

**METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN MASIVA
DE KITS TIPO CONTRAPTOR ORIENTADA A UN
PROGRAMA DE EXTENSIÓN DE LA UIS.**

**ALEXANDER VELILLA HERNANDEZ
RODRIGO ANDRÉS BARROS BERMÚDEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2014**

**METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN MASIVA
DE KITS TIPO CONTRAPTOR ORIENTADA A UN
PROGRAMA DE EXTENSIÓN DE LA UIS.**

**ALEXANDER VELILLA HERNANDEZ
RODRIGO ANDRÉS BARROS BERMÚDEZ**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
JORGE ENRIQUE MENESES FLÓREZ
Ingeniero Mecánico
Magister en Ingeniería**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2014**

DEDICATORIA

A mi madre, Miladys, por su incansable fe en nuestra superación.

ALEXANDER VELILLA HERNANDEZ

DEDICATORIA

A mi abuela Leo por su infinito amor y respaldo, a mi padre Rodrigo por esperarme, a mi madre María Ninfa por su apoyo, a mis hermanos Cindy Paola, Manuel Julián y María Mercedes por ser un motivo, a mi amigo Andrés Fernando por su cariño y ser un modelo a seguir, a mi amiga María Fernanda por estar siempre ahí, a mi novia Ivon Elvira por llegar justo a tiempo y sobre todo a Dios.

RODRIGO ANDRÉS BARROS BERMÚDEZ

AGRADECIMIENTOS

A Jorge Enrique Meneses Flórez, director del proyecto y amigo, por su respaldo, paciencia y colaboración oportuna, a nuestros familiares, por el apoyo brindado toda la vida y a todos nuestros amigos que estuvieron siempre ahí.

***Alexander Velilla Hernández
Rodrigo Andrés Barros Bermúdez***

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.	17
2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	19
3 OBJETIVOS	20
3.1 Objetivo general.	20
3.2 Objetivos específicos.	20
4 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DESARROLLADO	22
4.1 KIT UIS CONTRAPTOR	22
4.2 CONFORMACIÓN DEL KIT.	24
4.2.1 Descripción de la infraestructura (parte estructural y móvil).	24
4.2.2 Descripción del sistema de control.	25
4.3 ETAPAS Y ENTREGABLES DESARROLLADOS EN EL PROYECTO.	26
4.3.1 Construcción del primer prototipo de prueba.	27
4.3.2 Construcción del kit final.	29
4.3.3 Creación del proceso de manufactura flexible para 500 kits tipo Contraptor.	31
4.3.4 Creación de la propuesta como proyecto de extensión de la UIS.	34
5 CONSTRUCCIÓN DEL KIT FINAL.	35
5.1 MODELAMIENTO MECÁNICO.	35
5.2 CODIFICACIÓN DE PIEZAS.	37
5.2.1 Familias del Kit UIS Contraptor.	39
5.2.2 Proceso y asignación de codificación.	41
5.3 ADQUISICIÓN DE MATERIA PRIMA Y DISPOSITIVOS DEL KIT UIS CONTRAPTOR.	49
5.3.1 Materia prima para elementos estructurales y elementos de soportes del conjunto de movimiento lineal.	49
5.3.2 Materia prima para la totalidad de componentes fabricados.	51
5.3.3 Elementos terminados del Kit final.	52
5.3.4 Costo total del kit final	56
5.4 OPERACIONES DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL KIT FINAL.	56

5.5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.	57
5.6 SELECCIÓN DEL EMPAQUE.	58
5.7 ELABORACIÓN DEL MANUAL DE USUARIO.	59
6 PLANTEAMIENTO DEL PROCESO DE MANUFACTURA FLEXIBLE PARA 500 KITS.	61
6.1 DISPOSITIVOS DE SUJECIÓN.	61
6.2 SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS Y TECNOLOGIA DEL CORTE.	64
6.2.1 Herramientas de corte.	64
6.2.2 Equipos.	66
6.3 DETERMINACIÓN DE ARREGLOS DE FABRICACION.	69
6.3.1 Arreglo para familia de ángulos de Aluminio (Familia 13)	69
6.4 Esquema de la distribución de equipos y herramientas (Layout)	73
6.5 ANÁLISIS DE COSTOS.	74
6.5.1 Comparación de ofertas perfiles de aluminio	75
6.5.2 Comparación de ofertas de elementos terminados	76
7 DESARROLLO DE LA PROPUESTA COMO PROYECTO DE EXTENSIÓN.	79
8 CONCLUSIONES	81
9 RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFIA	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema UIS contraptor.....	22
Figura 2. Máquina Mini CNC en proceso de ensamble.....	23
Figura 3. KIT Estructural Contraptor.	24
Figura 4 Conexión EasyDriver Stepper Motor Driver – Arduino.....	25
Figura 5. Esquema de desarrollo del proyecto.	26
Figura 6. Tareas para construcción de prototipo prueba.	27
Figura 7. Herramientas básicas.	28
Figura 8. Tareas construcción kit final.	29
Figura 9. Kit Contraptor final.	30
Figura 10. Caja de herramienta común (izquierda) y caja del kit final (derecha).	31
Figura 11. Tareas proceso de manufactura flexible.	31
Figura 12. Centro de mecanizado CNC en operación de Corte (izquierda) y dispositivo de sujeción (derecha).....	33
Figura 13. Tareas para la creación de la propuesta.....	34
Figura 14. Elemento deslizante.....	35
Figura 15. Dispositivo de sujeción principal de sujeción.	36
Figura 16. Familia de ángulos del kit UIS Contraptor.....	38
Figura 17. Empaque de un kit de juego y boceto a mano.....	59
Figura 18. Portada del Manual de Usuario del kit UIS Contraptor.	60
Figura 19. Vista en explosión del dispositivo universal de sujeción.	62
Figura 20. Dispositivo de sujeción (izquierda ángulos, derecha Tubos).	63
Figura 21. Barra para sujeción de perfiles de aluminio.	64
Figura 22 .Sierra de disco	66
Figura 23. Centro de mecanizado CNC del laboratorio FMS.	67
Figura 24. Esmeril del laboratorio FMS.....	67

Figura 25. Torno CNC del laboratorio FMS	68
Figura 26. Cortadora laser	68
Figura 27. Arreglos para fabricación de ángulos estructurales.	72
Figura 28. . Esquema de los puntos que contiene la propuesta.	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Métodos de clasificación de familias.	38
Tabla 2 Familias de piezas Kit UIS Contraptor.	39
Tabla 3. Listado de componentes electrónicos del kit UIS Contraptor.....	40
Tabla 4. Base de datos de las piezas del kit UIS Contraptor.	42
Tabla 5. Cálculo cantidad de perfiles.	50
Tabla 6. Tabla de costos materia prima para construcción de elementos estructurales y elementos de soportes del conjunto de movimiento lineal....	50
Tabla 7. Costo de materias primas para elementos fabricados del Kit.	52
Tabla 8. Análisis de costos elementos mecánicos terminados del kit.	53
Tabla 9. Análisis de costos elementos electrónicos y motores del kit.	55
Tabla 10. Costo final construcción kit final.	56
Tabla 11. Listado de elementos del dispositivo universal de sujeción.	62
Tabla 12. Herramientas de corte para elementos no ferrosos (aluminio).	65
Tabla 13. Ángulos de aluminio del kit UIS Contraptor.....	70
Tabla 14. Configuración de arreglos para ángulos estructurales.	71
Tabla 15. Comparación de ofertas de materias primas	75
Tabla 16. Cotización para tornillos.....	74
Tabla 17 Cotización para correas	75
Tabla. 18 Cotización para rodamientos	76

RESUMEN

TÍTULO: METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN MASIVA DE KITS TIPO CONTRAPTOR ORIENTADA A UN PROGRAMA DE EXTENSIÓN DE LA UIS.*

AUTORES: Alexander Velilla Hernández
Rodrigo Andrés Barros Bermúdez**

PALABRAS CLAVES: Sistemas flexibles de manufactura, TIC (Tecnologías de la información y las comunicaciones), automatización industrial, metodología, Contraptor, extensión.

DESCRIPCIÓN:

Ante la necesidad de fortalecer y aumentar herramientas tecnológicas y como política de extensión por parte de los estudiantes de la Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, especialmente en la escuela de Ingeniería Mecánica, se diseñó el proceso de fabricación en serie de un modelo bajo la filosofía de construcción Contraptor (ver justificación de la solución), utilizando este producto como "TIC", facilitando la transmisión de conocimiento.

Está dirigido a estudiantes de colegios de bachillerato, con el propósito de despertar interés a quienes serán los futuros técnicos, Pymes y grandes empresas de producción, buscando con esto que el programa de extensión sirva como canal para unir a la Universidad Industrial de Santander con la sociedad.

Se puede resaltar como hallazgo principal de la investigación realizada, que las escuelas donde se tienen laboratorios, carecen de equipos con tecnología de punta o metodologías para el desarrollo de dichos proyectos, por tal motivo se hace evidente también, la necesidad de aprovechar el inmenso avance logrado en los laboratorios de Automatización Industrial y de Sistemas Flexibles de Manufactura de la Escuela de Ingeniería Mecánica, aplicando todo su potencial en el desarrollo de este proyecto de grado, visionándolo como proyecto de Extensión de la Universidad Industrial de Santander.

Gracias al alto impacto y al gran renombre que la Universidad Industrial de Santander tiene en la región y en el país, es muy fácil poder penetrar por medio de los docentes y estudiantes a los diferentes organismos gubernamentales y a la empresa privada, articulando esa necesaria relación que debe existir entre las partes mencionadas, para así poder llegar a la comunidad y a la gente de forma directa con este tipo de proyectos.

* Proyecto de Grado

** Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Director. Jorge Enrique Meneses Flórez

ABSTRACT

TITLE: METHODOLOGY FOR THE MASSIVE CONSTRUCTION OF CONTRAPTOR TYPE KITS GEARED TO A PROGRAM OF EXTENSION OF THE UIS.*

AUTHORS: Alexander Velilla Hernández
Rodrigo Andrés Barros Bermúdez**

KEY WORDS: Flexible manufacturing, industrial automation systems, ICT (information and communication technologies), methodology, Contraptor, extension.

DESCRIPTION:

Due to the need of strengthening and increasing technological tools and as a policy of expansion by the students of the Physical Engineering Faculty, especially in the school of Mechanical Engineering, the process of series manufacturing was designed from a model under the construction philosophy Contraptor (see justification of the solution), using this product as an "ICT", facilitating the transfer of knowledge.

It is aimed at high school students, to awaken interest on the future technicians, SMEs and major production companies, seeking that the extension program serves as a channel to join Universidad Industrial de Santander and the society.

This research highlights as its main finding, that schools with laboratories lack equipment with cutting-edge technology or methodologies for the development of such projects, for this reason it is also evident, the need to take advantage of the immense progress in the laboratories of Industrial Automation and Flexible Manufacturing Systems at the school of Mechanical Engineering by applying its full potential in the development of this graduation project, viewing it as a project of Extension of UIS.

Thanks to the high impact and great popularity that UIS has in the region and in the country, it is very easy to penetrate through teachers and students to different government agencies and the private enterprise, articulating the necessary relationship that must exist between the aforementioned parties, in order to reach the community and people directly with this type of project.

* Degree Project

** Industrial University of Santander. School of Mechanical Engineering. Faculty of engineering physic mechanical. Director. Jorge Enrique Meneses Flórez

INTRODUCCIÓN

Dentro de su misión institucional, la Universidad Industrial de Santander busca construir futuro, formando profesionales integrales y competentes en las diferentes áreas del conocimiento.

La Ingeniería Mecánica tiende a la innovación y creación de nuevas técnicas y herramientas para la solución de necesidades que contribuyan al bienestar de la sociedad; actualmente cuenta para ello con avances tecnológicos que permiten la automatización de procesos y la construcción de herramientas más precisas.

Basado en la metodología de construcción Contraptor, el cual es un sistema modular abierto, para la fabricación experimental de prototipos como robots o máquinas, se planteó disponer de KITS tipo Contraptor, con los cuales se puedan ensamblar: un plotter XY, una mini máquina CNC y un robot cartesiano, de una manera muy didáctica para lograr hacerlos llegar a instituciones educativas del departamento de Santander, principalmente a los niveles décimo y undécimo grado de bachillerato.

Se diseñó un proceso para la producción en serie o en masa de dicho prototipo, el cual permite manufacturar de forma ágil y económica la cantidad de piezas requeridas para la construcción y montaje de los equipos según sea necesario. Para esto se aplicaron los conocimientos adquiridos especialmente en las asignaturas de Automatización Industrial, Autómatas Programables y Control Numérico Computarizado, con ayuda de los recursos de sus respectivos laboratorios, analizando varias posibles alternativas para implementar la manera más viable de producción teniendo en cuenta costos, acceso a equipos de fabricación y mano de obra.

