

**ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE  
FABRICACIÓN DE PRESAS PARA ESCALADA DEPORTIVA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO**

**JUAN MARCELO JARAMILLO TOSI**

**DIRECTOR: ING. VICTOR ANDRADE**

**CODIRECTOR: ING. GONZALO MORA**

**SANGOLQUÍ, 2005-12**



## CERTIFICACION DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

**El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE FABRICACIÓN DE PRESAS PARA ESCALADA DEPORTIVA” fue realizado en su totalidad por Juan Marcelo Jaramillo Tosi, como requerimiento parcial para la obtención del título de ingeniero mecánico.**

---

**Ing. Victor Andrade**

**DIRECTOR**

---

**Ing, Gonzalo Mora**

**CODIRECTOR**

**Sangolquí, 20 de febrero de 2006**



LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE  
FABRICACIÓN DE PRESAS PARA ESCALADA  
DEPORTIVA”**

**ELABORADO POR:**

---

**Juan m. Jaramillo Tosi**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**

---

**Ing. Edgar M. Pazmiño B.  
DECANO**

**Sangolquí, 20 de febrero de 2006**



## **DEDICATORIAS**

**A mis padres y hermanos**



## **AGRADECIMIENTOS**

**A mis directores de tesis por su paciencia y apoyo**



## INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACION DE LA ELABORACION DEL PROYECTO	iii
LEGALIZACION DEL PROYECTO	v
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	ix
INDICE DE CONTENIDOS	xi
LISTADO DE TABLAS	xiii
LISTADO DE FIGURAS	xiv
LISTADO DE DIAGRAMAS DE PROCESO	xvi
LISTADO DE FICHAS DE ACTIVIDAD	xvii
GLOSARIO	xxi
INTRODUCCIÓN	1
- Antecedentes	
- Objetivo	
- Justificación	
- Alcance	
CAPITULO 1: LAS PRESAS DE ESCALADA	5
1.1 Aspectos generales	5
1.2 Estudio de demanda cuantitativo	9
1.3 Consideraciones de diseño.	11
1.3.1 Consideraciones técnicas	12
1.3.2 Consideraciones económicas	15
1.3.3 Consideraciones funcionales	17
CAPITULO 2: MATERIALES	20
2.1 Criterios de Selección	20
2.1.1 Alternativas	24
2.1.2 Selección del material	28
2.2 Estructura y propiedades	30
2.3 Manejo y procesamiento	32
2.4 Consideraciones	36
2.1.3 Funcionales	36
2.1.4 De fabricación	36
2.1.5 Económicas	37
CAPITULO 3: INGENIERIA	38
3.1 Ingeniería Básica	38
3.1.1 Descripción del proceso	38
3.1.1.1 Sistema de fabricación	39
3.1.1.2 Manufactura de presas	44
3.1.2 Capacidad de producción	48
3.1.3 Requerimientos	49
3.1.3.1 Materiales y materia prima	50
3.2.2.1 Herramientas y equipo	51
3.2.2.2 Mano de obra	52
3.1.4 Costos estimados	52
3.2 Ingeniería de detalle	53
3.2.1 Sistema de Moldes	53
3.2.1.1 Patrones	55
3.2.1.2 Técnicas	60
3.2.1.3 Cantidades y Proporciones	67
3.2.1.4 Contra moldes	68
3.2.1.5 Repisa de moldeo	69
3.2.2 Fabricación de presas	73
3.2.2.1 Cantidades y proporciones	82
3.2.2.2 Mezclado, homogenización y colado	83
3.2.2.3 Gelificación, endurecimiento y maduración	83
3.2.2.4 Acabados finales	85
CAPITULO 4: MACROPROCESO, PROCESOS Y ACTIVIDADES	86

4.1	Procesos	86
4.1.1	Fabricación de sistema de moldes:	86
4.1.1.1	Actividades	87
4.1.1.1.1	Selección y preparación de patrones	88
4.1.1.1.2	Moldeo por capas	89
4.1.1.1.3	Contramoldeo	89
4.1.1.1.4	Desmoldeo	90
4.1.1.1.5	Fabricación de repisa de colado	91
4.1.2	Manufactura de presas	92
4.1.2.1	Actividades	93
4.1.2.1.1	Preparación de moldes	93
4.1.2.1.2	Preparación de materia prima	93
4.1.2.1.3	Colado	94
4.1.2.1.4	Fragua	94
4.1.2.1.5	Desmoldeo	95
4.1.2.1.6	Curado	95
4.1.3	Acabados	96
4.1.3.1	Actividades	
4.1.3.1.1	Taladrado	97
4.1.3.1.2	Pulido	97
4.1.3.1.3	Revisión y almacenamiento	98
4.2	Diagramas de flujo de procesos	99
4.2.1	Manufactura de presas	100
4.2.2	Acabados	101
CAPITULO 5: PRODUCCION PILOTO		102
5.1	Fabricación de pruebas	102
5.2	Fabricación piloto	102
CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		104
	Conclusiones:	104
	Recomendaciones:	105
ANEXOS		106
ANEXO A		
ANEXO B		
ANEXO C		
REFERENCIAS		

## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1.1</b>	Estimación de demanda insatisfecha.....	10
<b>Tabla 2.1</b>	Matriz de selección de materia prima.....	28
<b>Tabla 2.2</b>	Propiedades Típicas de la resina de poliéster vaciada sin carga.....	32
<b>Tabla 3.1</b>	Materiales.....	50
<b>Tabla 3.2</b>	Herramientas.....	51
<b>Tabla 3.3</b>	Equipo.....	51
<b>Tabla 3.4</b>	Mano de obra.....	52
<b>Tabla 3.5</b>	Costos estimados.....	53
<b>Tabla 3.6</b>	Ingredientes por lote.....	82

## LISTADO DE FIGURAS

Fig. 1.1	Esquema molde/contramolde.....	6
Fig. 1.2	Corte lateral de presa.....	17
Fig. 1.3	Sistema de adhesión de presas al tablero.....	18
Fig. 3.1	Espuma oasis o estirofoam.....	40
Fig. 3.2	Silicona y catalizador en presentación comercial.....	41
Fig. 3.3	Corte lateral de sistema de moldeo.....	43
Fig. 3.4	Repisas y cubierta.....	44
Fig. 3.5	Diagrama de flujo de procesos.....	46
Fig. 3.6	Distribución de taller.....	47
Fig. 3.7	Mesa de trabajo.....	48
Fig. 3.8	Sistema de ajuste y nivelación.....	55
Fig. 3.9	Adhesión de bloques de estirofoam.....	56
Fig. 3.10	Prototipo terminado previo al fresado.....	57
Fig. 3.11	Herramientas de fresado.....	58
Fig. 3.12	Localización de punto de anclaje.....	59
Fig. 3.13	Fresado de ranura.....	59
Fig. 3.14	Aplicación de silicona.....	61
Fig. 3.15	Capa de plastilina y red de fibra de vidrio.....	62
Fig. 3.16	Preparación de masilla plástica y contramoldeo.....	63
Fig. 3.17	Vaciado.....	64
Fig. 3.18	Separación molde/contramolde.....	65/66
Fig. 3.19	Corrección de molde.....	66
Fig. 3.20	Pintado de silicona.....	67
Fig. 3.21	T-nuts.....	69
Fig. 3.22	Sujeción de cubierta.....	70
Fig. 3.23	Repisa de colado.....	71/72
Fig. 3.24	Limpieza y revisión.....	73
Fig. 3.25	Posición y planitud.....	73
Fig. 3.26	Agente desmoldante.....	74
Fig. 3.27	Colocación de arandelas.....	74
Fig. 3.28	Materias primas.....	75
Fig. 3.29	Herramientas y quipo.....	76/77

