, potencial, interna, elástica, eléctrica, química...) ⁷.
- El Flujo de Información (magnitud, dato, valor, indicación, registro...), es parecido en cierta medida al flujo material, pues está ligado a la existencia de un flujo de energía del cual depende. La energía de un flujo de información

⁴ Siguiendo a Stone para la tabla. Y a la VDI para las descripciones de los tipos.

- ⁵ El Flujo de Materia queda caracterizado cuando se establece al ingreso o salida del sistema, la parte o el elemento:
 - La Cantidad de Materia por unidad de Tiempo o Caudal. Ej.: Volumen/Tiempo= m^3/s =litros/s=Q.
 - La Calidad (medida de lo bueno), dada por lo general por el rendimiento. Que depende del proceso al que es sometido el flujo.
- ⁶ El flujo de Fuerza queda caracterizado por:
 - La Cantidad de Fuerza, la cual no esta sujeta a unidad de tiempo o a la noción de caudal –pareciera instantáneo-. Ej.: N
 - La Calidad (medida de lo bueno) se puede indicar mediante la ventaja mecánica.
- ⁷ El flujo de Energía está caracterizado cuando se determina:
 - La Cantidad de Energía (Trabajo, Calor) por unidad de Tiempo o Potencia. Ej.: N-m/s = J/s= Watt
 - La Calidad (medida de lo bueno) se indica, por lo general, por el grado de efectividad, eficiencia y eficacia.

disminuye con el trayecto, deteriorándolo. Esta sujeto, también, a criterios de Cantidad y Calidad. (VDI 2222, 1984)

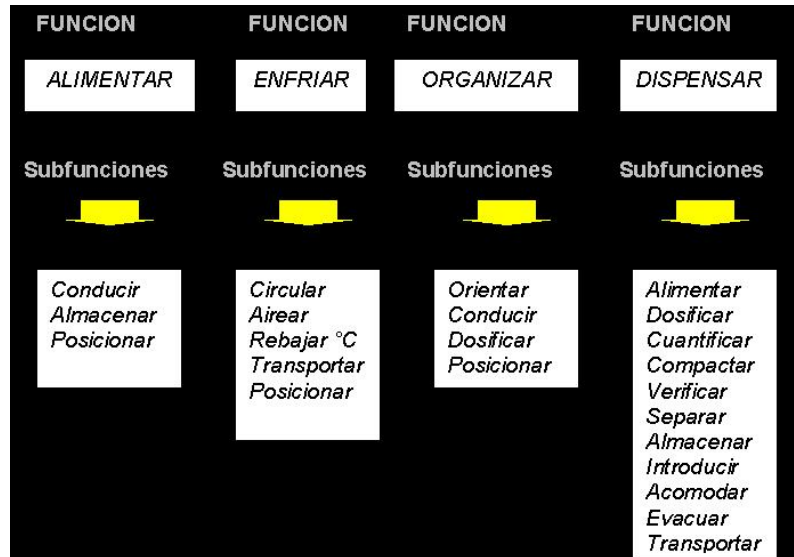
Estas operaciones, que decíamos, permiten mediante los artefactos: almacenar, conducir o retener, unir o dividir, incrementar o reducir y variar un flujo de Materia, Fuerza, Energía e Información. Pueden caracterizarse y determinarse, al establecerse en ellos las propiedades de sus estados de ingreso y salida, mediante criterios regidos por condiciones que atadas a situaciones de lugar y momento, establecen, la: Cantidad: número, volumen, masa, rata de entrega, consumo, capacidad... Calidad: rango, desviación, respuesta, rigidez, deformación, resistencia, seguridad, eficiencia, eficacia, ventaja mecánica...

9.2.4 El manejo de la cantidad

Lo asumiremos como el manejo del número de funciones que participan en las transformaciones que el cuerpo de un artefacto le hace a un flujo. Y en consecuencia, de los elementos que integran estas funciones.

Para el caso, por ejemplo, de un aparato para empacar barquillos, tendríamos las siguientes funciones para el flujo principal. Y las subfunciones o funciones secundarias para los flujos secundarios asociados a la realización de esa transformación del flujo principal (Ilustración 9).

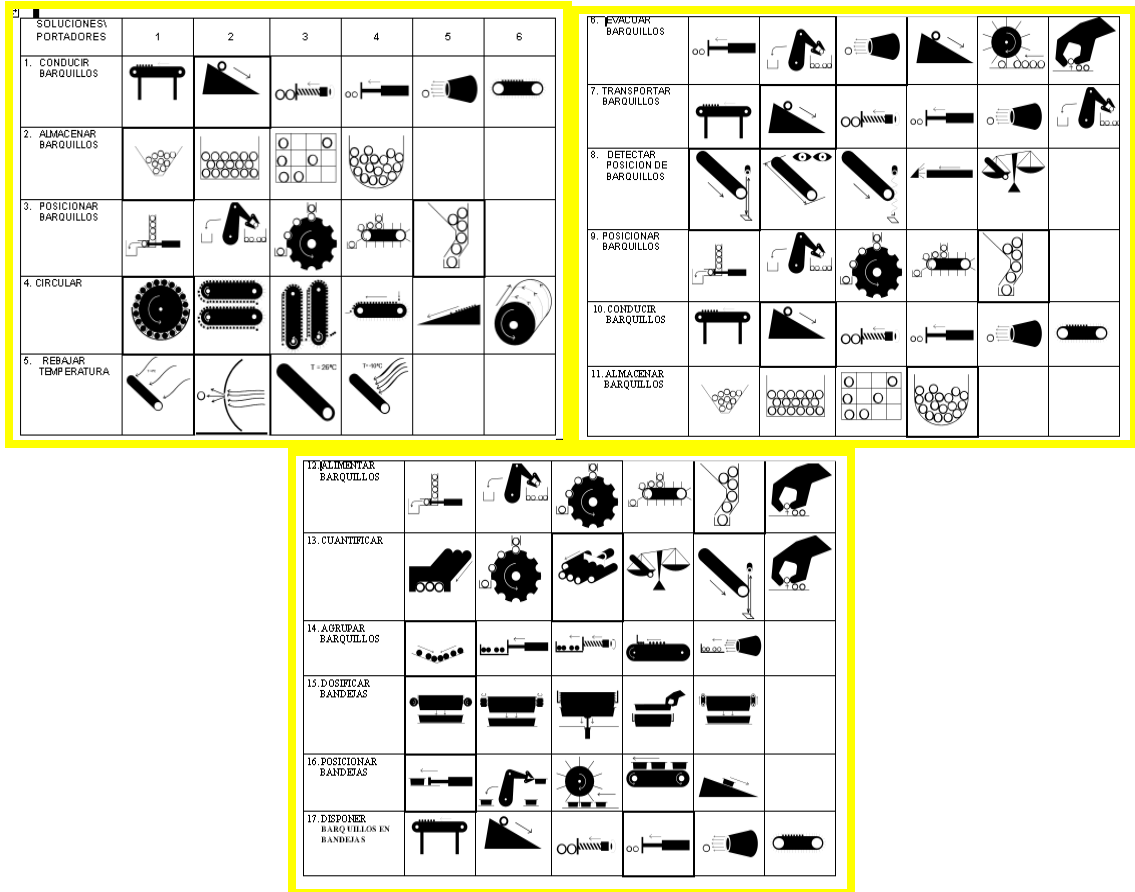
Ilustración 9. Estructura funcional ejemplo