1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

En Colombia existen políticas orientadas a programas de extensión en las universidades del país, sin embargo éstas son autónomas de ejecutar dichas políticas.

La ley 30 de 1992 establece como objetivo misional de las instituciones de educación superior, impulsar y fortalecer las políticas de extensión e investigación para poder llegar a la comunidad a través de la creación, desarrollo y transmisión del conocimiento, promoviendo su utilización en todas las áreas, para solucionar las necesidades de la sociedad; en el año 2009 la Ley 1341 o Ley de TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) promueve el acceso, uso efectivo y apropiación de estas herramientas tecnológicas, para todos los colombianos, especialmente áreas menos favorecidas.

Con el objetivo de fomentar las TICS en colegios de zonas alejadas a áreas urbanas del país, el Gobierno Nacional ha centrado sus esfuerzos en brindar a estas poblaciones mayor disponibilidad de computadores y tabletas electrónicas con cobertura y acceso a internet. Esto se debe a que las TICS tienden a ser un concepto muy asociado a la informática, pero no basta con sólo disponer de estos dispositivos cuando se hace referencia al procesamiento de la información; el enfoque que debe darse es el de disponer de herramientas tecnológicas que permitan desarrollar nuevas alternativas de producción, comunicación y de los medios necesarios para propagar los conocimientos. Los jóvenes que viven en estas zonas se están quedando con sólo realizar consultas básicas, acceso a las redes sociales y juegos, olvidando que existen otras áreas que unidas a la informática y al internet, como la automatización, permitirían desarrollar herramientas con las cuales se

transmitirían muchos más conocimientos, y que los estudiantes de la UIS tienen.

Actualmente en la UIS, no existe una metodología que ayude a la producción en serie de herramientas, con procesos de automatización, que despierte interés y permitan la interrelación Universidad-Colegios.

2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

Se justifica la solución de la necesidad planteada, ya que al utilizar herramientas tecnológicas como política de extensión, se fortalece la relación universidad-sociedad por parte de la población de la Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, especialmente en la escuela de Ingeniería Mecánica y gracias a la formación académica que ésta escuela brinda, se tienen las bases con las que se diseñó el proceso de fabricación en serie del kit de construcción Contraptor, utilizando este producto como “TIC”, facilitando la transmisión de conocimiento.

Al estar dirigido a estudiantes de colegios de bachillerato, se busca despertar interés a quienes serán los futuros técnicos, Pymes y autoridades de grandes empresas de producción, que a su vez son pilares fundamentales de la economía del país.

De acuerdo con la investigación realizada, es imperativo aprovechar el gran avance logrado en los laboratorios de Automatización Industrial y de Sistemas Flexibles de Manufactura de la Escuela de Ingeniería Mecánica de las UIS para llevar a feliz término este tipo de iniciativas, ya que algunas otras escuelas carecen de equipos, espacios o metodologías para desarrollar esta clase de proyectos.

El acceso al público objetivo de este proyecto está garantizado gracias al buen nombre que a través de sus docentes y estudiantes tiene la Universidad Industrial de Santander en la región y a el reconocimiento de diferentes organismos gubernamentales y la empresa privada, de tal modo que el vínculo necesario que debe existir entre las partes conseguirá llegar a la comunidad directamente.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general.

Promover la misión institucional de la **Universidad Industrial de Santander**, generando y transmitiendo conocimiento, mediante la creación de una metodología de diseño y fabricación masiva de kits tipo Contraptor, orientando su extensión hacia colegios de bachillerato del departamento de Santander.

3.2 Objetivos específicos.

- ✓ Desarrollar un documento entregable a la Universidad Industrial de Santander planteando una propuesta de proyecto de extensión, con alcance a escuelas y colegios del departamento de Santander.
- ✓ Diseñar un proceso de manufactura flexible para fabricar, en masa, (el módulo estructural, basado en Contraptor), 500 kits, los cuales podrán ser montados y desmontados por parte de los estudiantes.
- ✓ Construir un prototipo de KIT Contraptor, con la ayuda del proceso de manufactura diseñado, con el cual se pueda ensamblar: una Ploteadora XY, una Mini Fresadora CNC y un Robot Cartesiano; el cual estará constituido por:
 - Sistema de movimiento de tres grados de libertad el cual lo componen:
 - Motores paso a paso.
 - Un sistema guía con rodamientos.
 - Un sistema de transmisión de potencia (tornillo de potencia).
 - Una adaptación para fuente motriz.
 - Un sistema de 3 ejes de movimiento XYZ (cartesiano).
 - Estructura modular con sistema de acoplamiento entre ellos

- Sistema de control y adquisición de datos que constará de los siguientes componentes:
 - Sensores Finales de carrera.
 - Adquisidor de datos en base Arduino.

- Dimensiones de la Maquina:
 - Longitud 12 [in]
 - Ancho 18 [in]
 - Alto 12 [in]

- Recorridos de los ejes:
 - Eje X 6 [in]
 - Eje Y 8 [in]
 - Eje Z 3 [in]

- ✓ Diseñar un manual de usuario para la manipulación del KIT tipo Contraptor.

4 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DESARROLLADO

4.1 KIT UIS CONTRAPTOR

El kit UIS CONTRAPTOR es uno de los entregables desarrollados en este proyecto, y consiste en una herramienta mecánica que permite armar y desarmar tres distintas y funcionales máquinas, con la ayuda de un instructivo didactico con el que facilmente se pueden realizar los ensambles. Las tres opciones pueden ser armadas con las mismas piezas, lo que permitirá al estudiante (usuario) tener tres máquinas automatizables, en una. En este proyecto se diseñó una metodología de producción, para producir el “UIS CONTRAPTOR” en forma masiva. La figura 1 muestra esquemáticamente la funcionalidad del Kit.

Figura 1. Esquema UIS contraptor.



El Kit UIS CONTRAPTOR, es además, una herramienta tecnológica pensada en ser aplicada como una herramienta TIC⁵, con la que se pueda fomentar la

⁵ Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

apropiación de conocimientos específicos en el campo de la mecatrónica y el diseño mecánico.

Surge como una necesidad educativa debido a la poca cobertura de este tipo de herramientas en las escuelas y colegios de bachillerato del departamento de Santander y con la intención de despertar el interés de sus estudiantes o de cualquier otra persona aficionada o interesada en disponer de una herramienta que además de interesante puede resultar muy útil. Este kit se fabricó con la ayuda del proceso de manufactura flexible que se detallará a fondo en el capítulo 6.

Figura 2. Máquina Mini CNC en proceso de ensamblaje.



4.2 CONFORMACIÓN DEL KIT.

4.2.1 Descripción de la infraestructura (parte estructural y móvil).

La infraestructura del KIT Tipo Contraptor está compuesta principalmente por ángulos de aluminio y perfiles rectangulares las cuales dan estabilidad y soporte.

Este es el principal elemento del conjunto Contraptor, el cuál utiliza los ángulos como un componente estructural y como una guía lineal para los elementos de deslizamiento lo que hace que el diseño sea tolerante a errores y permiten pequeños ajustes en el momento del montaje.

Este kit estructural incluye varias longitudes de ángulo perforado, de 1" [in] a 18" [in]. El ángulo perforado tiene agujeros de $\frac{1}{4}$ " [in], centrados y separados a 1" [in] de separación; Véase Figura 3.

Figura 3. KIT Estructural Contraptor.



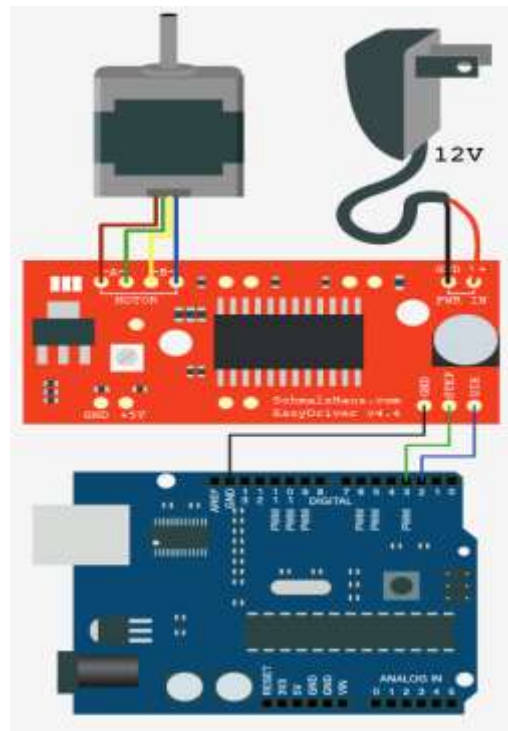
Fuente: <http://reprap.org/wiki/Contraptor>.

4.2.2 Descripción del sistema de control.

El sistema de control de la máquina mini CNC, está orientado a los motores paso a paso que controlarán el movimiento en los tres planos y el giro de la herramienta (según la máquina ensamblada) para llevar a cabo tal fin se utilizó un EasyDriver Stepper Motor Driver (Véase Figura 4) junto con una tarjeta Arduino.

La interfaz utilizada para el manejo de la tarjeta Arduino, emplea un GCODE para el manejo de la herramienta.

Figura 4 Conexión EasyDriver Stepper Motor Driver – Arduino.



Fuente: <http://bildr.org/2011/06/easydriver/>

4.3 ETAPAS Y ENTREGABLES DESARROLLADOS EN EL PROYECTO.

En la figura 5 se presenta un esquema de las etapas en las que se desarrolló el proyecto:

Figura 5. Esquema de desarrollo del proyecto.



En el desarrollo de cada una de las etapas se identificaron una serie de tareas, que facilitaron la consecución de los resultados y que se presentan a continuación

4.3.1 Construcción del primer prototipo de prueba.

Figura 6. Tareas para construcción de prototipo prueba.



Como punto de partida se decidió construir el prototipo a imagen y semejanza, siguiendo al pie de la letra los lineamientos y guías indicadas en la página web de Contraptor, allí, se inició identificando todos los tipos de piezas que conforman el kit según su función dentro de las máquinas, determinando tres conjuntos de elementos que son: elementos estructurales, elementos de movimiento lineal y conjunto de elementos electrónicos y motores.

Posteriormente se priorizó en la fabricación del conjunto estructural y de algunos componentes del conjunto de movimiento lineal, ya que son los susceptibles a ser fabricados. Se adquirieron los perfiles de aluminio y se realizaron las operaciones de mecanizado en casa; para cortarlos, se utilizó una sierra manual o segueta, para los agujeros taladro de mano, se determinaron las dimensiones con un metro y se realizaron las marcas de los puntos de corte con plantillas y lápiz, (ver figura 7), todo esto con el fin de adquirir una experiencia que facilitara la creación del prototipo real e interactuar con lo que a futuro se propondría construir de forma masiva.

Figura 7. Herramientas básicas.



Fuente: www.contraptor.com.

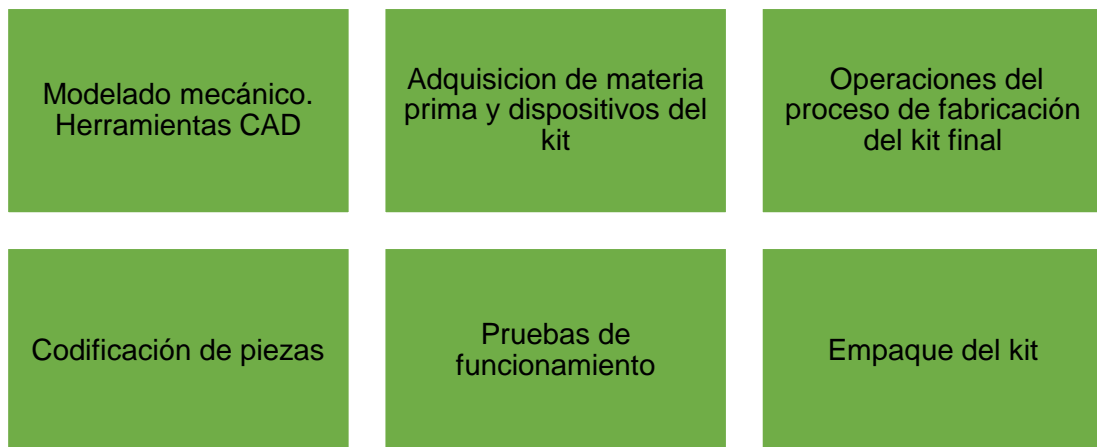
El ejercicio antes mencionado resultó ser muy interesante y bastante apropiado ya que se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. La sierra manual generó cortes irregulares y con baja precisión.
2. Las dimensiones de los perfiles variaban visiblemente creando una imagen de no uniformidad.
3. Los acabados, a pesar de someterlos al respectivo proceso, no fueron los apropiados, mala calidad, estéticamente hablando.
4. Al intentar ensamblar las piezas, algunos de los agujeros no eran concéntricos para unirlos con tornillos.
5. Se empleó un tiempo de operación extenso, el cual hizo del corte de material una tarea complicada.
6. Según la información de Contraptor.org, algunos materiales comercialmente no son de fácil adquisición en Colombia.
7. Se evidenció en la fabricación, que la cantidad de perfiles necesarios para conformar 500 kits se debe realizar bajo un proceso de manufactura en masa.