Fig. 3.30	Dosificación y homogenización.....	78
Fig. 3.31	Pigmentación.....	78
Fig. 3.32	Catalización.....	79
Fig. 3.33	Colado.....	79
Fig. 3.34	Desmoldeo.....	80
Fig. 3.35	Acabados finales.....	81
Fig. 3.36	Temp. Vs. Tiempo (resina sin carga).....	84
Fig. 3.37	Tiempo de gelificacion vs. Temp. Ambiente.....	84

## LISTADO DE DIAGRAMAS DE PROCESO

Fabricación de moldes.....	87
Manufactura de presas.....	92
Acabados.....	96

## LISTADO DE FICHAS DE ACTIVIDAD

Selección y preparación de patrones.....	88
Moldeo por capas.....	89
Contramoldeo.....	89
Desmoldeo.....	90
Fabricación de repisa de colado.....	91
Preparación de moldes.....	93
Preparación de materia prima.....	93
Colado de materia prima.....	94
Fragua.....	94
Desmoldeo.....	95
Curado.....	95
Taladrado.....	97
Pulido.....	97
Revisión y almacenamiento.....	98

## LISTADO DE DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESOS

Manufactura de presas.....	100
Acabados.....	101

## GLOSARIO

**T-NUTS:** Elemento metálico roscado que se adhiere a los tableros de madera.

**CONTRAMOLDE:** Receptáculo de fibra que soporta al molde en sí.

**PRESA:** Pieza que sirve de agarre para los escaladores en las paredes deportivas.

**MOLDEABILIDAD:** Capacidad de un material de adquirir la forma o textura del elemento que lo rodea o lo contiene.

**TIXOTRÓPICO:** Estado o condición en la que un material conserva su estado o posición pese a la fuerza de la gravedad u otros efectos.

**RESINA:** Sustancia orgánica que sirve para la fabricación de una materia plástica.

**MEKP:** metiletil ketona peroxido, catalizador para resina poliéster.

**ACELERADOR:** sustancia que permite catalizar resina poliéster a bajas temperatura en poco tiempo.

**GEL:** Estado que adopta una materia en dispersión coloidal cuando se coagula.

**ESPUMA OASIS:** Material de estirofoam o espuma expandida utilizada como base para los prototipos o como elemento de jardinería.

**COLADA:** Procedimiento de vertido de material sobre moldes o matrices.

**EXOTERMICO:** Califica a las reacciones con desprendimiento de calor.

**PATRONES:** Elementos que sirven como modelo inicial o como base para modelos similares.

# INTRODUCCIÓN

El deporte a lo largo de la historia de la humanidad ha sido inherente al desarrollo del ser humano, la diversificación y mejoramiento de disciplinas, herramientas y técnicas amplían cada vez más los límites y actualmente es la aplicación de la ciencia en los deportes la principal responsable de los más importantes logros en el campo deportivo. La escalada no es la excepción, y ha sido evidente a lo largo de su desarrollo la importancia que ha tenido la aplicación de la ingeniería al mejoramiento del nivel de este deporte, un deporte que a lo largo de su avance y crecimiento abarcaría diversas épocas, en muchas de las cuales el ingenio y la creatividad serían pilares fundamentales en el desarrollo de técnicas, herramientas, metodologías y nuevos materiales.

La escalada como deporte tuvo sus inicios en el siglo XIX, teniendo como escenario las paredes rocosas de los valles dolomíticos al norte de Italia, la constante evolución y adaptación de este deporte a diferentes ámbitos y condiciones derivó en algunas variaciones de esta disciplina, tal es así que en los inicios de la década de los 80, el perfeccionamiento y la necesidad de entrenamiento continuo son factores que influyen en la aparición de muros de escalada interiores, es decir al abrigo de instalaciones como coliseos, gimnasios, salas de entrenamiento e inclusive en centros multideportivos y hasta cafés, esto permitía la práctica del deporte inclusive en las épocas invernales. Es a partir de la década anterior y ante la accesibilidad que facilitan los muros de escalar que el número de adeptos a esta disciplina ha aumentado progresivamente y esto a motivado el continuo avance y desarrollo de nuevas alternativas dentro de este deporte. La práctica de la escalada en instalaciones artificiales ha generado la necesidad de adecuar los espacios e instalaciones para suplir la seguridad, confort y requerimientos que exige la escalada en muros artificiales. En la actualidad la escalada tiene varias facetas y escenarios, pudiendo ser esta de tipo alpino (en exteriores y con ayuda de herramienta especializado), deportivo y otras variaciones que dependen de la técnica aplicada. Así en la rama deportiva de la escalada se encuentra la *escalada en muros artificiales*. La cual se realiza sobre paredes de madera triplex montada sobre estructuras metálicas o de madera inclusive, estas varían de forma, tamaño, y textura dependiendo de los recursos disponibles. Sobre la madera se colocan unas arandelas

roscadas ( t-nuts<sup>1</sup> ) que van adheridas al triplex. Así por el lado expuesto de la estructura se pueden colocar las presas de escalar mediante pernos, las presas consisten en el punto de contacto del escalador con la pared.

Las presas de escalada son fabricadas en un sin número de materiales entre los cuales tenemos: madera, piedra, concreto, plástico, materiales compuestos etc., las variaciones abarcan desde el tipo de textura hasta el diseño de la arandela, pasando por muchos detalles que hacen de cada producto diferente, esto nos da una idea de lo tecnificado que se halla el proceso en algunos países (EEUU, Francia, Italia, Canadá). Además, se tiene que considerar las características con las que debe contar: ergonomía, resistencia, estado superficial adecuado, diseño adecuado, facilidad de instalación, polivalencia, geometría, etc.