RODRIGUEZ, 2006, 10

Las cuales se concretan con los posibles portadores. El manejo de la cantidad, se da de diversas maneras. Tiene que ver primero que todo con la estructura de funciones parciales y elementales elegida y en consecuencia con el número de transformaciones y de flujos involucrados. Pero también tiene que ver con los portadores de función que se elijan. En el caso de las funciones y los flujos, deberá pensarse en la exclusión de algunas. Desde la pregunta de ¿Qué pasa si se quita...o si se pone? Y desde los portadores, pensando de otra manera a la expuesta en la Ilustración 10. Integrando varias funciones en un solo componente.

Ilustración 10. Caja morfológica ejemplo



RODRIGUEZ, 2006, 11-12

9.2.5 El manejo de la magnitud.

Queda excluido del presente dominio explicativo, solo podemos jugar con el orden, con la cantidad y con el tipo de las funciones. Y en consecuencia con los portadores.

Estamos, de nuevo, en un dominio explicativo “inmaterial”, adimensional y “aformal” Ilustración 11.

Ilustración 11. Dependencia de la magnitud

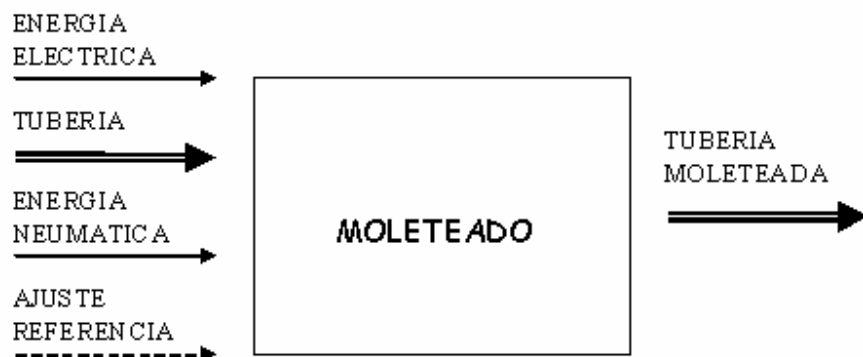


RODRIGUEZ, 2006, 13

9.3 FUNCIÓN PRINCIPAL

El diseño de la máquina pretende suplir la necesidad de graficar los manubrios de manera automática. Para realizar esto, al sistema entrarán la tubería a ser moleteada y con la ayuda de mecanismos, energía neumática y eléctrica se obtendrán tubos moleteados. La caja negra se muestra en la Ilustración 12

Ilustración 12. Caja negra de una moleteadora



9.4 CÁLCULOS

Para realizar los cálculos necesarios; hay que disponer de datos reales con los cuales se fundamentaran todos los resultados obtenidos y las aproximaciones que se deban de tener en consideración.

Ilustración 13. Especificaciones del motor



De la Ilustración 13 se obtienen los datos que se muestran a continuación, datos únicos y por lo tanto fundamentales para el cálculo de la transmisión de potencia.

9.4.1 Transmisión de potencia:

La siguiente es la lista de los elementos que componen la transmisión de potencia:

- BG 244 Relación 40.08
- Torque Maximo 330 Nm
- Aceite ISO 220
- Número 44.40

Todos los cálculos que se presentan a continuación, tienen que ver de forma directa con los requerimientos del motor-reductor que se muestran en la ilustración 13 y la ilustración 14.

Ilustración 14. Motor-reductor y sistema de transmisión por cadena



9.4.2 Cálculo del piñón:

Según factores que favorecen el diseño del sistema de transmisión, se parte de un *ángulo de presión* de:

➤ $\phi = 20^\circ$ (Para Piñón recto)

A partir del ángulo de presión dado, se calcula el número mínimo de dientes del piñón:

$$N_{MIN} = \frac{2}{\text{sen}^2(20^\circ)}$$

Se obtiene:

$$N_{MIN} = 17.097 \text{ dientes}$$

Pero, según la tabla 11-4, página 717 [Robert L. Norton, Diseño de Máquinas, Prentice Hall], par un ángulo de presión de $\phi = 20^\circ$, el número mínimo de dientes es: $N_{MIN} = 18 \text{dientes}$ valor con el que se realizarán todos los cálculos.

9.4.3 Cálculo del paso diametral:

$$P_d = \frac{N}{d_p}$$

$$P_d = \frac{18}{2.75}$$

$$P_d = 6.53 \frac{\text{número de dientes}}{\text{pulgadas}}$$

$$P_d = 6 \frac{\text{número de dientes}}{\text{pulgadas}} \quad (\text{Valor final ya aproximado})$$

Para garantizar un número de dientes $N = 17$ para el piñón, se debe de modificar el diámetro de este y continuar con un

$$P_d = 6 \frac{\text{número de dientes}}{\text{pulgadas}} .$$

Finalmente se tiene entonces (Considerando una relación 1:1 Piñón-Sprocket):

$$\text{Diámetro del Piñon} = 72 \text{ mm} = 2.83 \text{ in}$$

Garantizando una velocidad constante y por motivos de diseño un mismo diámetro entre piñón y sprocket, además del mismo número de dientes; entonces se obtiene lo siguiente:

- Número de dientes del Sprocket = 17
- Diámetro del Sprocket = 72 mm = 2.83 in
- Número de dientes del Piñón = 17
- Diámetro del Piñón = 72 mm = 2.83 in

9.4.4 Cálculo de la cadena:

Se presenta a continuación el cálculo de la cadena usada para la transmisión de potencia:

Datos necesarios (Ilustración 13):

- *Potencia_Motor* = 2HP
- *Rpm_eje* = 1710
- *Torque_máximo* = 330Nm
- *Relación* = 40 : 1
- *Diámetro_Piñon* = 70mm = 2.7559in (Por referencias comerciales)

Usando *Browning, Power Transmission Equipment*, páginas E-92 a F-9, se obtuvo los siguientes datos:

$$F.S = 1.3 \quad (\text{Ver tabla 1, para Motor Eléctrico})$$

* SE CALCULA LA POTENCIA DE DISEÑO:

$$Potencia_de_diseño = Potencia * F.S$$

Se obtiene:

$$Potencia_de_diseño = 1.3Hp \quad (\text{Para } Rpm_eje = 1710)$$

El número de dientes del Sprocket se elige de acuerdo a referencias comerciales y de acuerdo al número de *rpm*.

★ CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA CADENA:

Se determina de la siguiente forma:

$$Chain_pull = \frac{Torque}{radio}$$

Ecuación 4.

Chain Pull.

Se obtiene:

Tamaño_de_cadena = 60 (Para *Torque_máximo = 330Nm = 2920Lb-in* y *Diametro_Piñon = 70mm = 2.7559in*, cuando *Chain_pull = 8344.97Lb-in*, se obtiene de la tabla 1, página E-93, la aproximación ya establecida.)

★ CÁLCULO DE LA POTENCIA ESTÁNDAR PARA LA CADENA:

Según los datos:

- *Tamaño_de_cadena* = 60
- *Rpm_eje* = 1710 (Se aproxima *Rpm_eje* = 1800)
- *Numero_dientes_Sprocket* = 17

Se obtiene:

Potencia_standard = 12.4Hp (Tabla 1, página E-107)

La relación Piñón - Sprocket es 1:1; relación que permite fundamentar el cálculo de número de dientes del Sprocket:

★ CÁLCULO DEL NÚMERO DE DIENTES DEL SPROCKET:

$$\text{Número_dientes_Sprocket} = \text{Número_dientes_piñon} * \text{Relación}$$

Se obtiene:

Número_dientes_Sprocket = 17Dientes

★ CÁLCULO DE LA DISTANCIA DE LA CADENA:

$$L = \frac{N+n}{2} + \frac{2C}{P}$$

Ecuación 6.

Distancia de la cadena.

Se obtiene:

L = 79.98in (Cuando *C* = 23.62in, *N* = 17, *n* = 17 y *Pitch(P)* = 3/4")

A continuación se presenta un esquema que muestra la relación entre Piñón y Sprocket conectados entre si por medio de la cadena calculad con anterioridad (ver cálculo de la cadena), se muestra: $N=17$ para dientes de Sprocket, $n=17$ para dientes del piñón, $D=2.75in$ para diámetro del Sprocket y $d=2.75in$ para diámetro de piñón, separados por la distancia entre centros $C=23.62in$, como se presenta en la Ilustración 15.

Ilustración 15. Relación piñón sprocket

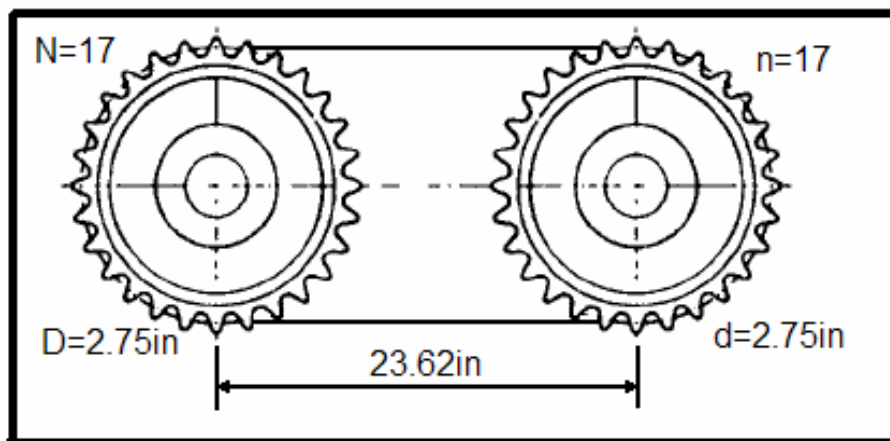
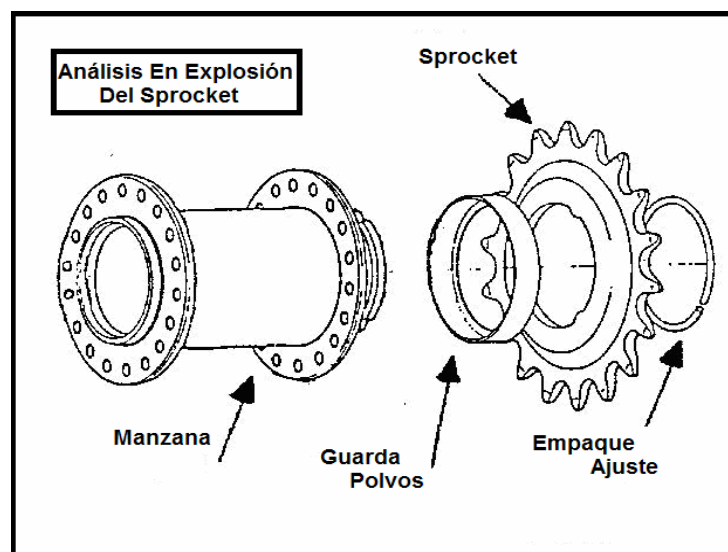


Ilustración 16. Esquema del sprocket



9.4.5 Cálculo de la fuerza real del pistón:

Se consideran los siguientes datos iniciales:

- $P = 80\text{Psi}$
- $\text{Diametro_Piston} = 50\text{mm} = 1.968\text{in}$
- $\text{Carrera} = 50\text{mm}$

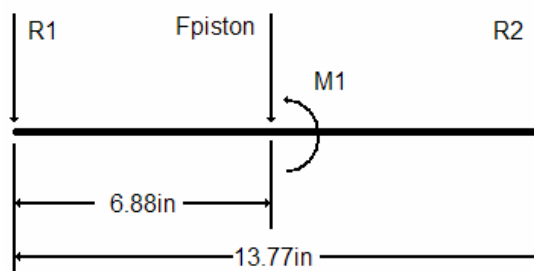
Partiendo de la expresión de Presión:

$$P = \frac{F}{A}$$

Considerando un área de $A = 6.18423\text{in}^2$, se puede entonces obtener una fuerza en el pistón de $F = 494.74\text{Lb}$.

A continuación se muestra un Diagrama de Cuerpo Libre (DCL) del eje; en el cual actúan las fuerzas de los rodillos (R_1), (R_2) y el momento M_1 necesario para trasladar la fuerza del pistón al centro.