Luego de finalizar esta etapa, de forma paralela, se trabajó en las dos siguientes, la construcción del kit final y la creación del proceso de manufactura flexible para 500 kits tipo Contraptor.

4.3.2 Construcción del kit final.

Figura 8. Tareas construcción kit final.



Para la creación del Kit final, en primera instancia, se debía tener la información detallada de cada pieza en cuanto a su forma y dimensión se refiere, y con la herramienta Solidworks como Software CAD⁶ se modelaron las piezas, lo que permitió realizar un análisis dimensional con el que se corrigieron los errores detectados en la etapa anterior y los planos se acotaron bajo la norma ISO con la información necesaria de cotas, ajustes y tolerancias. Debido a la diversidad de piezas utilizadas en los ensambles, se hizo necesaria la creación de una base de datos que les diera una organización acorde y así poder acceder a estos datos eficientemente. En consecuencia, este orden permitió la asignación de un número (código), que determina primero el conjunto al que pertenece

⁶ Diseño asistido por computador

la pieza y luego la condición de pieza a ser fabricada o no fabricada, se codificó entonces aplicando el concepto de “Tecnología de Grupo”.

Una vez clasificados los dispositivos necesarios para la construcción total del kit surgió una nueva dificultad, prevista en la etapa anterior, y es que muchos de estos componentes, comercialmente en Colombia, no son comunes; en este punto del proyecto se debía ponderar la idea de importarlos o reemplazarlos por equivalentes y que se logaran adquirir fácilmente en el ámbito local. Se realizaron todas las operaciones de mecanizado en el laboratorio FMS de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UIS, y se realizaron las pruebas con el conjunto electrónico y motores (ver capítulo 3)

Figura 9. Kit Contraptor final.



Teniendo el kit completo, hacía falta disponer de un lugar donde se pudiera almacenar la gran cantidad de elementos que lo conforman y que además permitiera transportarlos fácilmente, fue por esa necesidad que se pensó en un empaque con forma de las populares cajas de herramientas, pero teniendo

en cuenta la ergonomía de agarre, el espacio del equipamiento, el peso que tienen sus componentes apilados, movilidad y los colores del mismo con el fin de brindar la presentación más práctica y estética.

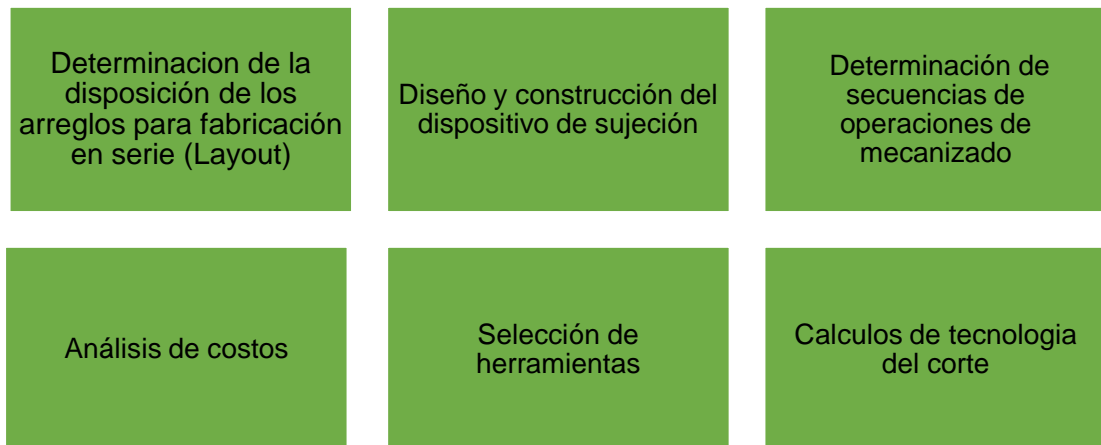
Figura 10. Caja de herramienta común (izquierda) y caja del kit final (derecha).



Fuente: <http://www.ujueta.com/>

4.3.3 Creación del proceso de manufactura flexible para 500 kits tipo Contraptor.

Figura 11. Tareas proceso de manufactura flexible.



Con la disposición de arreglos de fabricación como tarea inicial, se minimizó tanto el desperdicio de materia prima como los tiempos de producción para la cantidad de piezas requeridas y con ello los costos; las familias de piezas se seleccionaron por el método visual y se dividieron en dos tipos de piezas las fabricadas y las no fabricadas, codificadas en la etapa de construcción del kit final.

Finalizada la tarea anterior era necesario determinar de qué forma se sujetaría la materia prima en la operación, para ello, se diseñó un utillaje (Dispositivo de sujeción) que diera soporte y agarre de forma universal a todos los arreglos, esto, unido a la secuencia de manufactura flexible correcta, redujo aún más costos y tiempos de producción de los 500 Kit, para esta parte del trabajo se usaron los software CAD, Solidwork, Solidcam y Mastercam.

Con la secuencia de manufactura flexible correcta en las herramientas inteligentes (CNC) y las herramientas de corte apropiadas, se mejoró el acabado y se obtuvo una excelente precisión dimensional, dando como resultado un eficaz proceso y óptimo producto.

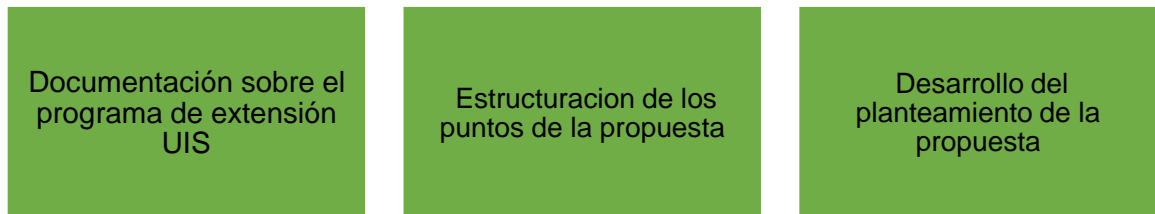
Figura 12. Centro de mecanizado CNC en operación de Corte (izquierda) y dispositivo de sujeción (derecha).



Las Máquinas Herramientas de Control Numérico Computarizado, cada vez más sofisticadas, permiten obtener una alta precisión, grandes tasas de evacuaciones de material y gracias a su flexibilidad se pueden realizar mecanizados de gran complejidad con un solo posicionamiento de la pieza.

4.3.4 Creación de la propuesta como proyecto de extensión de la UIS.

Figura 13. Tareas para la creación de la propuesta.



La VIE (Vicerrectoría de Investigación y Extensión), es una unidad académica y administrativa de soporte para el desarrollo de las políticas de Investigación y Extensión de la UIS que reafirma la prioridad y el valor estratégico que la Institución reconoce en estas dos actividades misionales, y dependiente de la Rectoría de la Universidad⁷.

En la Coordinación de programas y proyectos de la VIE se encuentra todo el soporte sobre cómo se debe presentar un proyecto de extensión, así como sus requisitos, apoyo financiero, formulación, registro, formalización y gestión. Allí se encontró la documentación necesaria para la formulación del problema y planteamiento de la necesidad para que éste desarrollo se justificara; acto seguido, se redactó la propuesta entregable (ver capítulo 5), para que sirva de base a la ejecución del proyecto en este ente.

⁷ Tomado de www.uis.edu.co

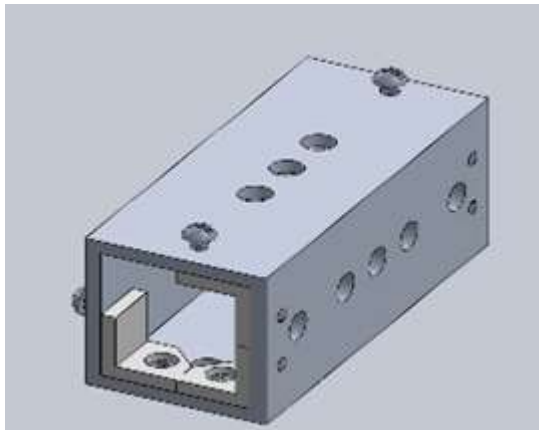
5 CONSTRUCCIÓN DEL KIT FINAL.

5.1 MODELAMIENTO MECÁNICO.

El Diseño asistido por computador (CAD/CAM, Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) es una herramienta de soporte en todos los procesos en los que se involucre la fabricación de cualquier tipo de producto. Esta herramienta se ha vuelto indispensable para diseñadores y empresas que se enfrentan a la necesidad de mejorar la calidad de sus piezas, disminuir los costos y acortar los tiempos de diseño y producción.

Con este tipo de herramientas se logra, por medio de un computador, realizar tareas de creación, innovación, análisis y modificación de un diseño. De esta manera, cualquier aplicación que incluya una interfaz gráfica y realice alguna tarea de ingeniería se considera software CAD. Las herramientas CAD abarcan desde herramientas de modelado geométrico hasta aplicaciones a medida para el análisis u optimización de un producto específico.

Figura 14. Elemento deslizante.



Así como muestra la figura 14, se realizó el modelo 3D a cada una las piezas en el software Solidworks, con el cual también se generaron los planos de

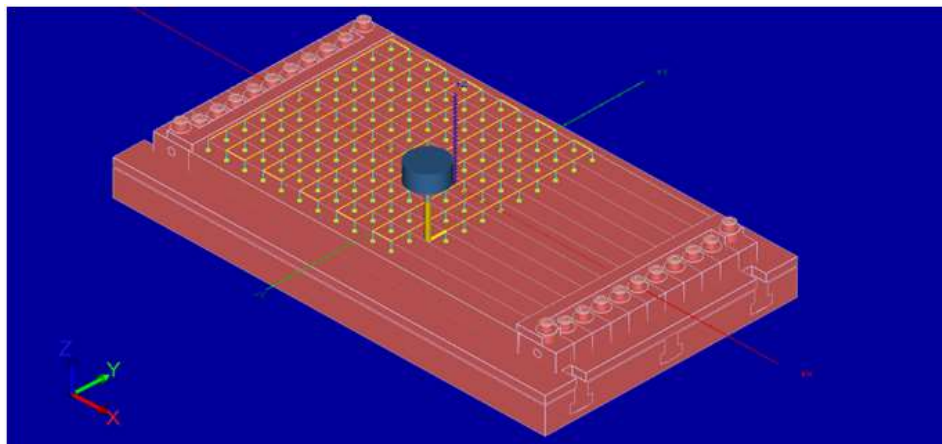
construcción, (ver anexo A). Esta información digitalizada es exportada a la herramienta Mastercam.

Mastercam es el software CAD-CAM que soluciona toda la problemática de fabricación, desde el diseño a la comunicación con la máquina, para automatizar la programación de las siguientes máquinas⁸:

- Fresadoras o centros de mecanizado desde 2 ejes hasta 5 ejes simultáneos
- Tornos con 2 ejes o Centros de Torneado con 3, 4 o 5 ejes

Cabe mencionar que el diseño y la fabricación del dispositivo principal de sujeción del proceso de manufactura también fue modelado y fabricado con la ayuda de estos dos software y se describirá con detalle en el capítulo 4.

Figura 15. Dispositivo de sujeción principal de sujeción.



⁸ Fuente: <http://www.iamcad.com/>

5.2 CODIFICACIÓN DE PIEZAS.

Como se mencionó en el capítulo 4, la codificación de piezas representa uno de los puntos de mayor cuidado en la construcción del kit final, ya que a partir de aquí se puede reconocer que tipo y cantidad de piezas se utilizarán en él, así como su clasificación y determinación de los procesos de fabricación necesarios para obtener la cantidad de piezas correspondientes a los 500 kits.

Para lograr una codificación óptima se utilizó el concepto de “Tecnología de grupo”, este método aprovecha las similitudes de las partes para usar los mismos procesos y herramientas al fabricarlas, minimizando las desventajas presentes en otros tipos producción como demoras por cambio de herramienta o de material. Es una metodología muy útil para automatizar sistemas flexibles de manufactura.

La idea es agrupar e identificar las piezas para clasificarlas en familias; una familia de partes es un grupo de piezas que tienen similitudes en la forma geométrica y tamaño, o en los pasos de procesamiento. La figura 16 muestra una familia del kit.

Es normal que existan también diferencias entre piezas de una misma familia, pero las similitudes son suficientemente fuertes que aún con esas diferencias se pueden agrupar. De acuerdo con la producción de piezas por familias, se puede planificar la disposición de las máquinas herramientas a utilizar en celdas de manufactura, éstas se diseñan para producir una familia completa de piezas o etapas de alguna otra familia.