En el Ecuador la escalada es un deporte reciente, asociado usualmente al montañismo o al excursionismo, sin embargo en los últimos 5 años se ha registrado un crecimiento acelerado de la escalada deportiva en Interiores, y aproximadamente existen 10 muros de dimensiones considerables distribuidos en diferentes ciudades del país, y varios muros privados en colegios de la capital, en el gimnasio de la ESPE contamos con un muro de pequeñas dimensiones, por dar un ejemplo. Se han fabricado presas de escalada en el país desde el año 95, y a la fecha existen tres fabricantes distribuidos a lo largo del país.

Básicamente un muro de escalar se constituye de: estructura o soporte, superficie escalable, presas o asideros, puntos de anclaje, y en algunos casos de abatimientos o paneles móviles. Técnicamente denominadas presas de escalada, estos agarres se fabrican en diversos materiales compuestos fueron inventados por el francés François Savigny en 1983 y pueden tener muy variadas formas y tamaños.

El presente proyecto pretende cubrir el diseño y la fabricación del sistema de moldes que se utilizará para la manufactura de las presas o asidero, los cuales son los dispositivos que permiten la progresión a través de la pared de escalada. Las presas de escalada se rigen a ciertos parámetros básicos que definen su forma, estructura,

---

<sup>1</sup> Tuercas en forma de T

rugosidad, instalación y uso. Estos parámetros son descritos en el apartado respectivo para ser tomados en cuenta al momento del diseño de las piezas.

Otros aspectos como la textura, ergonomía, resistencia, durabilidad y presentación son primordiales en el contexto de la fabricación de presas de escalada, y no son menos importantes que los parámetros mencionados en el párrafo anterior, aspectos tales como la optimización del proceso de fabricación y el consiguiente mejoramiento del producto, tienen un espacio permanente dentro del presente proyecto.

A pesar del carácter recreativo y deportivo del que son objeto las presas no se puede olvidar su función de asidero en situaciones de mediano riesgo por lo que las pruebas técnicas y de campo son imprescindibles para garantizar la resistencia, adherencia, calidad y funcionalidad, esto aunado a un diseño y proceso eficaz dará como resultado un producto final que sea práctico y cumpla con los estándares requeridos para la práctica de este deporte que en nuestro medio ha tenido gran acogida, y para muestra de ello se debe mencionar que en la actualidad existen aproximadamente 10 muros de escalada de medianas y grandes dimensiones distribuidos entre las diferentes ciudades del país.

La creciente innovación y el aumento permanente de la demanda de nuevas tecnologías para sectores donde las aplicaciones industriales recientemente se han involucrado es también una de las razones principales para mediante este proyecto colaborar específicamente con la escalada deportiva y el deporte en general.

El actual marco tecnológico impone diversos y más elevados retos, ya que actualmente la ingeniería alcanza sus grados más altos de especialización ante lo cual nuestra respuesta debe ser la apertura a la diversidad de aplicaciones. El análisis tecnológico de la fabricación de presas conduce a las consideraciones geométricas y de proceso necesarias para lograr productos de calidad. Hasta hace un tiempo atrás las presas de escalar se adquirían del extranjero por su calidad y también por la inexistencia de producto nacional. La necesidad de aplicar la ingeniería para suplir la necesidad de este tipo de productos y lograr una ventaja competitiva como es la calidad en un mercado

casi virgen, es posible en nuestro país, es además una necesidad deportiva que debe ser tomada en cuenta todo esto en beneficio de un nutrido grupo de practicantes de este deporte.

## **CAPÍTULO 1**

### **LAS PRESAS DE ESCALADA**

#### **1.1 ASPECTOS GENERALES**

Al analizar los aspectos generales que rigen el diseño y la construcción de un sistema de fabricación de presas para escalada deportiva es de utilidad el hacer un breve recuento de los siguientes temas: *materiales, método, maquinaria y/o equipo, “Money” (dinero) y mano de obra*. Estos son los factores que relacionados e involucrados entre

si definen tanto el diseño como la construcción del sistema y vienen dados y condicionados de acuerdo a la gran variedad de detalles que son abordados a continuación.

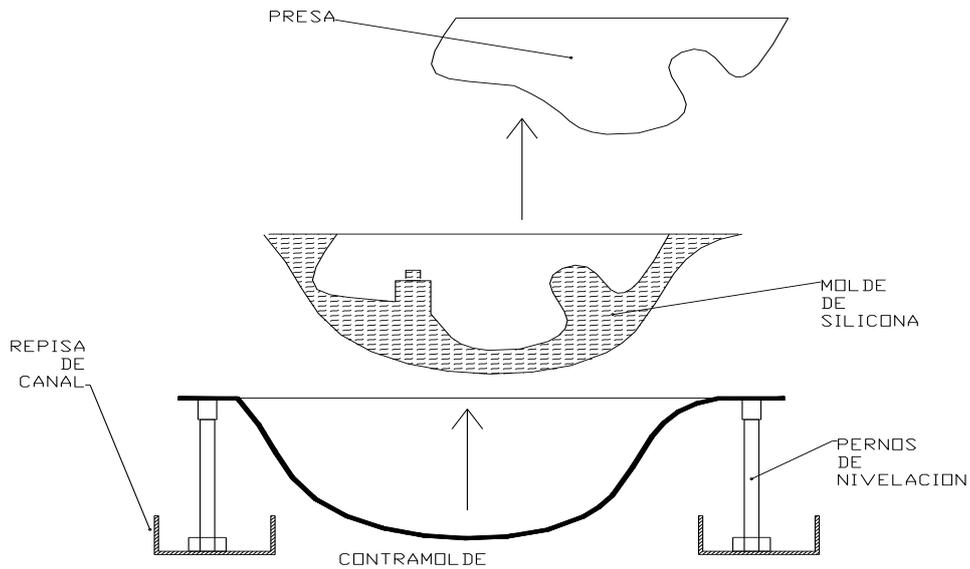
En el caso de la fabricación de presas de escalada las variables anteriormente mencionadas están directamente supeditadas al material con el que se fabrican las mismas, y aunque se dispone de un sinnúmero de alternativas tecnológicas disponibles en la actualidad, existen múltiples factores como: la tecnología y metodología con las que se pretende trabajar, el volumen de producción que se intenta manejar y la gama de modelos que se pretende producir, los cuales limitan ostensiblemente las posibilidades a aquellos materiales y tecnologías que se adapten a los requerimientos del proyecto. En el caso de los moldes cabe recalcar que tanto la flexibilidad necesaria para el continuo moldeo y desmoldeo, fidelidad para dar el acabado superficial que se deseé para cada pieza, bajas contracciones o expansiones ante cambios de temperatura, excelente capacidad de curado, resistencia a los agentes químicos y altas temperaturas, facilidad de manejo y la ventaja añadida de poder trabajar con distintos materiales son los requerimientos primordiales en cuanto a la selección del material y por ende a la tecnología: el moldeo por contacto.