Ilustración 17. Diagrama de cuerpo libre con las fuerzas ejercidas en el rodillo

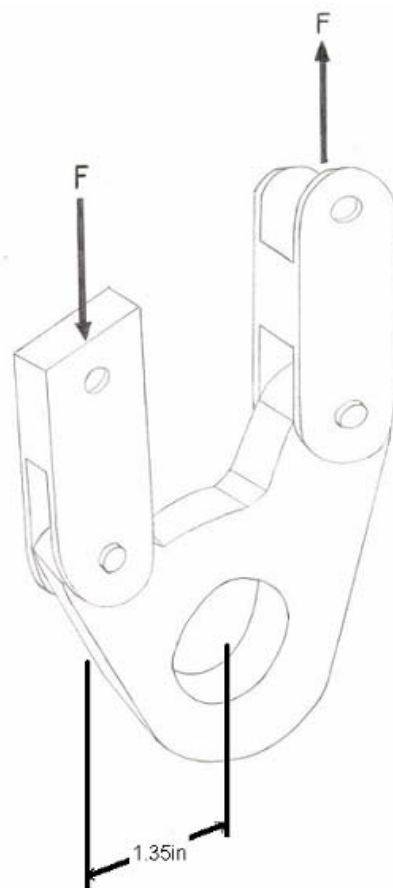


El cálculo del momento M_1 , se halla conociendo la fuerza del pistón y la distancia $L = 1.36\text{in}$ (ver figura 9).

$$M_1 = 671.21Lb - in$$

DIAGRAMA DEL MECANISMO "LEVA"

Ilustración 18. Distancia localizada del mecanismo d de leva



Planteando una sumatoria de momentos en R_1 , se halla fácilmente la magnitud de R_2 .

Se obtiene:

$$R_2 = -198.44Lb$$

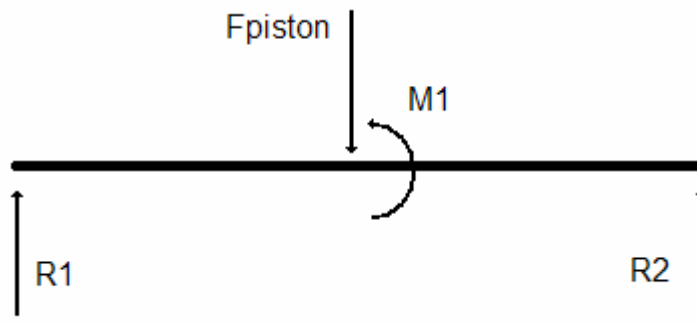
Finalmente, para hallar la magnitud de R_1 , se plantea una sumatoria de fuerzas en y .

Se obtiene:

$$R_1 = -296.29Lb$$

Según los datos obtenidos, se observa las magnitudes de las fuerzas, pero revelan que son en direcciones contrarias a las supuestas en la ilustración 19.

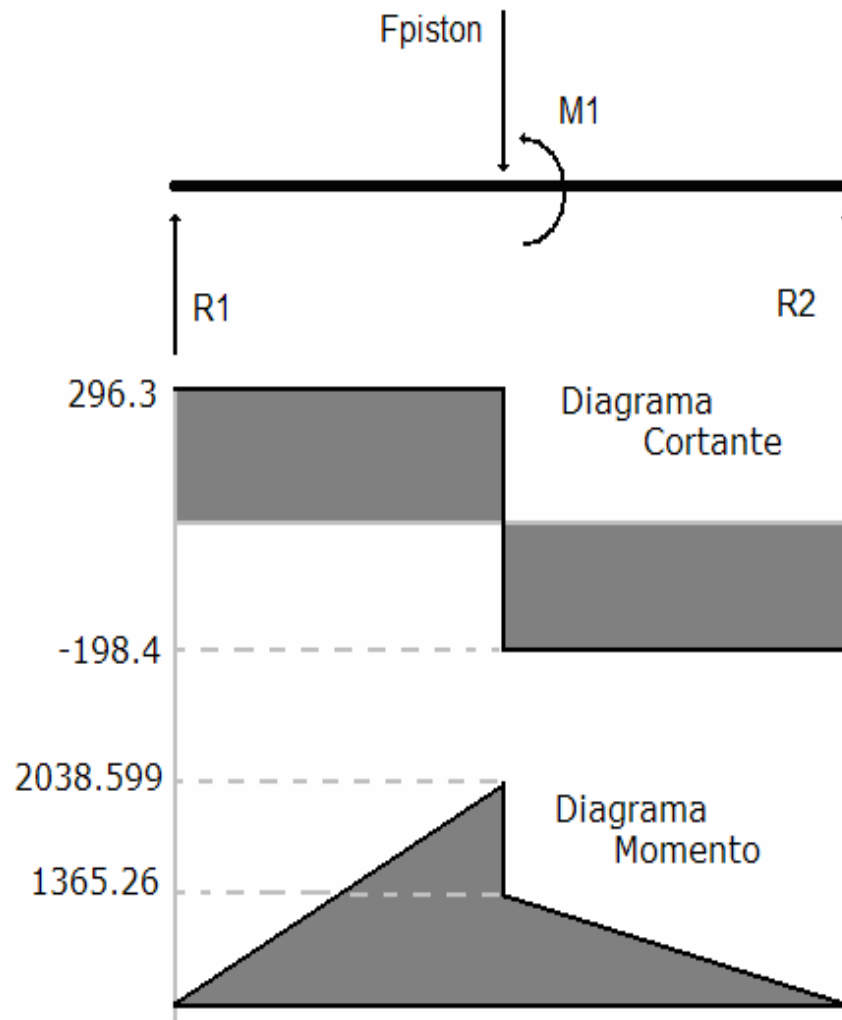
Ilustración 19. Diagrama de cuerpo libre con la dirección de las reacciones corregidas



Finalmente después de conocer la magnitud de las reacciones R_1 y R_2 , además de conocer la fuerza del pistón, se plantea a continuación el diagrama de *Cortante* y *momento Flector*.

DIAGRAMA DE CORTANTE Y DE MOMENTO FLECTOR:

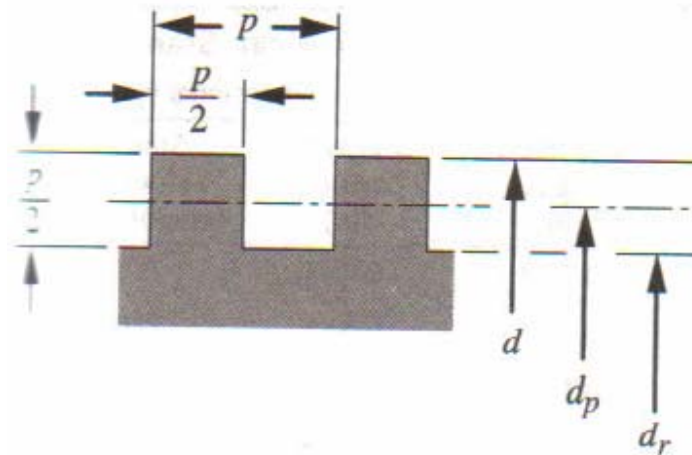
Ilustración 20. Diagrama de cortante y momento con las reacciones de los rodillos



9.4.6 Cálculo teórico de la fuerza del pistón:

Considerado una rosca de tipo cuadrada:

Ilustración 21. Rosca cuadrada



Donde:

$$\text{Paso}(P) = 3\text{mm}$$

$$\text{Diámetro}_\text{menor}(d_r) = 15\text{mm} \quad \text{Para Diámetro de tornillo externo: } D = 18\text{mm}$$

$$\text{Diámetro}_\text{mayor}(d) = 18\text{mm} \quad \text{Para Diámetro de tornillo interno: } d = 15\text{mm}$$

Los anteriores datos son tomados de la tabla 14-2, página 896 [Robert L. Norton, Diseño de Máquinas, Prentice Hall, Capítulo 14]

- ANÁLISIS DE LA FUERZA DEL TORNILLO DE POTENCIA PARA ROSCA CUADRADA

Conociendo los datos siguientes (ver nomenclatura figura 12):

- $P = 0.34\text{KN} = 340\text{N}$ (ver figura 22)
- $\text{Diámetro}_\text{Pistón} = 50\text{mm} = 1.968\text{in}$

Se hace:

Para roscas *ISO* se tiene:

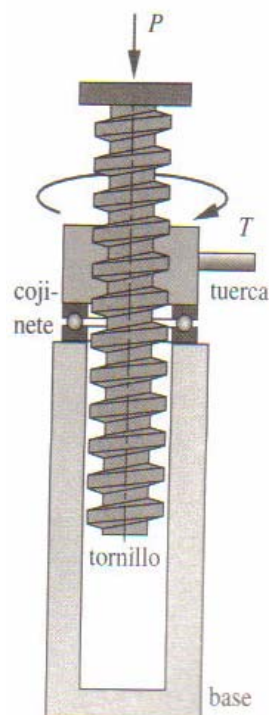
$$d_p = d - 0.649519 * p$$

$$d_p = 16mm \quad (\text{Con un } p = 0.3 \text{ y } d = 18mm)$$

$$d_r = d - 1.226869 * p$$

$$d_r = 14.32mm \quad (\text{Con un } p = 0.3 \text{ y } d = 18mm)$$

Ilustración 22. Tornillo de potencia



Para hallar la fuerza F se hace:

$$F = P \frac{\mu \cos \lambda + \operatorname{sen} \lambda}{\cos \lambda - \mu \operatorname{sen} \lambda}$$

Es importante conocer el par de torsión del tornillo T_{S_u} requerido para elevar la carga.

$$T_{S_u} = F \frac{d_p}{2} = \frac{P d_p}{2} \frac{\mu \cos \lambda + \operatorname{sen} \lambda}{\cos \lambda - \mu \operatorname{sen} \lambda}$$

El par de torsión requerido para hacer girar el collarín de empuje es:

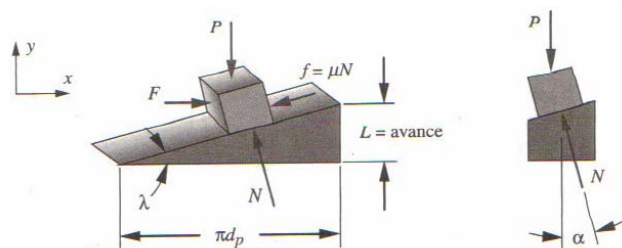
$$T_C = \mu_C P \frac{d_C}{2}$$

Finalmente el par de torsión total T_U requerido para elevar la carga con una rosca cuadrada es:

$$T_U = T_{S_u} + T_C = \frac{P d_p}{2} \frac{\mu \pi d_p + L}{\pi d_p - \mu L} + \mu_C P \frac{d_C}{2}$$

Alguna de la nomenclatura usada se aclara viendo la Ilustración 23:

Ilustración 23. Análisis de la interfaz tonillo y tuerca



Donde, surgen nuevas expresiones útiles para complementar los cálculos:

$$f = \mu N$$

$$\tan \lambda = \frac{L}{\pi d_p}$$

Si se observa en la tabla 14-2, página 896, se puede concluir que para un diámetro mayor $d = 18\text{mm}$, el paso correspondiente es: $p = 2.5\text{mm}$

Con los datos establecidos se puede calcular finalmente el par de torsión total T_U requerido para elevar la carga con una rosca cuadrada:

$$T_U = 17\text{N} \cdot \text{m} \quad (\text{Usando } F = 0.34\text{KN} \text{ y una distancia } d = 0.05\text{m})$$

Una vez calculado el par de torsión total, se puede hallar la carga P , usando la ecuación 13:

$$P = 10559.67\text{N} \quad (\text{Usando un } d_p = 16\text{mm}, \text{ un avance para rosca simple } L = 0.0025 \text{ y un coeficiente de fricción del rodamiento } \mu = 0.02)$$

El ángulo de paso es fundamental y tiene un valor de:

$$\lambda = 2.84^\circ$$

Para hallar la fuerza tan anhelada, se plantea sumatorias de fuerzas en x y en y respectivamente así:

$$\sum F_x = F - \mu N \cos \lambda - N \sin \lambda$$

Despejando F se obtiene:

$$F = N(\mu \cos \lambda - \operatorname{sen} \lambda)$$

$$\sum F_y = N \cos \lambda - \mu N \operatorname{sen} \lambda - P$$

Despejando y calculando la normal N se obtiene:

$$N = 10602.19N$$

Reemplazando el valor de $N = 10602.19$ en $F = N(\mu \cos \lambda - \operatorname{sen} \lambda)$, se obtiene finalmente:

$$F = 2125N$$

$$F = 477.71Lb$$

9.4.7 Conclusión

Comparando la fuerza $F = 494.74Lb$ real con la fuerza $F = 477.71Lb$ teórica, se puede observar que hay una gran aproximación; se hace hincapié en que la fuerza $F = 494.74Lb$ real debe de ser superior a la teórica para garantizar el correcto funcionamiento del diseño; ya que la fuerza es mínima para el sistema hidráulico.

10. ANÁLISIS FINANCIERO

A continuación se muestra el análisis financiero del proyecto, para este análisis se supuso un espacio temporal de 10 años, tiempo en el cual la máquina se depreciará completamente. Se asumió una inflación del 6%, según datos obtenidos del Banco de la Republica.