Figura 16. Familia de ángulos del kit UIS Contraptor.



Existen dos métodos fundamentales para realizar la clasificación de familias: la inspección visual, que se basa en las características físicas y los atributos del diseño de las piezas, y por análisis de flujo de producción, en el que se usa información las hojas de ruta de proceso.

Tabla 1. Métodos de clasificación de familias.

Inspección Visual	Flujo de producción
<ul style="list-style-type: none">• Dimensiones principales• Formas básicas• Relación longitud/diámetro• Tipo de material• Tolerancias• Acabado superficial	<ul style="list-style-type: none">• Proceso principal• Secuencia de operación• Máquina herramienta• Herramienta de corte• Cantidad de producción

5.2.1 Familias del Kit UIS Contraptor.

Para la conformación de las familias del kit UIS Contraptor se utilizó el método visual, donde se tuvo en cuenta las dimensiones principales, el tipo de material y las formas básicas de las piezas. Con esta clasificación se asignó una primera parte del código a las partes y se determinó si éstas podían ser, o no ser fabricadas en el laboratorio FMS de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UIS.

Tabla 2 Familias de piezas Kit UIS Contraptor.

Familia	Número de la familia	Elementos de la familia	Material	Cant./Kit	Fabricado en FMS
Acoplamiento	11	1	Fundición gris	6	N
Ángulo	12	4	UHMWPE	30	S
Ángulo 2	13	17	Aluminio	113	S
Arandelas	14	4	Acero	96	N
Canales	15	2	Aluminio	6	S
Correas	16	3	Neopreno	3	N
Espaciadores	17	3	Acrílico	40	S
Laminas	18	3	Acrílico	3	S
Empaques	19	2	Neopreno	9	N
Poleas	20	1	Aluminio	6	N
Rodamientos	21	3	Acero	34	N
Soporte	22	3	Acrílico	20	S
Sujeción	23	1	Aluminio	5	S
Tornillos	24	12	Acero	382	N
Tubos	25	3	Aluminio	6	S
Tuerca	26	1	Latón	4	S
Tuercas	27	6	Acero	344	N
Varillas Roscadas	28	2	Fundición gris	4	N*

* Este elemento no es fabricado pero es sometido a un proceso de corte para obtener la dimensión requerida

Las partes no fabricadas también se clasificaron para proceder a adquirirlas en almacenes o distribuidores de la ciudad, esto se decidió teniendo en cuenta, costos de fabricación; para el caso puntual de tornillos, tuercas, rodamientos, poleas, empaques, correas y arandelas, era definitivamente mucho más económico y rápido comprarlos que fabricarlos.

Los componentes electrónicos del kit UIS Contraptor fueron organizados de forma independiente, ya que al igual que las piezas no fabricadas, se seleccionaron y adquirieron siguiendo las recomendaciones de la página web de Contraptor.

Tabla 3. Listado de componentes electrónicos del kit UIS Contraptor.

Componente electrónico	Cantidad/kit
Alojamientos de cables y cabecera	1
Amarres eléctricos 4"	4
Amarres eléctricos 8"	2
Bloques de terminales fijas 6 posiciones	3
Cable 22 AWG x 10" macho	4
Cable 22 AWG x 4.5" macho	48
Cable 22 AWG x 5.5" macho	8
Cable 22 AWG x 7.5" macho	4
Cable de conexión 22AWG machos naranja de 0.3"	18
Cable de conexión 22AWG macho amarillo 0.4"	18
Cable de conexión 22 AWG Azul, Negro, Rojo	27
Conector hembra 30 posiciones	1
Disipador de calor Enzotech MOS-C1	3
Driver motor paso a paso Pololu	1
Motor paso a paso NEMA23	3
Protoboard Mediana	1
Protoboard Tipo soldable	1

5.2.2 Proceso y asignación de codificación.

Una vez listadas todas las piezas, con las características mostradas en la tabla 2, el paso a siguiente fue asignar un código a cada uno de los elementos. El código consta de seis (6) dígitos y una letra (S o N). Se puede identificar cada componente así:

SISTEMA	FAMILIA	CÓDIGO ÚNICO	FABRICADO
<u>1/2</u>	<u>00</u>	<u>00</u>	<u>S/N</u>

- Sistema: Se refiere a que tipo de sistema pertenece, el número 1 para componentes del sistema mecánico y el 2 del sistema electrónico.
- Familia: Señala el número asignado a la familia de partes como muestra la tabla 2.
- Código único: Determina la posición del elemento en cada familia
- Fabricado: Con las letras S o N, se indica si el elemento es fabricado o no en el laboratorio FMS de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UIS.

Con la conformación de los códigos de cada pieza, se estructuró la información, y fue mucho más fácil poder encontrar cualquier elemento y su función dentro del kit. Esta información se almacenó en una base de datos que además fue útil para el diseño del proceso de manufactura y que se muestra a continuación en la tabla 4.

Tabla 4. Base de datos de las piezas del kit UIS Contraptor.

IMAGEN	CODIGO	NOMBRE	CANT/KIT	FABRICADO
	11101N	Acoplamiento de eje	6	SI
	11201S	Angulo tope final	6	SI
	11202S	Angulo central	8	SI
	11203S	Angulo derecho	8	SI
	11204S	Angulo izquierdo	8	SI
	11301S	Angulo 1"	10	SI
	11302S	Angulo 2"	16	SI
	11303S	Angulo 3"	12	SI
	11304S	Angulo 4"	12	SI
	11305S	Angulo 6"	8	SI
	11306S	Angulo 9"	6	SI

IMAGEN	CODIGO	NOMBRE	CANT/KIT	FABRICADO
	11307S	Angulo 12"	6	SI
	11308S	Angulo 18"	6	SI
	11309S	Angulo riel lineal 12"	2	SI
	11310S	Angulo riel lineal 18"	2	SI
	11311S	Angulo de acoplamiento	4	SI
	11312S	Angulo cojinetes lineales	8	SI
	11313S	Angulo sujeción de correa	2	SI
	11314S	Angulo montaje del eje	8	SI
	11315S	Angulo tuerca de montaje	4	SI
	11316S	Angulo tuerca de acople	4	SI
	11317S	Angulo montaje del motor	3	SI

IMAGEN	CODIGO	NOMBRE	CANT/KIT	FABRICADO
	11401N	Arandela #10	48	NO
	11402N	Arandela antiretorno	10	NO
	11403N	Arandela de ajuste	32	NO
	11404N	Arandela de goma	6	NO
	11501S	Canal 2.5"	4	SI
	11502S	Canal 3.5"	2	SI
	11601N	Correa 240XL037	1	NO
	11602N	Correa 280XL037	1	NO
	11603N	Correa 400XL037	1	NO
	11701N	Anillos delring	16	NO
	11702S	Espaciador no roscado	12	SI

IMAGEN	CODIGO	NOMBRE	CANT/KIT	FABRICADO
	11703S	Espaciador no roscado	12	SI
	11801S	Lamina de Acrílico 1	1	SI
	11802S	Lamina de Acrílico 2	1	SI
	11803S	Lamina de Acrílico 3	1	SI
	11901N	Pasa cable	6	NO
	11902N	Araña del acoplamiento flexible	3	NO
	12001N	Polea	6	NO
	12101N	Rodamiento R188	16	NO
	12102N	Rodamiento R3	16	NO
	12103N	Rodamiento axial de bolas	2	NO
	12201N	Soporte	20	SI

IMAGEN	CODIGO	NOMBRE	CANT/KIT	FABRICADO
	12202S	Apoyo de soporte	2	SI
	12203S	Sujeción	1	SI
	12301S	Soporte 2	2	SI
	12401N	Tornillo 1/4-20 UNC x 1.5"	4	NO
	12402N	Tornillo 1/4-20 UNC x 3"	2	NO
	12403N	Tornillo # 10-24 UNC x 1"	20	NO
	12404N	Tornillo # 10-24 UNC x 1/2"	130	NO
	12405N	Tornillo # 10-24 UNC x 3/4" Nylon	6	NO
	12406N	Tornillo # 10-24 UNC x 3/4"	32	NO
	12407N	Tornillo # 10-24 UNC x 3/8"	20	NO
	12408N	Tornillo # 10-24 UNC x 3/8" Plana	30	NO

IMAGEN	CODIGO	NOMBRE	CANT/KIT	FABRICADO
	12409N	Tornillo # 6-32 UNC x 1/4" Nylon	50	NO
	12410N	Tornillo # 6-32 UNC x 1/4"	8	NO
	12411N	Tornillo # 6-32 UNC x 1/8"	60	NO
	12412N	Tornillo # 6-32 UNC x 3/8"	20	NO
	12501S	Tubo cuadrado 1"	2	SI
	12502S	Tubo cuadrado 2.5"	2	SI
	12503S	Tubo cuadrado 3.5"	2	SI
	12601S	Tuerca 1/4"-20 x 7/8"	4	SI
	12701N	Tuercas 1/4"-20 x 3/16" cuadrada	32	NO
	12702N	Tuercas 1/4"-20 x 15/64 Nylon	8	NO
	12703N	Tuercas # 10-24 UNC x 1/8	232	NO

IMAGEN	CODIGO	NOMBRE	CANT/KIT	FABRICADO
	12704N	Tuercas # 10-24 UNC x 3/8 Nylon	6	NO
	12705N	Tuercas 1/4" x 3/16 x 7/16	62	NO
	12706N	Tuercas (Prisionero)	6	NO
	12801N	Varilla roscada 14" 1/4"-20	3	NO
	12802N	Varilla roscada 24" 1/4"-20	1	NO

5.3 ADQUISICIÓN DE MATERIA PRIMA Y DISPOSITIVOS DEL KIT UIS CONTRAPTOR.

Con el listado de elementos completo y clasificado, ya se decidió que adquirir para la conformación del kit final. En la ejecución de la codificación se mencionó que algunas partes específicas del kit, por costos y practicidad, debían ser compradas, pero esto se refería a elementos ya terminados, haciendo de lado por un momento la materia prima que se utilizó para de lo fabricado.

Para el caso específico de la construcción del kit final, preponderó el hecho de no contar con la capacidad de fabricación necesaria para dichos elementos y no el factor costo, ya que sin duda fabricarlos en el laboratorio si los incrementaría.

A continuación se presentan las tablas de cálculo de material, ofertas, costos y el presupuesto usado para la compra de las materias primas y de los elementos terminados para la conformación del kit. Estas tablas son de gran utilidad para poder comparar los costos de fabricación en el proceso manufactura flexible para 500 kits.

5.3.1 Materia prima para elementos estructurales y elementos de soportes del conjunto de movimiento lineal.

Se calculó, con la ayuda de la base de datos, la cantidad de materia prima necesaria para la fabricación de elementos estructurales y elementos de soportes del conjunto de movimiento lineal del kit, los datos se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Cálculo cantidad de perfiles.

Cálculos			
Perfil de aluminio 1" x 1" x 1/8"	Tubo cuadrado	Perfil de aluminio 1/2" x 1/2" x 1/16"	Tubo Rectangular
Total m/kit	Total m/kit	Total m/kit	Total m/kit
11,4046	0,3556	1,524	0,4318
Perfiles/kit	Perfiles/kit	Perfiles/kit	Perfiles/kit
2	1	1	1

Tabla 6. Tabla de costos materia prima para construcción de elementos estructurales y elementos de soportes del conjunto de movimiento lineal.

COMPARACION DE OFERTAS						
	Ferroaluminios		COVAL Bogotá		onlinemetals.com	
	Calle 34 # 24-89		Auto Norte # 138- 47			
	Pesos Colombianos		Pesos Colombianos		Pesos Colombianos	
Materia prima	Costo/6 m	Total/kit	Costo/6 m	Total/kit	Costo	Total/kit
Perfil de aluminio 1"x 1" x 1/8"	\$ 17.700	\$ 35.400	\$ 24.877	\$ 49.754	\$ 17.800	\$ 35.600
Tubo cuadrado de 1,5" x 1/8"	\$ 37.900	\$ 37.900	\$ 32.496	\$ 32.496	\$ 49.250	\$ 49.250
Perfil de aluminio 1/2" x 1/2" x 1/16"	\$ 11.600	\$ 5.800	\$ 11.331	\$ 11.331	\$ 19.300	\$ 19.300
Tubo rectangular de 2" x 1" x 1/8"	\$ 58.800	\$ 58.800	\$ 57.800	\$ 57.800	\$ 35.600	\$ 35.600
Vigencia de la cotización	Diciembre de 2014		Permanente sujeta a cambios		Diciembre de 2014	
Fecha de entrega	Inmediata según disponibilidad		De tres a ocho días		De dos a tres semanas	
Forma de pago	Contado		Contado		Tarjeta de credito	

La tabla 6, muestra ofertas de tres distintos proveedores, el primero es local, el segundo nacional y el último es una oferta internacional por medio de una página web de comercio electrónico. La idea de comparar las tres opciones es observar cual es la más ventajosa en términos de costos.