Al hablar de los moldes es importante también hacer hincapié en los elementos que intervienen en el molde en sí, de tal manera es posible encontrar que el molde en sí consta de dos partes bien diferenciadas: Molde o “piel” y contramolde o receptáculo de la piel, aparte de estos elementos primordiales podemos encontrar otros dentro del proyecto como: soportes, mezcladores, repisas y un sinnúmero de componentes que en su conjunto permitirán la fabricación de presas de escalada.

Como hemos mencionado la “piel” de los moldes requiere un soporte en el cual la materia prima de las presas puede ser vertida o moldeada, a esto se llama **contramolde**. Los contramoldes, son usualmente realizados en materiales cerámicos, sin embargo con el objeto de disminuir el peso y optimizar la funcionalidad de los mismos usualmente se procede a realizar algunos de ellos en fibra de vidrio reforzada con masilla plástica o resina poliéster, estos contramoldes cuentan con la ventaja de un sistema de regulación de nivel con el cual se facilita el proceso de colado o vertido del

material en los moldes. Existe también la posibilidad de utilizar contramoldes de yeso odontológico como hemos mencionado, especialmente para moldes que requieren varias partes y una gran exactitud al cuadrarlos.

A continuación podemos ver un esquema en el cual se diferencian los distintos elementos del molde:



**Fig. 1.1 Esquema molde/contramolde**

Un elemento imprescindible para la fabricación de los moldes son los patrones de los que se obtendrán los diseños para las presas, estos se pueden realizar en varios materiales entre los cuales tenemos: espuma oasis, madera de balsa, materiales pétreos, arcilla, etc. En el presente proyecto se contempla la fabricación de un “set” de 20 presas entre las que están incluidas micros, pequeñas, medianas, y presas de grandes dimensiones. Entre las muchas posibilidades de diseño que tenemos en cuenta podemos enumerar: pinzas, cantos, bidedos, formas redondeadas, presas a dos manos, columnas, regletas, y una variedad de presas para pies y versátiles en múltiples posiciones.

Es importante recalcar que para el proceso de moldeado por contacto, el cual consiste en el colado o vertido del material de las presas en los moldes se ha definido un sistema en el cual los moldes se hallan colocados en escalones de perfil metálico (correas U) sobre los cuales se colocan los moldes y contramoldes nivelados y de acuerdo al orden

de fabricación, es este sistema el que de algún modo condiciona las dimensiones y estándares de los contramoldes ya que en base de la distancia entre perfiles se determina la posición de las T-nuts en los contramoldes, las cuales sirven como niveladores para los contramoldes, así como para mantener estables a los mismos sobre los soportes que para tal efecto se seleccionen.

Una vez definidos ciertos parámetros para los materiales que intervendrán en el sistema de moldes, es importante hacer una breve reseña sobre los requerimientos en cuanto a los materiales que se pueden utilizar para la fabricación de las presas de escalada, así dentro del proceso de selección se debe realizar una comparación tanto de las condiciones de manipulación así como de las propiedades químicas, físicas y mecánicas de cada material para que de acuerdo a estos parámetros y otros que veremos mas adelante se pueda realizar la selección de la mejor opción que equilibre y optimice tanto la manipulación como las características finales del producto con respecto a los valores requeridos dentro de un rango económico conveniente.

En lo que al método se refiere debemos volver a diferenciar claramente entre la fabricación de los moldes y la manufactura de presas, esto se describirá ampliamente en lo que se denomina Ingeniería básica e ingeniería de detalle. Tanto para la fabricación de los moldes como para la manufactura de las presas se deben seguir ciertos procedimientos que aseguran la consecución de los valores técnicos requeridos así como de los acabados superficiales que se pretenden. El método será detalladamente descrito en sus fases de macro proceso, procesos y actividades tanto para la fabricación de moldes como de presas, todo esto basado en la parte practica que fundamenta este documento. Dentro de la ingeniería de detalle es conveniente realizar un análisis de los requerimientos de materiales, materia prima, herramientas, instrumentos y mano de obra necesaria para el proyecto en su totalidad, sin embargo la necesidad de una infraestructura básica para iniciar la producción obliga a realizar ciertas inversiones tales como instrumentos y maquinaria específica para la postmanufactura de las presas.

Siendo este un proyecto de carácter privado requiere de cierto capital de inversión, el cual esta en relación con los costos de los materiales, herramientas e infraestructura necesarios para la fabricación e inicio de la manufactura de las presas, esto se aborda

dentro de las consideraciones económicas tanto del diseño, como de materiales, así como un análisis de costos estimados en el capítulo de ingeniería básica.

Finalmente, en lo que se refiere a la mano de obra se procurará simplificar los procesos para minimizar la necesidad de mano de obra, de igual manera se definirán y describirán ampliamente las actividades que requieren mano de obra para facilitar la utilización de este documento como un manual de operaciones.

En cuanto a otros aspectos relacionados con el presente proyecto estos se regirán en caso de existir, a normas o estándares ya existentes, y de ser necesario se realizarán los ajustes necesarios para verificar la consecución de los objetivos del proyecto. La producción piloto será el punto final de un proceso que será objeto de una permanente retroalimentación y mejoramiento, y será además el inicio de la etapa de rentabilidad de lo que se pretende sea una fuente de ingresos a nivel de microempresa.

## **1.2 ESTUDIO DE DEMANDA CUANTITATIVO**

El mercado de la escalada en nuestro país está en reciente desarrollo y los elementos que facilitan un estudio de demanda cuantitativo en toda su dimensión son todavía primarios, sin embargo es posible lograr algunas conclusiones con un análisis del mercado al que se pretende acceder.

Comenzando por precios referentes para distintos tipos de presas se observa que el rango va desde las micros con valores de 0.80 centavos de dólar hasta las presas grandes de doble anclaje con valores hasta de 8 dolares, siendo la variedad el principal interés en los compradores de grandes montos.

La demanda actual de presas de escalada esta sujeta principalmente a la necesidad que de estas tengan las instalaciones en las cuales se practica este deporte. En la actualidad existen en el país aproximadamente 7 muros de grandes dimensiones distribuidos en las diferentes ciudades del país algunos de los cuales están a cargo de las respectivas federaciones deportivas de cada provincia, y un constante aumento en la demanda de muros pequeños y de medianas dimensiones para colegios e instituciones privadas no ha cesado en

los últimos 5 años. Estos aspectos son analizados para hacer un estimado cuantitativo del potencial con el que cuentan las presas de escalada en el mercado nacional. A continuación se hará un recuento de los principales muros existentes en el país, su área aproximada, el número de presas aproximado del que disponen los muros de grandes dimensiones y el déficit que existe actualmente en los mismos, además se debe recordar que tan importante como el número de presas es la variedad de las mismas, en forma, tamaño, textura y colorido, es decir el número de juegos de presas disponibles. De esta manera se puede obtener un valor estimado del potencial de mercado existente en nuestro medio.