Ilustración 24. Costos sistema viejo

TABLA DE COSTOS SISTEMA ANTIGUO

| | |
|----------------------------|----------------|
| Tiempo promedio x manubrio | |
| 1min 10seg = | 1,1667 minutos |

| | |
|-------------------------|--------|
| Costo operario x minuto | |
| Costo | \$ 120 |

| | |
|------------------------|------|
| Costo energía x minuto | |
| Costo | \$ 0 |

| | |
|--------------------------|------|
| Costo inicial del equipo | |
| Costo | \$ 0 |

| MANUBRIOS | | | | |
|-----------------------------|------------------|---------------------------|---------------------|------------------|
| Tipo | Cantidad/ mes | Tiempo prod. (minutos) | Costo operario | Costo energía |
| RX115 | 1000 | 1166,7 | \$ 140.004 | \$ 0 |
| Boxer | 4000 | 4666,8 | \$ 560.016 | \$ 0 |
| KMX | 100 | 116,67 | \$ 14.000 | \$ 0 |
| Wind | 300 | 350,01 | \$ 42.001 | \$ 0 |
| Furax | 300 | 350,01 | \$ 42.001 | \$ 0 |
| Pulsar | 3000 | 3500,1 | \$ 420.012 | \$ 0 |
| TOTAL | 8700 | 10150,29 | \$ 1.218.035 | \$ 0 |
| COSTO TOTAL MENSUAL: | | \$ 1.218.035 | | |

Ilustración 25. Costos sistema nuevo

TABLA DE COSTOS SISTEMA NUEVO

| | |
|----------------------------|----------------|
| Tiempo promedio x manubrio | |
| 7seg = | 0,1167 minutos |

| | |
|-----------------------|--|
| Percentage reprocesos | |
| 5% | |

| | |
|-------------------------|--------|
| Costo operario x minuto | |
| Costo | \$ 120 |

| | |
|------------------------|----------|
| Costo por tubo cortado | |
| \$ 3.700 | Promedio |

| | |
|------------------------|------|
| Costo energía x minuto | |
| Costo | \$ 0 |

| | |
|-------------------------|--|
| Ganancia por producto % | |
| 3% | |

| | |
|--------------------------|---------------|
| Costo inicial del equipo | |
| Costo | \$ 10.000.000 |

| MANUBRIOS | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------------|---------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Tipo | Cantidad/ mes | Tiempo prod. (minutos) | Costo operario | Costo energía | Ahorro por operario | Ahorro por reprocesos | Aumento producción | Ingresos Adicionales |
| RX115 | 1000 | 116,67 | \$ 14.000 | \$ 0 | \$ 126.004 | \$ 192.000 | 100 | \$ 11.142 |
| Boxer | 4000 | 466,67 | \$ 56.000 | \$ 0 | \$ 504.016 | \$ 768.001 | 300 | \$ 33.426 |
| KMX | 100 | 11,67 | \$ 1.400 | \$ 0 | \$ 12.600 | \$ 19.200 | 0 | \$ 0 |
| Wind | 300 | 35,00 | \$ 4.200 | \$ 0 | \$ 37.801 | \$ 57.600 | 50 | \$ 5.571 |
| Furax | 300 | 35,00 | \$ 4.200 | \$ 0 | \$ 37.801 | \$ 57.600 | 20 | \$ 2.228 |
| Pulsar | 3000 | 350,00 | \$ 42.000 | \$ 0 | \$ 378.012 | \$ 21.001 | 200 | \$ 22.284 |
| TOTAL | 8700 | 1015 | \$ 121.800 | \$ 0 | \$ 1.096.235 | \$ 1.115.402 | 670 | \$ 74.651 |
| COSTO TOTAL MENSUAL: | | \$ 121.800 | | AHORRO MENSUAL: | | \$ 2.286.288 | | |

Ilustración 26. Calculo de Valor Presente Neto, VPN

Inflación: 6% http://www.banrep.gov.co/publicaciones/jd_info_infla.htm
 TMR: 6% Ya que el objetivo principal es optimizar el proceso

Para el presente cálculo NO se tuvo en cuenta los ingresos por nuevos negocios, el análisis se hizo para 10 años.

| Alternativa | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Sistema viejo | \$ 0 | -\$ 14.616.418 | -\$ 15.493.403 | -\$ 16.423.007 | -\$ 17.408.387 | -\$ 18.452.890 |
| Sistema nuevo | -\$ 10.000.000 | \$ 25.973.855 | \$ 27.532.287 | \$ 29.184.224 | \$ 30.935.277 | \$ 32.791.394 |
| | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | -\$ 19.560.064 | -\$ 20.733.668 | -\$ 21.977.688 | -\$ 23.296.349 | -\$ 24.694.130 |
| | | \$ 34.758.877 | \$ 36.844.410 | \$ 39.055.075 | \$ 41.398.379 | \$ 43.882.282 |

| | |
|--------------------|----------------|
| VPN Sistema viejo: | -\$ 32.241.964 |
| VPN Sistema nuevo: | \$ 47.295.031 |

11. BIBLIOGRAFÍA

FPCT (FORMACION PROFESIONAL Y CULTURA TECNICA INDUSTRIA – METALMECANICA). Máquinas y herramientas 1 (Torneado). Barcelona: Gustavo Gili S.A ,1987

DINARO, Salvador. Manual del Tornero Mecánico Tomo 4. Barcelona: Gustavo Gili S.A. 1989

NADREAU, Robert. El Torno y la Fresadora. Barcelona: Gustavo Gili S.A. 1989

SCHULZE, Hermann. Guía de taller para el torneado de metales. Barcelona: Gustavo Gili S.A. 1989

Internet

HERRAMIENTAS DE MOLETEADO. Catálogo PDF. Alemania: (Disponible en internet) http://www.quick-tools.at/pdf/katalog_es.pdf (Consulta 5 abril de 2005)

METALMECÁNICA: INFORMACIÓN PARA LA INDUSTRIA DE MANUFACTURAS DEL METAL. España (Disponible en Internet). <http://www.metalmecánica.com/pragma/documenta/metalmecánica/secciones> (consulta 5 de abril de 2005)

INTRODUCCION AL MOLETEADO POR DEFORMACIÓN. España (Disponible en Internet). <http://www.integi.com/castellano/introducdefor.htm>

INDICE DE INFLACIÓN. Colombia (@BANCO DE LA REPUBLICA, 2006). http://www.banrep.gov.co/publicaciones/jd_info_infla.htm

12. ANEXOS

Las imágenes que se muestran a continuación, describen el proceso que se tuvo para la construcción de la nueva máquina moledora en la empresa C.I. COLAUTO S.A..

Ilustración 27. Sistema viejo, vista lateral reductor.



Ilustración 28. Sistema viejo, zona de moleteado.



Ilustración 29. Sistema viejo, detalle montaje de las moletas.