Es necesario hacer varias aclaraciones en lo que respecta a la decisión de compra final de estos elementos:

- La oferta de Ferroaluminios fue la más favorable, ya que por ser un distribuidor local, evita costos adicionales de envío. Es también, en promedio, la oferta más económica pero tiene como desventaja que sólo dispone de los perfiles de aluminio, para el tubo cuadrado y rectangular se deben solicitar grandes cantidades.
- Fue necesario importar por medio de onlinemetals.com el tubo cuadrado y rectangular, haciendo el pago con tarjeta de crédito para una longitud de perfiles de 2,5 metros.
- Los valores en color rojo de la tabla 6, fueron los perfiles adquiridos para la construcción de elementos estructurales y elementos de soportes del conjunto de movimiento lineal.
- Todos los elementos estructurales listados se encuentran bajo la designación 6063 (aleación AlMgSi) y cumplen con la norma DIN 1712.

5.3.2 Materia prima para la totalidad de componentes fabricados.

Se hizo un análisis independiente de los elementos estructurales y de soporte al conjunto de movimiento, ya que abordan el mayor porcentaje de piezas a fabricar para el kit final.

De la información de la tabla 7, donde se muestra los costos de adquisición de la materia prima para los demás componentes, se pudo concluir:

En los dos distribuidores no hubo necesidad de adquirir cantidades mínimas de material, sino la indispensable para la cantidad de piezas requeridas.

La barra circular de UHMWPE se usó para fabricar la familia de ángulos 12, las láminas de acrílico para las familias 17,18 y 22 respectivamente y la barra hexagonal para la tuerca de la familia 26 (ver tablas 2 y 4).

Tabla 7. Costo de materias primas para elementos fabricados del Kit.

Materia prima	Costo	Cantidad necesaria/kit	Cantidad adquirida	Distribuidor
Barra circular UHMWPE	\$ 11.000	38,1 cm	50 cm	Rodamientos y aceros Cra 13 # 23-76 Bucaramanga
Lamina de Acrílico	\$ 25000	1 lamina de 50,8 cm x 31 cm x 3,2 mm espesor	1 lamina de 53 cm x 33 cm x 3,2 mm espesor	Metalcril Cra 32 # 37-23 Bucaramanga
	\$ 43000	1 lamina de 50.8 cm x 25,4 cm x 6,4 mm espesor	1 lamina de 53 cm x 28 cm x 6,4 mm espesor	
Barra hexagonal 3/8" latón	\$ 3.500	8,9 cm	20 cm	Rodamientos y aceros Cra 13 # 23-76 Bucaramanga
Total	\$ 82.500			

5.3.3 Elementos terminados del Kit final.

El costo es el factor que predomina al decidir si una pieza de fabricarse o adquirirse. Si el distribuidor es más ventajoso en los procesos requeridos para hacer el elemento, es probable que el costo de producción sea mayor que el precio de adquisición, teniendo en cuenta que el distribuidor aumenta un poco

el costo para sus propias ganancias. Para el caso puntual del desarrollo de este proyecto, no se disponen de las herramientas necesarias para fabricar algunas partes del kit y adquirirlas requiere de una inversión muy alta, considerando además que luego de ser usadas para este proyecto su uso continuo no está garantizado.

En este punto de la construcción del kit, ya se contaba con toda la materia prima para producir las piezas fabricadas, hacía falta proceder con la compra de los elementos terminados del kit. Las tablas 8 y 9 presentan el análisis de ofertas para los demás dispositivos que se decidieron adquirir ya fabricados.

Tabla 8. Análisis de costos elementos mecánicos terminados del kit.

Elemento	Costo total	Distribuidor
Acoples	\$ 75.000	Correas y piñones. Carrera 15 # 23-53 Bucaramanga
Arandelas	\$ 13.000	Tornillos y partes Calle 28 # 13-76 Bucaramanga
Correas	\$ 68.000	Amazon
Pasa cables	\$ 2.000	Tecnicauchos y plásticos. Carrera 19 # 22-12 Bucaramanga
Poleas	\$ 83.000	Amazon
Rodamientos	\$ 158.000	Rolicol S.A.S. Carrera 15 # 19A-50 Bucaramanga
Tornillos	\$ 60.000	Tornillos y partes Calle 28 # 13-76 Bucaramanga
Tuercas	\$ 18.000	Tornillos y partes Calle 28 # 13-76 Bucaramanga
Varilla roscada	\$ 2.000	Tornillos y partes Calle 28 # 13-76 Bucaramanga
Total	\$ 479.000	

- Se adquirió el acople más cercano a las dimensiones requeridas ya que no se encontró disponible la medida exacta, sin embargo se les hizo una rectificación en el torno.
- La arandela de ajuste con código 11403N, no se encontró en ningún distribuidor local, e intentar importar sólo 32 unidades resultaba costoso, por ello se decidió reemplazar el material por acrílico y fabricarlas en la cortadora laser, al ensamblar el elemento y realizar las respectivas pruebas con arandelas de acrílico se obtuvo un buen desempeño.
- Los rodamientos axiales de bolas (código 12103N) y R188 (código 12101N), tampoco se lograron conseguir en ningún distribuidor, para solucionar esta dificultad, se reemplazaron por rodamientos R4 haciendo una modificación en la disposición del ensamble de los tornillos que los sujetaban.
- Los distribuidores de tornillos consultados coincidieron en indicar que los tornillos con rosca # 6-32 UNC eran poco comunes comercialmente y además las longitudes requeridas eran muy cortas, esto se solucionó unificando todos los agujeros a la rosca # 10-24 y luego cortándolos con la sierra a la longitud necesaria. De la misma manera se adquirieron las tuercas correspondientes.

Tabla 9. Análisis de costos elementos electrónicos y motores del kit.

Componentes electrónicos	Costo total	Distribuidor
Alojamientos de cables y cabecera	\$ 2.000	Dynamo Electronics
Amarres eléctricos 4" (paquete por 100 unidades)	\$ 10.000	Home center
Amarres eléctricos 8" (paquete por 50 unidades)	\$ 10.000	Home center
Bloques de terminales fijas 6 posiciones	\$ 7.000	Dynamo Electronics
Cable 22 AWG x 10" macho	\$ 10.000	Amazon
Cable 22 AWG x 4.5" macho		
Cable 22 AWG x 5.5" macho		
Cable 22 AWG x 7.5" macho		
Cable de conexión 22AWG machos naranja de 0.3"	\$ 20.000	Dynamo Electronics
Cable de conexión 22AWG macho amarillo 0.4"		
Cable de conexión 22 AWG Azul, Negro, Rojo		
Conector hembra 30 posiciones	\$ 6.000	Dynamo Electronics
Disipador de calor Enzotech MOS-C1	\$ 30.000	Enzotech
Driver motor paso a paso Pololu	\$ 90.000	Pololu
Motor paso a paso NEMA23	\$ 180.000	Alltronic
Protoboard Mediana	\$ 10.000	Amazon
Protoboard Tipo soldable	\$ 10.000	Amazon
	Total	\$ 385.000

- Fue necesario comprar los amarres eléctricos por paquetes ya que por unidad no se comercializan.
- Todas las compras se hicieron por internet al respectivo distribuidor, a excepción de los amarres que se adquirieron en Home Center el cual es un distribuidor local.

5.3.4 Costo total del kit final

Se presenta a continuación el resumen de costos totales para la conformación del UIS Contraptor.

Tabla 10. Costo final construcción kit final.

Componente	Costo total
Materia prima elementos estructurales	\$126000
Materia prima otros elementos fabricados	\$82500
Elementos terminados	\$ 479000
Elementos electrónicos y motores	\$385000
Empaque	\$ 80000
Mano de obra y equipos	Asumido por la UIS
Total	\$ 1152500

5.4 OPERACIONES DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL KIT FINAL.

Este punto del proyecto se desarrolló de la mano del proceso de manufactura planteado para la fabricación de los 500 kits y que se detallará a fondo en el capítulo 6.

Teniendo en cuenta que la cantidad de piezas para conformar 500 kits supera en un gran número a las del kit final:

- Se utilizó el mismo dispositivo de sujeción y la misma secuencia de operaciones para la fabricación de los ángulos tubos y canales, aplicando algunas variantes para ajustar las cantidades requeridas en la programación del centro de mecanizado, herramienta usada para la fabricación de estos elementos.

- Las láminas de acrílico fueron cortadas con sierra circular, los soportes y espaciadores luego de cortar la cantidad de material necesario se fabricaron en cortadora laser, esto garantizó la precisión dimensional requerida por estos elementos.
- La tuerca (código 12601S), se decidió fabricar debido a que no se encontraba disponible en ningún distribuidor, fue de fácil fabricación en el torno y porque sólo se necesitaban 4 unidades de ella.
- Para los elementos de UHMWPE fue necesario primero, rectificar la barra circular y lograr la forma plana, a partir de ella se pudo realizar el mecanizado y obtener los ángulos requeridos.

5.5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Teniendo todas las piezas fabricadas y adquiridas, se ensamblaron cada una de las tres máquinas para así poder comparar y verificar que no se presentaran las fallas encontradas en la etapa de construcción del kit inicial de prueba. El resultado saltó a la vista, fue emocionante y motivador ver como se materializaba cada máquina desde el momento de ajustar cada uno de los tornillos hasta que se tuvo el ensamble completo.

Paralelamente se hizo el cableado de la tarjeta Arduino a la protoboard y a los motores, en este momento se complicó un poco el trabajo ya que no se tenían claros conceptos electrónicos, por lo cual fue necesario solicitar asesoría especializada. Con el montaje estructural completo y con la ayuda de un computador, se conectó el sistema electrónico para realizar las pruebas de movimiento, usando el código G y el controlador (EasyDriver Stepper Motor Driver) recomendado por el fabricante, con su respectiva interfaz, comprobando que las máquinas cumplieran con las dimensiones y los

recorridos de los ejes establecidos en los objetivos específicos; ver la primera máquina en marcha fue un momento de máxima satisfacción.

5.6 SELECCIÓN DEL EMPAQUE.

Como se explicó brevemente en la sección 4.3.2 de este libro, se requirió de un empaque con el que se pudiera transportar fácilmente y almacenar todo el conjunto de piezas y elementos que conforman el UIS Contraptor.

Se hizo una medición del espacio utilizado por los elementos para así poder dimensionar el posible empaque y sus divisiones; se concluyó que los ángulos de aluminio, por su longitud, ocupaban el mayor espacio y a partir ahí, se analizó el resto de los elementos por familias para agrupar más ordenadamente.

Inicialmente se dibujaron bocetos a mano alzada de las opciones de los espacios y se tomaron como punto de comparación empaques de otros kits similares, para finalmente seleccionar un empaque tipo “caja de herramientas” que garantizó resistencia, practicidad y fuera visualmente agradable.

Figura 17. Empaque de un kit de juego y boceto a mano.



5.7 ELABORACIÓN DEL MANUAL DE USUARIO.

Uno de los entregables más importantes del proyecto es el manual de usuario. Se consideró con importancia especial ya que en él, se plasmó la información con la que los usuarios del kit, niños y jóvenes especialmente, manipularán sus componentes, por esto, el poder transmitir esa información de forma clara y veraz garantizaría el éxito de este proyecto.

Este manual muestra figuras esquemáticas que explican paso a paso de que manera deben unirse los componentes, hasta lograr el ensamble total. Se desarrolló tomando las imágenes en 3D de las piezas y de los planos de ensamble en explosión para que los estudiantes las puedan identificar fácilmente.

El manual también contiene la información de la base de datos con la codificación de las piezas, lo cual permite identificar de forma individual a cada elemento y su posición dentro del ensamble.

Es evidente que entre más gráfico sea el lenguaje utilizado en este manual, será mucho más comprensible para cualquier persona que no tenga ningún tipo de conocimiento en el tema de estas máquinas herramientas.

Figura 18. Portada del Manual de Usuario del kit UIS Contraptor.



6 PLANTEAMIENTO DEL PROCESO DE MANUFACTURA FLEXIBLE PARA 500 KITS.

En este capítulo se explica con profundidad todo lo relacionado con el proceso de manufactura, todos los equipos, herramientas y dispositivos que se plantearon emplear en él y de la misma manera cómo se usaron y operaron en la fabricación del kit final detallado en el capítulo 5.

6.1 DISPOSITIVOS DE SUJECIÓN.

Un punto importante de la fabricación en máquinas herramientas CNC es el sistema de montaje para la sujetar la pieza. Los equipos o dispositivos de sujeción garantizan la precisión de las operaciones de maquinado y bien sean mecánicos, neumáticos o hidráulicos nunca dejan las piezas libres para todas las operaciones de mecanizado necesarias, por esto en algunas ocasiones es necesario montar y desmontar el material según la operación o la forma de la pieza lo requiera, teniendo especial cuidado con la fuerza de apriete que ha de ejercerse por las inevitables tensiones en la estructura de las piezas, que pueden comprometer la productividad de la máquina.