**Tabla 1.1** Estimación de demanda insatisfecha

<b>Muro ( Institución Encargada, Ubicación )</b>	<b>*Capacidad</b>	<b># presas actual</b>	<b>Déficit de presas</b>	<b># juegos de presas/muro</b>
Concentración deportiva de Pichincha ( Quito)	11500	5200	6300	4
Federación de escalada deportiva de Chimborazo (Riobamba)	7000	3200	3800	5
Federación de escalada deportiva del Azuay (Cuenca)	3500	1500	2000	3
Federación de escalada Deportiva de Imbabura ( Ibarra )	8000	4000	4000	6
Federación de Escalada de Cotopaxi ( Latacunga )	3000	1400	1600	3
Muro Estadio (Guayaquil)	9000	5000	4000	6
Colegio la Condamine ( Quito)	2000	1200	800	5
Colegio Americano ( Quito)	1500	800	700	4

\* Se ha definido un promedio de 60 presas por cada tablero como valor recomendado. Los valores han sido obtenidos de las distintas asociaciones y federaciones deportivas a cargo de los muros de escalada

De acuerdo a los datos en la tabla anterior es posible ver un déficit de presas en el mercado actual, una aproximación estimada ronda las 23000 piezas en total, esto sin contabilizar el mercado de muros privados de pequeñas dimensiones ni el crecimiento inherente de la escalada en un futuro cercano.

Mas allá del monto total de presas necesarias en la actualidad lo que sustenta la fabricación de las mismas como una inversión rentable es su carácter perecible en ciclos de 3 a 5 años lo cual asegura el mercado en términos de mediano plazo. Lo anterior sumado al carácter innovador del área en que se pretende incursionar genera una positiva percepción de la demanda que el producto tendrá una vez localizado en el mercado.

### **1.3 CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

Al tratar las consideraciones que deben tomarse para el diseño del sistema de fabricación es importante recalcar, que con el fin de obtener productos de calidad y con las características precisas es imprescindible asegurar que toda la infraestructura que interviene en el proceso cumpla con los estándares planteados y esté de acuerdo a las características que se espera del producto final. En el caso de las presas para escalada deportiva se pueden dividir estas consideraciones en tres grandes áreas: técnica, económica y funcional; Se deben hacer diferencias para el sistema de moldes como para el procesamiento del material, por lo que existen consideraciones que difieren para las áreas antes mencionadas y deben ser tomadas en cuenta en su debido momento a lo largo del proyecto. Citando algunas de las más importantes dentro del área técnica y en lo referente a la selección del material base para los moldes podemos encontrar:

- Facilidad de reproducción
- Flexibilidad y resistencia al desgarre
- Elongación y facilidad para el moldeo y vulcanizado
- Evitar la inhibición del curado de las resinas para la reproducción
- Resistencia química a los componentes de las resinas

- Resistencia a temperaturas de vaciado entre -55 y 200°C
- Tiempos de vulcanización rápidos
- Gran variedad de aplicaciones

A continuación se realizará una reseña de tales consideraciones que se deben tomar en cuenta para el análisis, diseño, producción y pruebas del sistema de fabricación de presas que se pretende construir, diferenciando el área de influencia de las mismas.

### 1.3.1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS

En lo que al *sistema de moldes* se refiere es necesario hacer un análisis de los aspectos técnicos relevantes, esto con el objeto de definir los mismos en base a las necesidades y requerimientos propios de la fabricación de presas de escalada.

De acuerdo al proceso y de la materia prima que se utiliza para la fabricación de las presas dependerán los parámetros y características del material que se utilizará para la confección de los moldes, sin embargo a continuación se definen algunos de ellos:

*Resistencia Química:* Para el sistema de fabricación que se propone, se pretende ampliar las alternativas de materias primas con las que se pretende fabricar las presas, y estas incluyen esencialmente materiales compuestos, tanto de origen sintético, mineral y natural, La multifuncionalidad del proceso implica una necesaria polivalencia en cuanto a la resistencia química y estructural de los moldes a utilizar.

Para los materiales sintéticos el caso más representativo es el de los polímeros termoestables, y como ejemplo más representativo las resinas poliéster. Las resinas insaturadas vienen usualmente en forma de ácidos insaturados, los cuales atacan químicamente a las superficies en contacto con los mismos, en el caso de los elementos minerales o biológicos el nivel de resistencia química no es realmente considerable por lo que son las resinas sintéticas las que determinan el nivel de resistencia química del material de los moldes.

*Resistencia al desgarre:* tanto la flexibilidad como la resistencia al desgarre son factores importantes en el moldeo por contacto, así una suficiente elongación permite un desmoldeo fácil y sin complicaciones, eso si teniendo en cuenta que para volúmenes complejos se requiere moldes cuyas particularidades y constitución responden exclusivamente a la forma de la pieza a moldear, sin olvidar la gran frecuencia de uso que se proyecta para los moldes.

*Rigidez y resistencia a temperaturas elevadas:* El carácter exotérmico de la reacción de Catalización de algunos polímeros hace necesario un rango de resistencia a la temperatura que va desde  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ .<sup>2</sup> Es también importante que la disminución de la rigidez conforme aumenta la temperatura no afecte la fidelidad de las piezas tanto en textura como en forma, para esto es necesario desarrollar un sistema que mantenga los moldes dentro de las tolerancias dimensionales aun por sobre las temperaturas antes mencionadas.

*Diseño:* Los volúmenes o presas que se pretende reproducir son en la mayoría de los casos el resultado de una operación manual en la cual el modelo patrón es único, esto complica la normalización de secciones críticas, sin embargo su forma debe cumplir con las secciones mínimas que en suma vienen determinadas por la resistencia del material, diseño del volumen y proporción de cargas. Es también necesario ser sumamente cuidadoso con las tolerancias dimensionales, de planitud, perpendicularidad del agujero, aristas vivas, sentidos de giro, etc. Es además importante que exista una gran variedad en cuanto a la forma de los modelos, esto dará como resultado un juego de presas variado y polivalente. Lo anterior se encuentra englobado en una necesidad de detalles finos de reproducción así como un bajo coeficiente de encogimiento lo cual aumenta la precisión del moldeo y mejora los resultados finales.

Se procede entonces a hacer un recuento de las consideraciones técnicas para lo que se refiere a la ***materia prima de las presas***, ya que será esto lo que definirá muchos de los parámetros del proceso y las características finales del producto.

---

<sup>2</sup> Materiales de Ingeniería y sus aplicaciones FLINN/TROJAN

*Rigidez* : La rigidez de las piezas terminadas debe cumplir ciertos valores, esta viene regida por la composición, proporciones, curado y algunos otros factores inherentes al procesamiento, sin embargo es posible hallar un punto óptimo entre estos para obtener un producto de calidad y con las especificaciones requeridas, para esto es importante el registro de proporciones y condiciones de fabricación, para una vez hallado el punto óptimo mantener las mismas y optimizar las características finales del producto.