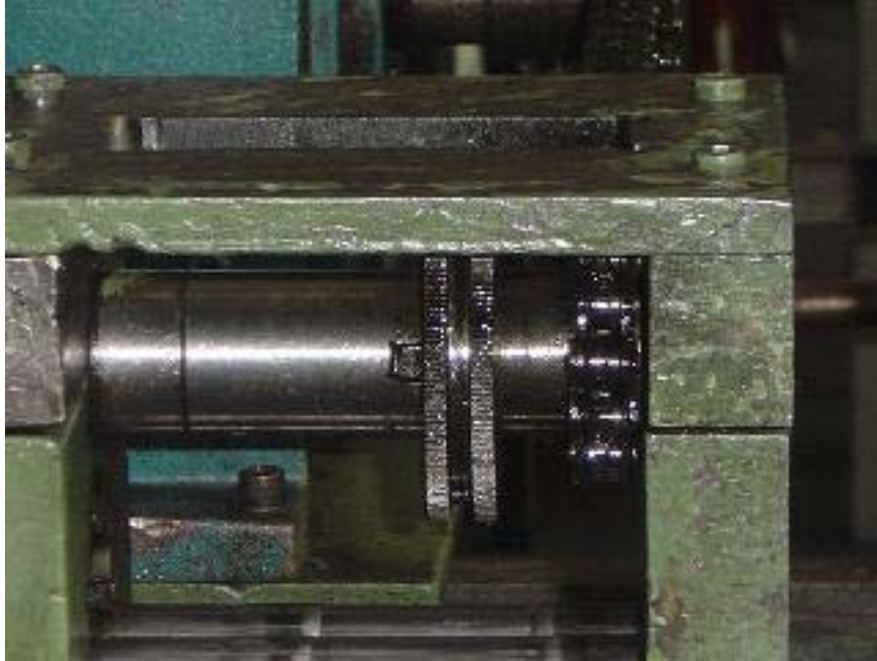


Ilustración 30. Sistema viejo, moledora completa, vista lateral.



Ilustración 31. Sistema viejo, montaje eje con moletas.



Ilustración 32. Sistema viejo, eje con moletas desmaontado.



Ilustración 33. Primera máquina, vista lateral carro de desplazamiento.

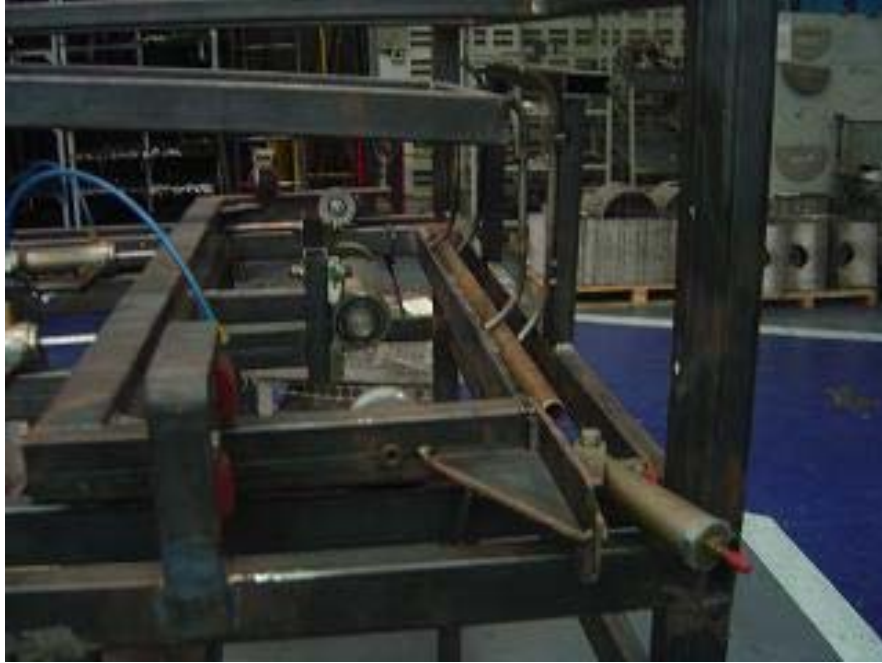


Ilustración 34. Primera máquina, montaje pistones neumático para carro.

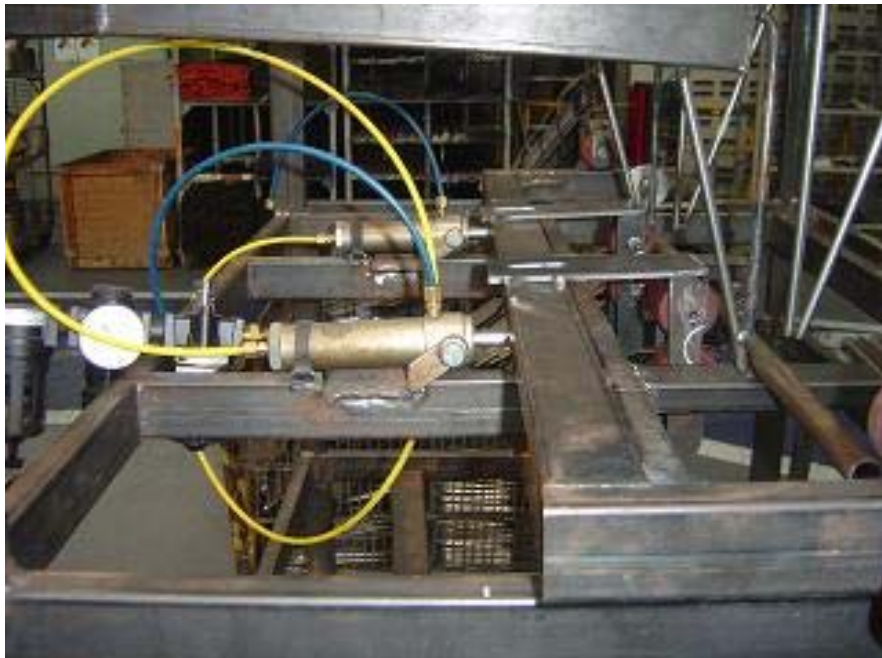


Ilustración 35. Primera máquina, actuadores neumáticos y guías carro.



Ilustración 366. Primera máquina, descarga de los tubos para moleteado.



Ilustración 37. Primera máquina, eje de moletas y soporte para los tubos.



Ilustración 38. Primera máquina, montaje reductor.



Ilustración 39. Primera máquina, segunda opción para pistones.



Ilustración 40. Primera máquina, vista superior.



Ilustración 41. Primera máquina, sistema de empuje, 3ª opción.

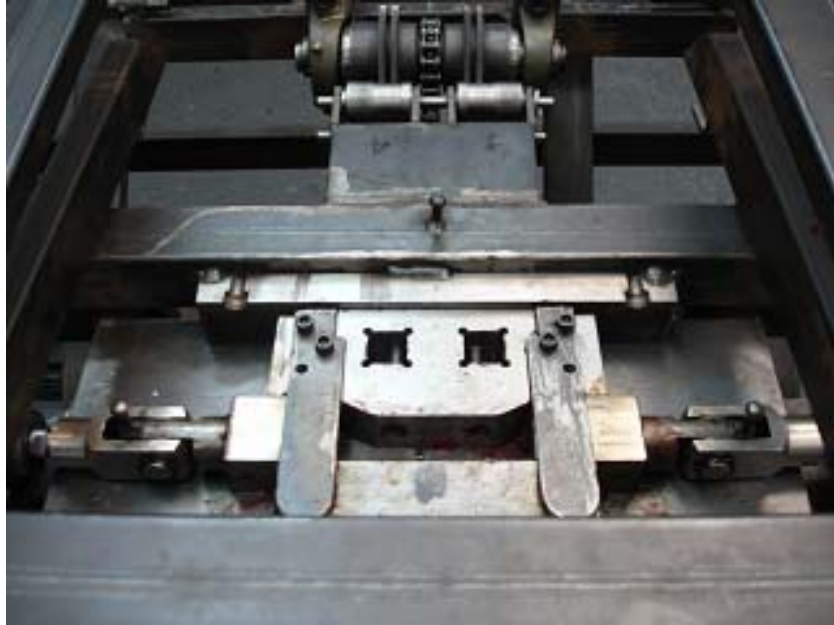


Ilustración 42. Primera máquina, sistema de centrado para los tubos.