Teniendo en cuenta que un proceso de manufactura busca maximizar la fabricación de productos, el disponer del utillaje o dispositivo de sujeción adecuado, permitirá que el proceso se agilice reduciendo perdidas de material, tiempos y costos.

Para el desarrollo de este proyecto se diseñó un dispositivo universal, con barras removibles e intercambiables, que se montan y desmontan en el dispositivo, aprovechando el área total de la mesa de trabajo del centro de mecanizado para fabricar la mayor cantidad de piezas por familia (ángulos, tubos cuadrados y canales de aluminio), según las requeridas para 500 kits.

Figura 19. Vista en explosión del dispositivo universal de sujeción.

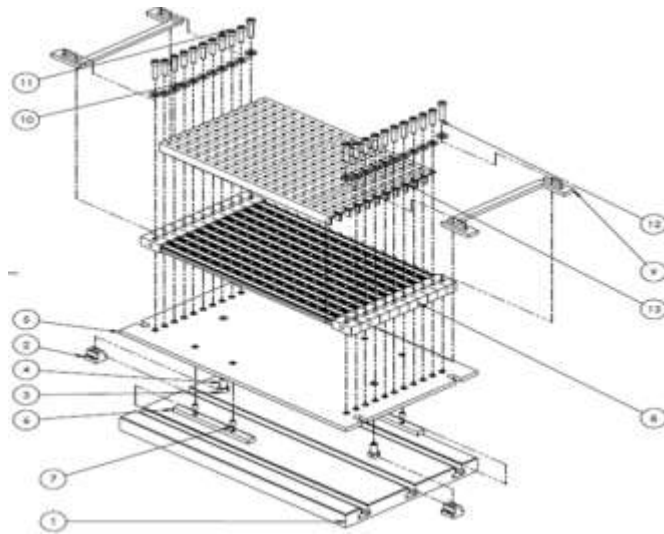


Tabla 11. Listado de elementos del dispositivo universal de sujeción.

N° de elemento	Elemento	Cantidad	N° de elemento	Elemento	Cantidad
1	Mesa de trabajo Leadwell V-20	1	8	Barra removible	11
2	Tuerca T-slot	2	9	Sujetador	2
3	Tuerca 1/2"-13 UNC	2	10	Arandela 3/82	22
4	Prisionero 1/2"-13 UNC x 1.5"	2	11	Tornillo 0,375-16 x 1,375 HX	18
5	Lamina rectificada	1	12	Tornillo 3/8"-16 UNC x1.375"	4
6	Barra rectificada	2	13	Arreglo de ángulos	11
7	Tornillo 0,375-16 HX-N	4			

Como se mencionó en el capítulo 3, la máxima longitud en la que se encuentran comercialmente los perfiles, tubos y canales de aluminio es de 6 metros, se deben adquirir los perfiles de esta la longitud para disminuir costos

en la fabricación de los elementos; esta característica al momento de mecanizar el perfil genera inestabilidades elásticas por el peso y el largo de los mismos, por esto se hace necesario una primera operación de corte para reducir la dimensión del perfil a la del ángulo más extenso del kit (partes de 18”).

Se diseñó una barra (ver figura 21), que dispone de todos los espacios necesarios para poder mecanizar cualquiera de estas piezas, encajando en el dispositivo universal 11 de estas barras y sobre ellas el respectivo material.. El dispositivo bloquea los grados de libertad de los perfiles a mecanizar, reduce la inestabilidad elástica, evita vibraciones en la operación, permite montar y desmontar el material fácilmente y modificar la disposición del elemento en los cambios de áreas contacto, principalmente en los taladrados, (ver figura 20).

Figura 20. Dispositivo de sujeción (izquierda ángulos, derecha Tubos).

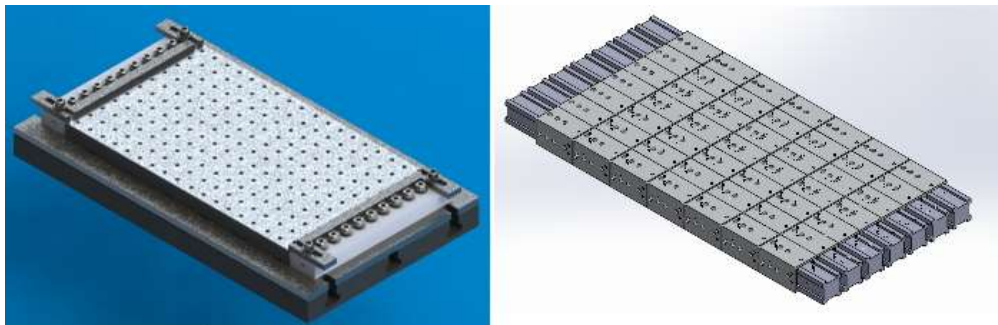


Figura 21. Barra para sujeción de perfiles de aluminio.








6.2 SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS Y TECNOLOGIA DEL CORTE.

En esta sección se muestra la información de los equipos usados y la selección de las herramientas que se plantean usar en la fabricación de las piezas para los 500 kits, las cuales son las mismas que se utilizaron en la fabricación del kit final. Esta selección se hizo con base en la disponibilidad de equipos y herramientas del laboratorio FMS de la escuela de Ingeniería Mecánica de la UIS.

6.2.1 Herramientas de corte.

La información de las herramientas de corte se presenta organizada en tablas donde se presenta un resumen con la selección de las herramientas según los materiales a mecanizar y luego muestra un detalle de cada una de ellas, con características específicas relacionadas con la tecnología del corte tales como velocidad de corte, avance por revolución, rata de remoción de material y torque.

Tabla 12. Herramientas de corte para elementos no ferrosos (aluminio).

Selección de herramientas		
Material a mecanizar: No ferrosos (Aluminio)		
Imagen	Nombre	Propiedades de operación recomendadas
	Broca 2.82 para macho #6-32	Velocidad de corte Vc : 220 m/min
		Avance por revolución: 0.0800 mm/rev
		Rata de remoción de material: 12.4080 cm ³ /min
		Torque: 0.0948 N/m
	Macho #6 - 32 2BX DIN 371 HSS	Velocidad de corte Vc : 50 m/min
		Avance por revolución: 0.7938 mm/rev
		Velocidad del husillo: 4541 rev/min
		Torque: 0.0948 N/m
	Broca 3.9 mm para macho #10-24	Velocidad de corte Vc : 220 m/min
		Avance por revolución: 0.1 mm/rev
		Rata de remoción de material: 21.45 cm ³ /min
		Torque: 0.2134 N/m
	Macho #10-24 2BX DIN 371 HSS	Velocidad de corte Vc : 50 m/min
		Avance por revolución: 1.05
		Velocidad del husillo: 3298 rev/min
		Torque: 0.2134 N/m
	Broca de 1/4"	Velocidad de corte Vc : 250 m/rev
		Avance por revolución: 0.22 mm/rev
		Rata de remoción de material: 87.3125 cm ³ /min
		Torque: 1.0062 N/m
	Broca de 3/16"	Velocidad de corte Vc : 250 m/rev
		Avance por revolución: 0.1852 mm/rev
		Rata de remoción de material: 55.1321 cm ³ /min
		Torque: 0.4991 N/m
	Broca de 1/8"	Velocidad de corte Vc : 250 m/rev
		Avance por revolución: 0.16mm/rev
		Rata de remoción de material: 31.75 cm ³ /min
		Torque: 0.1994 N/m

Selección de herramientas		
Material a mecanizar: No ferrosos (Aluminio)		
Imagen	Nombre	Propiedades de operación recomendadas
	Escariador 8 mm punta plana	Velocidad de corte Vc : 1000 m/rev
		Avance por revolución: 0.2592 mm/rev
		Rata de remoción de material: 495.03 cm ³ /min
		Torque: 1.9178 N/m
	Escariador 1/8" punta plana	Velocidad de corte Vc : 1000 m/rev
		Avance por revolución: 0.0771
		Rata de remoción de material: 39.08 cm ³ /min
		Torque: 0.0834 N/m

6.2.2 Equipos.

Se muestra a continuación las máquinas herramientas o equipos que se utilizan en el proceso de manufactura:

- Sierra disco oculto C-400-2ASD

Figura 22 .Sierra de disco



Fuente: www.sierrasyequipos.com

- **Centro de mecanizado Leadwell V-20**

Figura 23. Centro de mecanizado CNC del laboratorio FMS.



Fuente: <http://www.udistrital.edu.co:8080/en/web/laboratorio-mecanica/fresa-cnc-leadwell-v20>

- **Esmeril de banco**

Figura 24. Esmeril del laboratorio FMS



Fuente: <http://www.maquitodo.com.co/esmeril-de-banco-8-3-4hp-dewalt.html>

- **Torno Leadwell T – 6:**

Figura 25. Torno CNC del laboratorio FMS



Fuente: www.intertechargentina.com.ar/html/frontend.php/modelo/index/producto_id/13/grupo_id/4.html.

- **Cortadora laser Camfive CFL-CMA1200HT**

Figura 26. Cortadora laser



Fuente: <http://www.telasfranjos.com/>

6.3 DETERMINACIÓN DE ARREGLOS DE FABRICACION.

Conocida la cantidad de piezas necesarias del kit, se pudo determinar cuántos elementos se requerían para conformar 500 de ellos. Era necesario analizar de qué manera se podían fabricar, el mayor número de elementos, en el menor tiempo posible y con el mínimo desperdicio de materia prima, por esa razón se creó una serie de disposiciones o arreglos que sirven para indicar cuál es la solución que cubre de mejor manera estos requerimientos.

6.3.1 Arreglo para familia de ángulos de Aluminio (Familia 13)

Para la fabricación completa de los ángulos de aluminio, se realizaron secuencias de cuatro operaciones de maquinado: dos cortes, taladrado y acabado. Se hizo el primer corte al perfil completo en la sierra de disco para dividirlo en partes de 18" de longitud, (la más extensa), para luego del taladrado, obtener las demás dimensiones específicas de cada ángulo con el segundo corte en el centro de mecanizado y finalmente retirar la rebaba en el respectivo proceso de acabado.

Se tuvo en cuenta en los cortes una longitud de pérdida de 3.2 mm, generada por el disco de la sierra, y la capacidad del dispositivo de sujeción diseñado como factores determinantes para la obtención de la mayor cantidad de ángulos en menor número de montajes.

Como se explicó en la descripción de los dispositivos de sujeción, cada arreglo se compone de 11 perfiles cada uno de 18" de longitud, de esta forma, el primer arreglo realizado en 273 ocasiones permite la fabricación de 3003 ángulos de 18". (Ver tabla 13).

Tabla 13. Ángulos de aluminio del kit UIS Contraptor.

LISTADO DE PARTES ÁNGULOS			
	Código	Cant/500 kits	M/500 kits
Perfil de aluminio de 1"x 1" x 1/8" de espesor			
Angulo 18"	11308S	3000	1371,6
Angulo 12"	11307S	3000	914,4
Angulo 9"	11306S	3000	685,8
Angulo 6"	11305S	4000	609,6
Angulo 4"	11304S	6000	609,6
Angulo 3"	11303S	6000	457,2
Angulo 2"	11302S	8000	406,4
Angulo 1"	11301S	5000	127
Angulo 1/2" para sujeción de correa	11313S	1000	12,7
Angulo 1" para montaje del eje	11314S	4000	101,6
Angulo 1" para tuerca con montaje fijo	11315S	2000	50,8
Angulo 1.375" tuerca de acoplamiento	11311S	2000	69,85
Angulo 1.125" cojinetes lineales	11312S	4000	114,3
Angulo 2.5" para montaje de motor	11317S	1500	95,25
Angulo 1.5" tuerca de acoplamiento	11316S	2000	76,2
Totales		54500	5702,3

Se puede observar que en esta familia de ángulos se han exceptuado las piezas 11309S y 11310S ya que requieren sólo del corte inicial. A partir de cada arreglo, de 11 perfiles de 18" de longitud se obtienen las demás dimensiones requeridas.

La tabla 14 muestra la configuración de los arreglos para la fabricación de los ángulos estructurales del kit y la figura 26 presenta estos datos de forma gráfica para los diferentes tipos de arreglos.

Tabla 14. Configuración de arreglos para ángulos estructurales.