*Resistencia*: Dado que se pretende utilizar materiales compuestos para la fabricación de las presas, se debe optimizar las relaciones entre cargas y resinas o aglomerado y aglomerante para cumplir con la resistencia mecánica requerida por sección y a su vez tener en cuenta la minimización de los costos de producción, todo esto involucra un minucioso diseño del proceso de fabricación y su consiguiente y permanente mejoramiento.

*Procesamiento*: El proceso de fabricación involucra distintas fases o etapas, algunos de estos manifiestan fenómenos físicos y químicos que se deben considerar tanto al diseñar el molde como al producir las presas. Entre estos se encuentra a la contracción que sufren algunos materiales tras el proceso de curado de sus componentes, esta contracción suele no ser considerable, sin embargo conviene tomar en cuenta sus posibles efectos. Hablando específicamente de los materiales sintéticos termoestables, en los cuales el proceso de curado es diferente, se debe también considerar que la calidad final del producto depende en gran parte de este proceso. El proceso de fabricación de las presas implica una metodología que involucra cierta infraestructura tal como el sitio mismo de fabricación de las presas, así como la postfabricación y procesado de las mismas, de tal manera todos estos aspectos deben ser considerados en la ingeniería básica y de detalle para cubrir todos los detalles correspondientes.

*Presentación*: Un elemento que es decisivo en la funcionalidad de las presas a más de su forma es su color y textura. En algunos casos esta es función de la carga o aglomerado que se utiliza o de los colorantes añadidos, así como de las proporciones de la mezcla, sin embargo para el caso de los materiales compuestos con base en termoestables esta suele depender en gran medida de la composición de la mezcla y del proceso de curado. En cuanto a la presentación se refiere es importante aclarar que es en muchos casos un proceso de prueba y error hasta lograr los resultados deseados para lo cual se

debe mantener un registro que permita ir mejorando los resultados de acuerdo a cada lote de producción. Otro factor importante que se debe tomar en cuenta es la sensibilidad de ciertos colorantes y aditivos ante los rayos ultravioletas, por lo que al estar los mismos expuestos a la luz del sol por periodos prolongados sufren de decoloraciones o cambios en su tonalidad, esto es prevenible con el uso de colorantes o tintes cuya resistencia a la luz solar sea garantizada por el fabricante, caso contrario es usual notar la posterior decoloración de las presas ante la exposición prolongada y extrema ante la luz solar.

### **1.3.2 CONSIDERACIONES ECONÓMICAS**

Para facilitar el análisis se hace una diferenciación entre sistema de producción y producto, dado que los mismos son considerados diferentes etapas dentro del presente proyecto. De tal manera se comienza analizando desde el punto de vista del **sistema de moldes**.

*Capacidad de producción:* este parámetro es sin duda de gran importancia dentro del presente proyecto, ya que en base a este se definirá posteriormente el volumen de materia prima por lote de producción que se procesará, sin embargo esto es función también del tipo de materia prima que se utiliza para las presas, pero a manera de un lineamiento de diseño se ha considerado dentro del presente proyecto la construcción de un sistema de moldes para 20 presas entre las que se encuentran distintos tamaños y formas los cuales cubren el espectro de diseño proyectado para el set de presas de escalada. Una vez finalizados los moldes es posible definir el volumen de materia prima que se abarca por lote, de tal manera es posible estandarizar el proceso de producción de acuerdo a la materia prima seleccionada para tal efecto.

*Vida Útil:* Este tiende a ser un parámetro muy variable, ya que influyen en él aspectos como: calidad del material utilizado, correcto procesamiento, temperatura y humedad ambientales, manejo, limpieza, materia prima, frecuencia de uso, etc. Sin embargo es importante preveer la vida útil de los moldes con el fin de conocer la depreciación del medio de producción, que en este caso son los moldes, esto nos ayudará en la determinación del precio final del producto y para mantener un stock de moldes estable de acuerdo

Para lo que se refiere a la producción propiamente dicha, el parámetro que mas incidencia tiene en el campo económico es la **materia prima de las presas**, y a continuación se hace referencia a algunas consideraciones a tomar en cuenta.

*Costos de producción:* El interés del presente proyecto por mantener un equilibrio entre la inversión y los beneficios que se obtengan del proyecto en un futuro cercano obliga a optimizar y reducir los costos de producción, todo esto sin descuidar la calidad y funcionalidad del sistema de producción y de las presas de escalada. La selección de proveedores y materia prima debe maximizar la calidad pero tratando de optimizar los recursos destinados para tal efecto, la permanente búsqueda e implementación de métodos e insumos de menor costo es imperativa en el presente proyecto. El carácter microempresarial del proyecto permite operar el sistema de moldes dentro de un rango de fabricación que responda a la demanda local inicialmente para progresivamente suplir las necesidades de otros mercados.

*Versatilidad:* La posibilidad de ampliar el rango de materiales utilizables para la fabricación de las presas de escalada se presenta como una alternativa a futuro, dependiendo del material seleccionado para los moldes. Así el uso de materiales reciclados o con características orgánicas de uso variable se presenta como una posibilidad en función de la polivalencia que permitan los moldes.

*Manejabilidad y procesamiento:* Si bien el medio de producción es parte substancial del proyecto, lo es también la materia prima que se elija, no solo en cuanto a su resistencia, si no también en lo que a su manejo y procesamiento se refiere, por lo que los parámetros que determinan la selección deben considerar la capacidad técnica y las limitaciones de manejo y procesamiento de las cuales parte el presente proyecto.

### **1.3.3 CONSIDERACIONES FUNCIONALES**

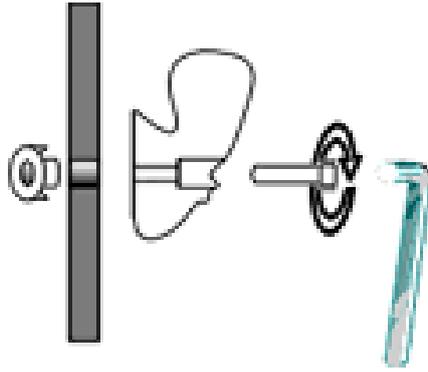
*Ergonomía:* Las presas de escalada deportiva son dispositivos que están en contacto directo con las extremidades de los escaladores, esto obliga a que su forma y diseño no afecte o traumatice de ningún modo a los usuarios, esto se debe prever en el diseño del patrón original y corregir especialmente las aristas agudas, las mismas que son dependiendo de su direccionamiento las fuentes de lesiones o traumatismos las cuales

podrían dañar los tendones o ligamentos de los deportistas. Otro aspecto a tomar en cuenta es el efecto abrasivo que sobre la piel tiene la superficie de las presas, de tal manera es importante que el diseño de las presas equilibre forma y resistencia para obtener un producto ergonómicamente amable y variado en cuanto a formas y texturas. La minimización del giro es un aspecto importante, para esto se debe seleccionar la posición del perno allen en la geometría de la presa al momento de realizar el patrón, la posición de la arandela puede estar asimétricamente localizada con respecto al centro de giro de la presa, esto con el objeto de minimizar el radio de giro de la misma bajo la fuerza del escalador, de tal manera se perseguirá la obtención de torques neutros, los cuales minimizan la posibilidad de que una presa gire sobre si misma, eso si, sin afectar la sección requerida para garantizar la resistencia, también es posible la adición de aberturas para pernos autoroscantes que ayuden a mejorar la sujeción de la presa al muro. Estas consideraciones se pueden apreciar ligeramente en la siguiente figura.