Ilustración 43. Primera máquina, transmisión de potencia 3ª opción.



Ilustración 44. Primera máquina, montaje reductor.



Ilustración 45. Primera máquina, moleteado.



Ilustración 46. Primera máquina, vista general de la máquina.



Ilustración 47. Máquina nueva, eje moleteado intercambiable.



Ilustración 48. Máquina nueva, brazo de alimentación y expulsión.

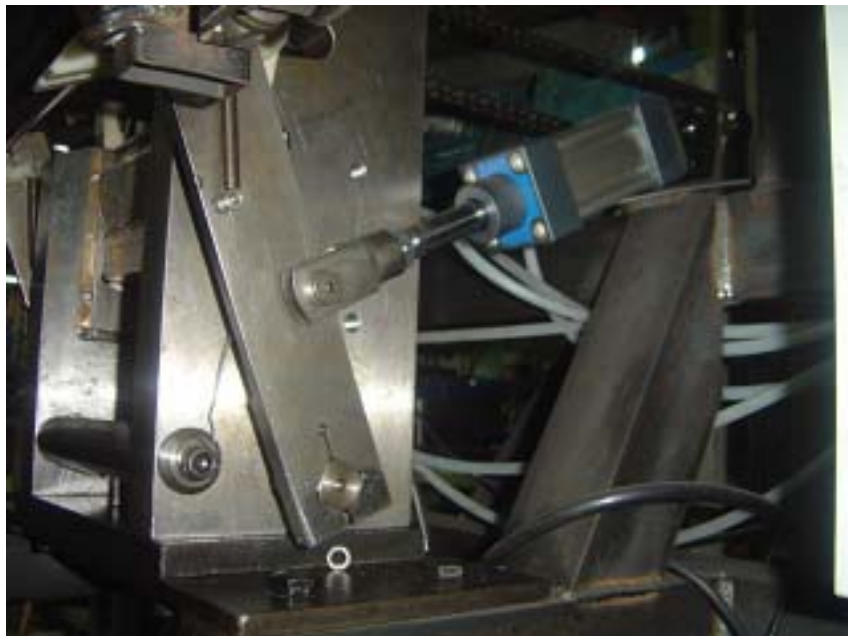


Ilustración 49. Máquina nueva, leva de presión para moleteado.



Ilustración 50. Máquina nueva, sistema de alimentación y moleteado.

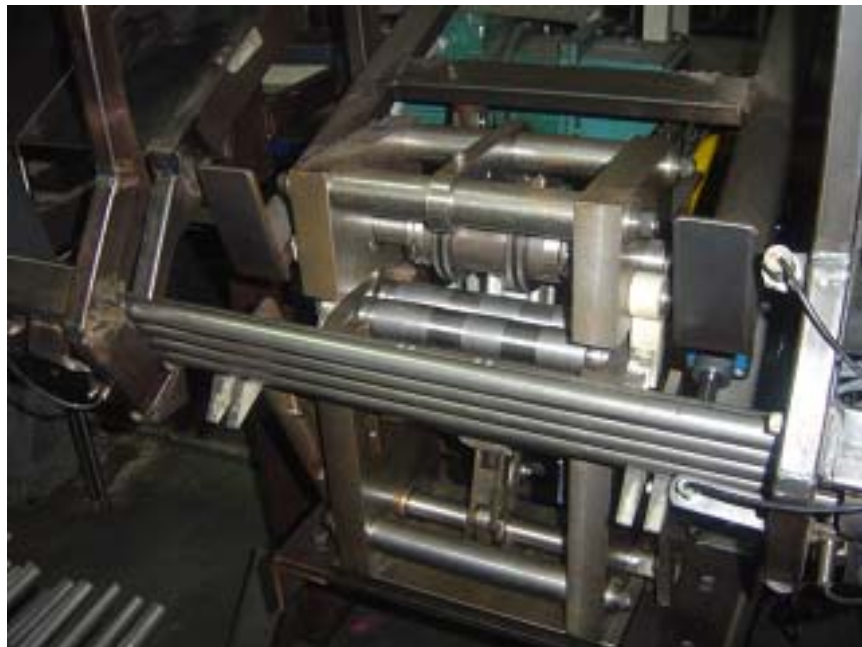


Ilustración 51. Máquina nueva, sistema de centrado.



Ilustración 52. Máquina nueva, vista general de la máquina.

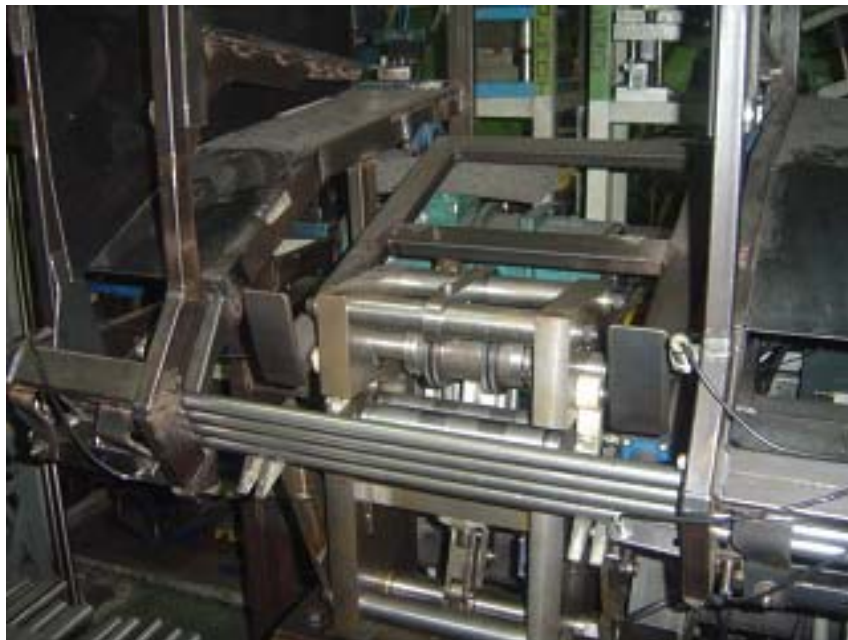


Ilustración 53. Máquina nueva, uñas de arrastre para el tubo.