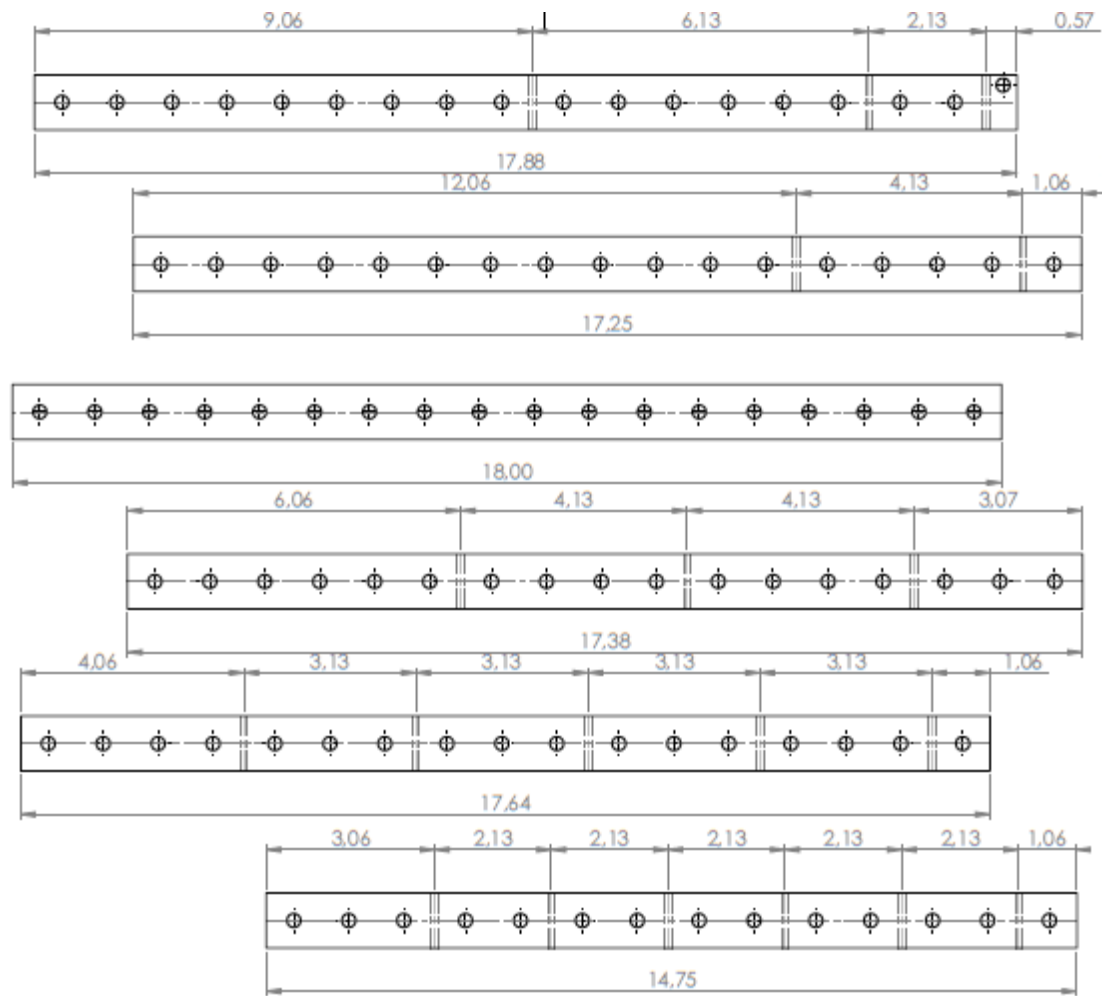
Número de arreglo	Código del arreglo	Ángulos a fabricar	Código del ángulo	Cantidad a fabricar
1	A18P273C1800	Ángulo 18"	11308S	3000
2	A090602005P273C1788	Ángulo 9"	11306S	3000
		Ángulo 6"	11305S	3000
		Ángulo 2"	11302S	3000
		Ángulo 1/2"	11313S	1000
3	A120401P273C1725	Ángulo 12"	11307S	3000
		Ángulo 4"	11304S	3000
		Ángulo 1"	11301S	3000
4	A06040403P90C1738	Ángulo 6"	11305S	1000
		Ángulo 3"	11303S	1000
		Ángulo 4"	11304S	1000
5	A040303030301P90C1764	Ángulo 4"	11304S	1000
		Ángulo 3"	11303S	4000
		Ángulo 1"	11301S	1000
6	A03020202020201P90C1475	Ángulo 3"	11303S	1000
		Ángulo 2"	11302S	5000
		Ángulo 1"	11301S	1000

De la tabla 14. Se puede concluir:

- La asignación de los códigos a cada arreglo se dio para identificar fácilmente la dimensión de los ángulos a fabricar con la letra A, la cantidad de montajes que se deben realizar con la letra P y la longitud de perfil utilizado para cada operación respectivamente con la letra C.
- La codificación permite asignar un nombre al programa que se carga al computador que transmite las órdenes al centro de mecanizado.

- De acuerdo a la cantidad de piezas que se necesite fabricar, se puede modificar el código

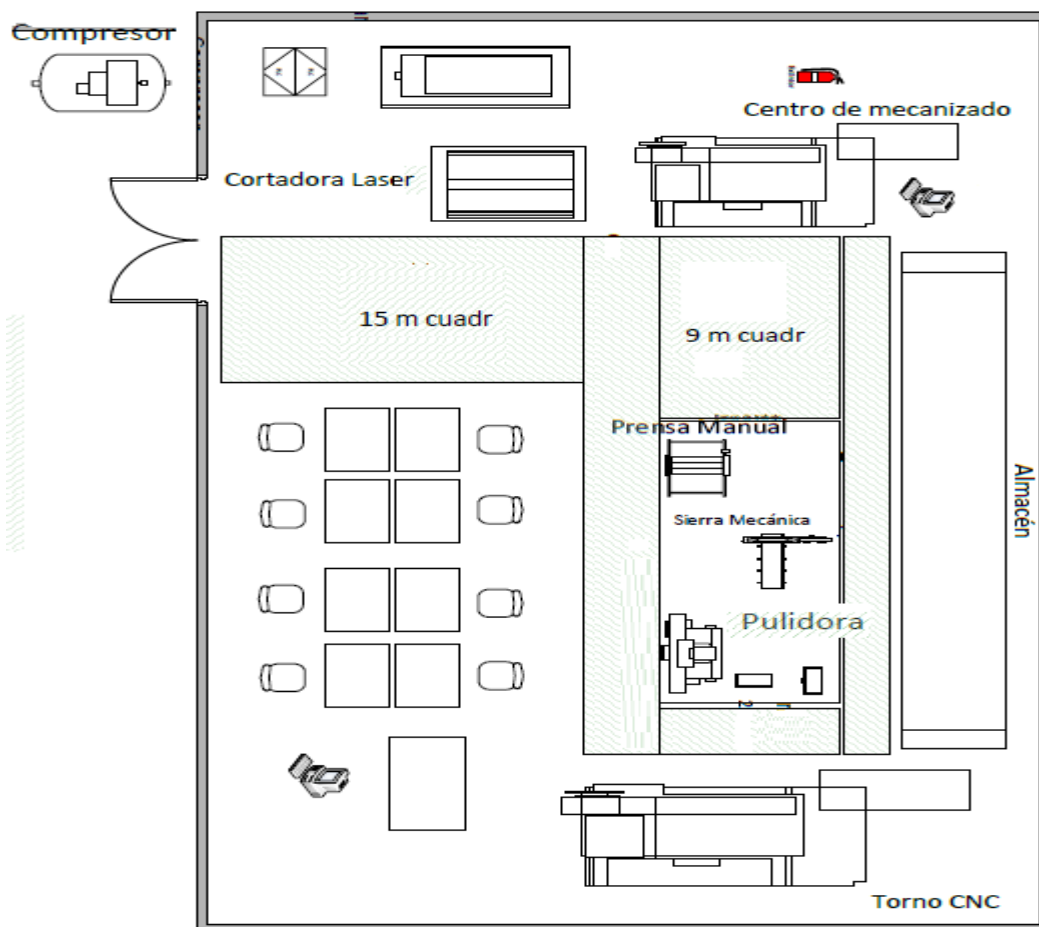
Figura 27. Arreglos para fabricación de ángulos estructurales.



6.4 Esquema de la distribución de equipos y herramientas (Layout)

Se realizó el esquema de distribución en planta del laboratorio FMS de la Escuela de Ingeniería Mecánica de a UIS, para mostrar la ubicación de los equipos utilizados en el proceso de manufactura. Algunos de estos equipos no se encuentran actualmente en dicho laboratorio, pero se presenta el planteamiento de su disposición para generar de forma completa la distribución requerida al momento de realizar el proceso.

Figura 27. Distribución en planta del Laboratorio FMS.



6.5 ANÁLISIS DE COSTOS.

El análisis de costos es uno de los factores determinantes en el éxito o fracaso de cualquier tipo de proyecto, conforme se realice un buen análisis se pueden tomar buenas decisiones a la hora de invertir o de cubrir los gastos generados en un proyecto y por ende el beneficio será mayor, lógicamente la tendencia natural es poder hacer más, gastando menos; para el caso puntual de este proyecto se deben detectar los puntos susceptibles a la reducción de costos sin perder de vista fabricar o comprar, según sea el caso, materias primas y productos de buena calidad.


La elaboración de este proyecto ha girado en torno a la fabricación masiva de los ángulos, canales y tubos de aluminio ya que es el punto en el que se puede sacar más ventaja en lo que a costos se refiere y porque además son los elementos que conforman el mayor porcentaje del kit.


Es importante resaltar que la decisión de adquirir parte de los elementos ya fabricados también fue por reducir costos, existen varios distribuidores que ofrecen precios competitivos cuando se les solicitan grandes cantidades de producto, lo cual para este caso es fundamental.


Se muestra una tabla comparativa, esta vez, con los valores de las materias primas para la fabricación de los ángulos, canales y tubos de aluminio para 500 kits UIS Contraptor, de tres diferentes distribuidores

6.5.1 Comparación de ofertas perfiles de aluminio

Tabla 15. Comparación de ofertas de materias primas

		Ferroaluminios		
		Calle 34 # 24-89 Bucaramanga		
		Pesos Colombianos		
Elemento estructural	Costo X 6 m	Total/500 kits	Total/kit	
Perfil de aluminio de 1"x 1" x 1/8" de espesor	\$ 17.700	\$ 16.832.700	\$ 35.400	
Tubo cuadrado de 1,5" x 1/8 de espesor	\$ 37.900	\$ 1.137.000	\$ 37.900	
Perfil de aluminio de 1/2" x 1/2" x 1/16"	\$ 11.600	\$ 1.473.200	\$ 11.600	
Tubo rectangular de 2" x 1" x 1/8"	\$ 58.800	\$ 2.352.000	\$ 58.800	
Vigencia de la cotización	Diciembre de 2014			
Fecha de entrega	Inmediata según disponibilidad			
Forma de pago	Contado			

		onlinemetals.com		
		Pesos Colombianos		
		Elemento estructural	Costo	Total/500 kits
Perfil de aluminio de 1"x 1" x 1/8" de espesor	\$ 17.800	\$ 16.927.800	\$ 35.600	
Tubo cuadrado de 1,5" x 1/8 de espesor	\$ 49.250	\$ 1.477.500	\$ 49.250	
Perfil de aluminio de 1/2" x 1/2" x 1/16"	\$ 19.300	\$ 2.451.100	\$ 19.300	
Tubo rectangular de 2" x 1" x 1/8"	\$ 72.940	\$ 2.917.600	\$ 72.940	
Vigencia de la cotización	Diciembre de 2014			
Fecha de entrega	De dos a tres semanas			
Forma de pago	Tarjeta de credito			

		COVAL (www.coval.com.co)		
		Autopista Norte # 138- 47/49 Bogota-Colombia		
		Pesos Colombianos		
Elemento estructural	Código	Costo X 6 m	Total/500 kits	Total/kit
Perfil de aluminio de 1"x 1" x 1/8" de espesor	9106-A 011	\$ 24.877	\$ 23.658.027	\$ 49.754
Tubo cuadrado de 1,5" x 1/8 de espesor	9052-T 215	\$ 32.496	\$ 974.880	\$ 32.496
Perfil de aluminio de 1/2" x 1/2" x 1/16"	9984-AA 009	\$ 11.331	\$ 1.439.037	\$ 11.331
Tubo rectangular de 2" x 1" x 1/8"	9081-T117	\$ 57.800	\$ 2.312.000	\$ 57.800
Vigencia de la cotización	Permanente sujeta a cambios			
Fecha de entrega	De tres a ocho dias una vez hecho el pago			
Forma de pago	Contado			

De la tabla se puede indicar que para las ofertas de los distribuidores, onlinemetals y Coval no se tuvo en cuenta los gastos adicionales por envío o transporte, ya que estos varían de acuerdo a las cantidades solicitadas, esto sin duda es una desventaja al momento de decidir comprar a cualquiera de ellos.

Al consultar con ferroaluminios, se encontró que algunos de los materiales no se encontraban disponibles para espesores de 1/8", pero que se podía proveer el material para pedidos muy grandes, que incluso sobrepasan las necesidades de este proyecto..