**Fig. 1.2 Corte lateral de presa**

*Instalación:* En cuanto a la instalación del producto terminado, se debe recalcar que se debe procurar una cierta estandarización en lo que a la instalación se refiere, para esto se utiliza unas piezas roscadas que se adhieren a la superficie posterior de los tableros de los muros llamadas T-nuts (tuercas en T), de tal manera que las presas son fácilmente ancladas mediante pernos estándar ya sean métricos o en pulgadas, las dimensiones del perno a utilizar determinarán también las dimensiones de la sección central del modelo.



**Fig. 1.3 Sistema de adhesión de presas al tablero**

Para el caso del sistema métrico se utiliza pernos allen de 10 mm. De diámetro, y en el sistema inglés se utilizan pernos allen de 3/8 de pulg. sin embargo también existen en el mercado productos y diseños que admiten la cabeza de un dado para pernos de cabeza hexagonal. El lineamiento del diseño debe seguir un formato que beneficie y equilibre tanto a la forma como a la resistencia de la presa y en especial a la homogenización del diseño en el set de presas por lo que se regirá el mismo en base a los pernos allen de 10 mm de diámetro lo cual cubre el rango de los pernos allen de 3/8 de pulgada. pero se contempla dentro del rango de modelos a fabricar algunas en las que se encuentra la posibilidad de añadir tornillos autoroscantes como método de fijación extra para controlar el giro en presas con gran sentido de torque antihorario y por supuesto presas de gran longitud (columnas) en las que la sujeción requiere de rieles en las cuales la posición de los pernos puede deslizarse de acuerdo a la distancia que se encuentre en los tableros.

*Adherencia:* Aparte de la estética, color y un diseño adecuado, al momento de calificar la calidad de una presa de escalar el usuario analiza su forma, ergonomía, presentación, etc. pero básicamente es la textura de la presa el contacto primario. La textura de una presa puede ser dada mediante cargas o gracias a la textura que imprima las paredes de los moldes, de tal manera hablamos de un tamaño de grano que determina tal parámetro. Ahora bien, mas allá de la textura, se debe también considerar la duración de la misma ya que al estar las presas en continuo uso y desgaste su superficie tiende a volverse lisa y por lo tanto a perder la adherencia que inicialmente brindaba, esto viene determinado por la dureza superficial la cual varía de acuerdo a múltiples factores entre los cuales se encuentra: composición, proporción, método y material, pero para el caso de los polímeros termoestables y en particular para la resina poliéster con cargas minerales

responde en gran medida a las proporciones de la mezcla y del proceso de gelificación y curado.

*Manipulación y medidas de seguridad:* El proceso de manufactura de los moldes así como el de fabricación de las presas involucra el uso de materiales cuyo manejo y procesamiento requiere de condiciones de seguridad y protección contra la contaminación debido a su condición tóxica. Las instalaciones deben contemplar una excelente ventilación, y extrema precaución en el transporte, manejo y manipulación de las materias primas, el uso de mascarillas, gafas protectoras y vestimenta adecuada debe ser una norma de trabajo. Una metodología de trabajo “limpia” y “práctica” son factores fundamentales al diseñar el proceso de fabricación.

*Planitud de la arandela:* Al momento de “colar” la resina en los moldes esta podría desplazar a la arandela de su posición horizontal si la arandela no está fijada al molde, para esto es necesario añadir al molde un soporte en el que las arandelas puedan ser fijadas, esto se resuelve al crear en los moldes el soporte que no es más que un cilindro cuyo diámetro es aproximadamente el mismo que el diámetro interior de las arandelas (minimamente mayor) , el mismo sirve para colocar previamente a la colada la arandela de manera que no pueda ser movida por la resina en el llenado del molde.

## **CAPITULO 2**

### **MATERIALES**

Contemplando lo anteriormente planteado, la materia prima de los moldes viene dada en gran parte de acuerdo al material que se pretende usar como materia prima para las presas, de tal manera que tanto su manipulación, polivalencia, duración, resistencia, accesibilidad y muchos otros factores, son una respuesta bastante específica a la materia prima seleccionada para las presas. En este capítulo se reseñará una variedad de materiales que podrían servir para la fabricación de las presas de escalada en función de sus propiedades, esto conducirá a realizar la selección de un material representativo

que servirá como base del presente proyecto y en función del cual se definirán tanto los materiales de los moldes así como los procedimientos y manejo para la fabricación de las presas de escalada.

## 2.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN

Existen algunos criterios de selección que permiten escoger un material base que sirva como materia prima para las presas de escalada, estos criterios obedecen a ciertas particularidades básicas e inherentes al proceso de fabricación y algunas otras a características con las que tienen que contar las presas de escalada para cumplir su función a cabalidad, pero cabe destacar que estas propiedades pueden ser modificadas mediante la adición de otros componentes que complementan aspectos tales como resistencia, textura, color, aglomeración, costos, etc. A continuación se procede a enumerar y detallar los criterios más importantes en la selección del material base para las presas de escalada.

**Manejo y Procesamiento:** Es importante comenzar estableciendo que la naturaleza del material esta directamente supeditada al proceso de moldeo por contacto, lo cual limita el rango de materiales a aquellos susceptibles a ser procesados bajo estas condiciones y cuyo manejo esta dentro de los parámetros que contempla el presente proyecto. Es importante recalcar para el moldeo por contacto el estado inicial del material debe permitir el llenado de los moldes y la cobertura de todos los resquicios de los mismos, con el objeto de mantener la mas alta fidelidad posible sin que sea necesario ejercer elevadas presiones o aplicar calor en los moldes mismos. Al tomar en cuenta que este es un proceso manual casi en su totalidad se debe considerar los efectos nocivos posibles y minimizar la contaminación y la toxicidad de la selección. Se debe también considerar los métodos de manipulación del material seleccionado para asegurar y garantizar la optimización de la materia prima y de los elementos que intervienen en la manufactura.