6.5.2 Comparación de ofertas de elementos terminados

Se solicitaron cotizaciones a posibles distribuidores de elementos ya fabricados, con el fin de dejar una base para la adquisición de dichos elementos; las tablas muestran dicha información:

Tabla. 16. Cotización para tornillos del kit

Proveedor	McMaster-Carr		
	COMPRA VIA INTERNET		
	Pesos colombianos		
Descripción producto	Código	Coste c/u	Total/500 kits
Tornillo 1/4"-20 UNC x 1.5" Long cabeza redonda tipo Bristol	92949A546	\$ 525	\$ 1.050.000
Tornillo 1/4"-20 UNC x 3" Long cabeza redonda tipo Bristol	92949A554	\$ 1.450	\$ 1.450.000
Tornillo #10-24 UNC x 1" Long cabeza redonda tipo Bristol	92949A247	\$ 235	\$ 2.350.000
Tornillo #10-24 UNC x 1/2" Long cabeza redonda tipo Bristol	92949A242	\$ 100	\$ 6.500.000
Tornillo #10-24 UNC x 3/4" Long cabeza redonda de ranura (Bristol)	97263A245	\$ 130	\$ 390.000
Tornillo #10-24 UNC x 3/4" Long cabeza redonda tipo Bristol (Nylon)	92949A245	\$ 190	\$ 3.040.000
Tornillo #10-24 UNC x 3/8" Long cabeza redonda tipo Bristol	92949A240	\$ 100	\$ 1.000.000
Tornillo #10-24 UNC x 3/8" Long cabeza plana tipo Bristol	90585A240	\$ 626	\$ 9.390.000
Tornillo #6-32 UNC x 1/4" long cabeza redonda de ranura (Nylon)	97263A144	\$ 112	\$ 2.790.000
Tornillo #6-32 UNC x 1/4" long cabeza redonda tipo Bristol	92949A144	\$ 71	\$ 284.000
Tornillo #6-32 UNC x 1/8" long cabeza redonda tipo Bristol	92949A141	\$ 110	\$ 3.300.000
Tornillo #6-32 UNC x 3/8" long cabeza redonda tipo Bristol	92949A146	\$ 74	\$ 740.000

Tabla 17. Cotización para correas

		Cadenas y Bandas Ltda		
Proveedor		Carrera 15 # 23-71 Bucaramanga		
Moneda		Pesos colombianos		
Descripción producto		Coste c/u	Total/500 kits	Total/kit
Correa 240XL037		\$ 15.000	\$ 7.500.000	\$ 15.000
Correa 280XL037		\$ 16.000	\$ 8.000.000	\$ 16.000
Correa 400XL037		\$ 20.000	\$ 10.000.000	\$ 20.000
Sub-Total			\$ 25.500.000	\$ 51.000
Costos adicionales				
Total			\$ 25.500.000	\$ 51.000
Vigencia de la cotización		Diciembre de 2014		
Fecha de entrega		Inmediata		
Forma de pago		Contado		

		Cadenas y Bandas Ltda		
Proveedor		Carrera 15 # 23-71 Bucaramanga		
Moneda		Pesos colombianos		
Descripción producto		Coste c/u	Total/500 kits	Total/kit
Correa 240XL037		\$ 15.000	\$ 7.500.000	\$ 15.000
Correa 280XL037		\$ 16.000	\$ 8.000.000	\$ 16.000
Correa 400XL037		\$ 20.000	\$ 10.000.000	\$ 20.000
Sub-Total			\$ 25.500.000	\$ 51.000
Costos adicionales				
Total			\$ 25.500.000	\$ 51.000
Vigencia de la cotización		Diciembre de 2014		
Fecha de entrega		Inmediata		
Forma de pago		Contado		

Tabla 18. Cotización para rodamientos

Proveedor		McMaster-Carr		
		COMPRA VIA INTERNET		
Moneda		Pesos colombianos		
Descripción producto		Coste c/u	Total/500 kits	Total/kit
Rodamiento #R188 - 2RS		\$ 10.200	\$ 81.600.000	\$ 163.200
Rodamiento #R3 - 2RS		\$ 6.300	\$ 50.400.000	\$ 100.800
Rodamiento axial de bolas 1/4" ID X 9/16" OD, 0.193"		\$ 4.300	\$ 4.300.000	\$ 8.600
Sub-Total			\$ 136.300.000	\$ 272.600
Costos de transporte				
Total			\$ 136.300.000	\$ 272.600
Vigencia de la cotización		Permanente		
Fecha de entrega		De dos a tres semanas		
Forma de pago		Tarjeta de credito		

Proveedor		Rolicol S.A.S		
		Carrera 15 # 19A-50 Bucaramanga		
Moneda		Pesos Colombianos		
Descripción producto		Coste c/u	Total/500 kits	Total/kit
Rodamiento #R188 - 2RS		\$ 13.000	\$ 104.000.000	\$ 208.000
Rodamiento #R3 - 2RS		\$ 6.000	\$ 48.000.000	\$ 96.000
Rodamiento axial de bolas 1/4" ID X 9/16" OD, 0.193"		\$ 9.000	\$ 9.000.000	\$ 18.000
Sub-Total			\$ 161.000.000	\$ 322.000
Costos de transporte				
Total			\$ 161.000.000	\$ 322.000
Vigencia de la cotización		Diciembre de 2014		
Fecha de entrega		Inmediata según disponibilidad		
Forma de pago		Contado		

7 DESARROLLO DE LA PROPUESTA COMO PROYECTO DE EXTENSIÓN.

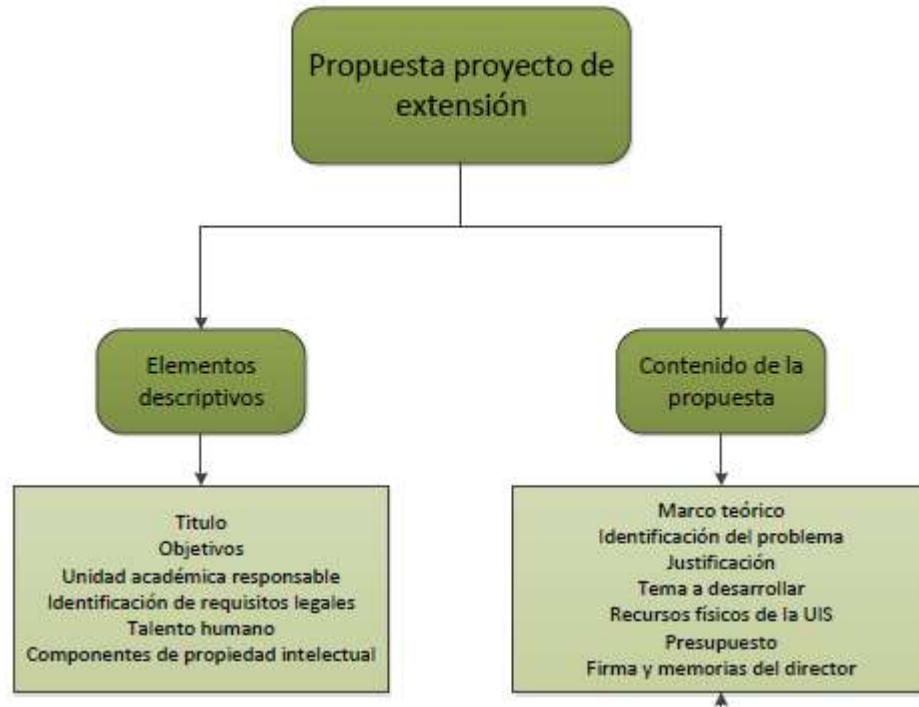
El último de los entregables de este proyecto de grado es la propuesta que se le hace a la UIS para que sea ejecutado como proyecto de extensión.

En el transcurso del desarrollo del proyecto se ha centrado la atención en la aplicación de las pautas y conceptos de ingeniería que permiten darle cuerpo o forma real al mismo, pero en este capítulo se describe la importancia que también tiene la parte organizacional o administrativa que cualquier proyecto sea cual fuese el área del conocimiento debe tener para que se ejecute y finalice con éxito.

La propuesta debe contener un plan de ejecución el cual determina si su desarrollo es o no viable, bien sea por costos o por su justificación. Este plan, para el caso específico, corresponde a la descripción plasmada en el capítulo 1 de este libro, complementado con una estimación de los alcances e impacto que se pretendan alcanzar puntualmente a la población a la que se dirige, así como también que grupo de investigación lo respalda y un análisis preciso de costos, estos factores unidos determinan su aceptación.

Existen muchos requisitos y parámetros que la UIS establece para la formulación, inscripción y aprobación de este tipo de proyectos de extensión, por ejemplo el artículo 13 del capítulo 4 del acuerdo 103 de 2010, establece el porcentaje que debe generar a la universidad la ejecución del proyecto. Toda la normativa se puede encontrar visitando la página web www.uis.edu.co en la sección investigación y extensión.

Figura 28. Esquema de los puntos que contiene la propuesta.



Una vez se tienen identificados todos los aspectos básicos en la formulación del proyecto es importante la estructuración del mismo identificando las tareas a realizar y los tiempos que se toman cada una de ellas, esta organización se logra estableciendo un cronograma de actividades, el cual en la gestión del proyecto es una herramienta fundamental.

Es importante destacar que el desarrollo del proyecto se hizo siempre pensando en que los jóvenes de colegios de bachillerato de Santander son sus usuarios directos, pero no se tuvo un contacto directo con esta población, se debe plantear entonces dentro de la propuesta un acercamiento previo para conocer el nivel de conceptual de los jóvenes y recoger sus impresiones o expectativas al presentarles el kit UIS Contraptor.

8 CONCLUSIONES

Se cumplieron los objetivos propuestos en el planteamiento inicial del proyecto, dando a la UIS y a la escuela de Ingeniería Mecánica un aporte que contribuye en la formación de sus estudiantes.

En la construcción del kit final, fue necesario hacer varias modificaciones a los elementos sugeridos por Contraptor debido a la dificultad de encontrarlos comercialmente en los distribuidores locales, a pesar de estas modificaciones la estructura y funcionamiento de las máquinas ensambladas no se vio afectada.

Con las modificaciones antes mencionadas se tuvo que adaptar la construcción del kit a los recursos que se tenían disponibles, logrando con ello un proyecto flexible que lo hace susceptible a mejoras.

Se puede concluir que al construir un kit de forma individual, el valor o costo es un 20% mayor al costo al que resulta fabricarlos de forma masiva, lo que favorece y confirma al proceso de manufactura como alternativa de ejecución del proyecto.

Se deja una herramienta física a la escuela de Ingeniería Mecánica para que pueda ser motivo de estudio y base de desarrollo de proyectos de esta misma índole

9 RECOMENDACIONES

Se recomienda usar el kit UIS Contraptor y aplicar el contenido de este proyecto a la asignatura del pensum de Ingeniería Mecánica, Sistemas Mecatrónicos I, como herramienta de estudio, desarrollo, aprendizaje y mejoramiento continuo.

Se sugiere la creación de un proyecto interdisciplinar con participación de trabajadores sociales para socializarlo con la población objetivo del proyecto (jóvenes estudiantes de bachillerato).

Por ser un proyecto innovador, se recomienda enfocarlo como un producto de consumo que fomente la creación de una empresa, por ejemplo como una impresora 3D.

Para dar un valor agregado al producto, se puede generar un código QR (código de respuesta rápida), al kit UIS Contraptor en el que se almacene toda la información de la universidad y de sus características, así por medio de este código, cualquier persona pueda identificarlo, saber de qué se trata y de donde viene.

Para el mantenimiento del Kit UIS Contraptor, se aconseja realizar una inspección general de los elementos periódicamente, en el caso de cambio de ensamble, se debe tener en cuenta los planos de construcción y evitar una manipulación incorrecta.

BIBLIOGRAFIA

AULA FACIL.COM: Selección de cursos gratis on line. Principios Lean. [en línea] AULAFACIL.COM, 2014. [Madrid. España] [Citado: 2 Agosto, 2013] Disponible en Internet: cursosgratis.aulafacil.com/lean-manufacturing/curso/LeanManufacturing-26.htm.

Cuatrecasas, Lluís. DISEÑO AVANZADO DE PROCESOS Y PLANTAS DE PRODUCCION FLEXIBLE-Técnicas de diseño y herramientas gráficas con soporte informático. Barcelona: Profit Editorial 2009

Groover P. Mikell. Fundamentos de manufactura moderna. 1 ed. México D.F: Prentice-Hall 1996.

Machinery's Handbook: A Reference Book for the Mechanical Engineer, Designer, Manufacturing Engineer, Draftsman, Toolmaker, and Machinist – 2004.

Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid. Manufactura, ingeniería y tecnología. 4 ed. México D.F.: Prentice Hall 2002