**Resistencia:** Al hablar de la resistencia de las presas de escalada, nos referimos principalmente a la capacidad propia del material de mantener forma y solidez ante los esfuerzos y condiciones que sobre la pieza se ejerzan, estos pueden ser de tipo cortantes,

axiales, flectores, torsionales, y de compresión o aquellos que de la combinación de los anteriores se deriven. Las propiedades mecánicas básicas del material y la rigidez son factores decisivos en este aspecto. Es también importante recalcar que al ser las presas volúmenes irregulares, la distribución de esfuerzos para cada pieza será diferente, sin embargo el diseño debe contemplar valores mínimos para las secciones críticas de cada pieza. Como valor referencial para la resistencia mecánica con la que debe cumplir el material para las presas de escalada se encuentra:

*Resistencia superior a 200 DaN<sup>3</sup>*

**Durabilidad:** Al hablar del fin de la vida útil de una presa de escalar, hablamos de dos posibilidades: la una es la rotura o trizadura de la presa y la otra es la pérdida de la adherencia propia de la pieza. En el primer caso las posibles causas pueden ser fracturas o trizaduras por una incorrecta instalación y/o manipulación de la presa, o una falla estructural por defecto de construcción o de diseño, para el segundo caso la causa es simplemente el uso. Es así que se puede definir la vida útil de una presa de escalar como el tiempo que su textura permite una adherencia adecuada para la práctica de la escalada, y esta característica viene dada principalmente por la dureza del material de la presa o por el grado de fijación y dureza del elemento que brinda la textura a la pieza. La textura se puede obtener mediante cargas minerales o sintéticas y mediante superficies de contacto con la textura requerida. La durabilidad de la textura de la presa es la que determina la vida útil de la misma a menos que esta sufra una rotura o trizadura. Esto, sin embargo no es una característica exclusiva inherente al material sino que también depende del correcto procesamiento del material. Para el caso de que la textura venga determinada por inclusiones minerales y/o sintéticas, la textura y su durabilidad está dada por el tamaño y la dureza de las cargas y del material, así como de lo homogénea que sea esta mezcla. La dureza superficial el parámetro que cuantifica la plasticidad superficial del material y nos dice también sobre un completo curado del material y de tal manera encontramos dos valores referenciales, el primero en escala Rockwell M usualmente para ensayos de material “maduro”, y la segunda en escala Barcol, usada generalmente para medir el nivel de curación de la mezcla.

*Dureza Rockwell Escala M 100*

---

<sup>3</sup> Catalogo Fixe 2003

Estos valores son tomados como un referente solamente y no han sido considerados en ningún caso como norma técnica o similar, sin embargo los requerimientos funcionales de las presas de escalada bordean valores cercanos a los anteriormente mencionados. El proceso de desgaste de las piezas es inherente a su uso y en muchos casos determina el tiempo de vida útil de las mismas dependiendo claramente de la frecuencia de uso y el mantenimiento que se les brinde.

**Disponibilidad:** El abastecimiento de las materias primas para la fabricación de las presas de escalada es un factor muy importante en la selección de la materia prima. La selección debe contemplar la facilidad de apertrecharse de las materias primas que intervengan en el proceso, esto dentro del mercado nacional, cuyos costos sean convenientes y sin complicaciones de transporte u otro tipo.

**Costos:** El buscar un equilibrio entre el costo de la materia prima y la calidad de la misma es muy importante dentro del proceso de selección, para con esto asegurar los parámetros técnicos requeridos y poder obtener un margen de ganancia que permita sostener al proyecto económicamente.

**Varios:** La selección de la materia prima para la fabricación de presas de escalada implica aspectos diversos que están íntimamente ligados al proceso de moldeo por contacto, entre estos tenemos:

*Resistencia a la humedad:* Dadas las condiciones de trabajo de las presas de escalada, debemos tomar en cuenta que estas se hallan en contacto con la humedad que secretan los usuarios en la escalada, además es común que las instalaciones donde se practica este deporte estén a la intemperie o en contacto con la humedad ambiental, por lo que se debe minimizar la absorción de la misma y garantizar las propiedades de las presas a pesar de la presencia de humedad.

*Desmoldeabilidad:* Aunque este parámetro es también determinado por el molde, es necesario que el material que se utilice sea susceptible de ser desmoldado con facilidad, sea por características propias o gracias a un compuesto lubricante o desmoldante.

*Fidelidad:* La capacidad del material de reproducir los mas mínimos detalles del molde aseguran un trabajo de calidad y el mínimo reprocesamiento necesario.

*Resistencia al impacto:* Pese a no estar diseñadas propiamente para sufrir impactos de gran magnitud obviamente cierta plasticidad o flexibilidad en el material es necesaria, sin que esto llegue a afectar la rigidez propia de las presas. A continuación se define el valor del ensayo Izod o la resistencia al impacto recomendada para el material destinado para las presas:  $2 \text{ KJ} / \text{m}^2$

### **2.1.1 ALTERNATIVAS**

Es importante recalcar que al hablar de la materia prima para la presas de escalada , hablamos en realidad de un material compuesto el cual esta constituido por un material base que es complementado con cargas, colorantes, y otros elementos que determinan sus propiedades finales, sin embargo es este material base el que forma la matriz donde las cargas o inclusiones se alojan para generar un material compuesto de características similares al de su componente base pero con las variaciones que su carga o adiciones sean capaces de añadir de acuerdo al servicio destinado a la pieza. Las alternativas contempladas tienen como gran requerimiento el ser susceptibles al moldeo por contacto dado que el método seleccionado para el presente proyecto.

Existen algunos materiales que son susceptibles de ser procesados mediante moldeo por contacto es decir a bajas temperaturas y mínima presión, sin embargo no todos cumplen con los requerimientos planteados anteriormente. Los materiales citados a continuación son alternativas que cumplen con algunos de los requerimientos en diferente medida, sin embargo de entre estos se debe seleccionar a aquel que equilibre los requerimientos planteados anteriormente y los optimice de acuerdo a su importancia técnica, funcional y económica. Dentro de los polímeros termoestables las alternativas incluyen a los fenoles, melaminas, resina epóxica y a la resina poliéster. Encontramos multitud de definiciones para “polímeros termoestables” pero una de ellas podría ser que se trata de un material compuesto reforzado de carácter irreversible, compuesto porque se trata de resinas con variaciones de elementos orgánicos y reforzado porque llevan asociados una serie de aditivos que entre otras propiedades le dan gran rigidez y

finalmente de carácter irreversible ya que es imposible retornar a las piezas a su composición original. Por otra parte se ha considerado al cemento como una alternativa así mismo con cargas también de orden mineral. A continuación se hace un breve recuento de algunas alternativas y ciertas propiedades de estos materiales en función de algunos de los requerimientos mencionados anteriormente para en base a estos datos y otros criterios proceder a la selección del material que servirá para la fabricación de las presas de escalada.

Dentro de la gama de los materiales compuestos que se pretende incluir entre las opciones del estudio de selección de material tenemos: resina poliéster con cargas minerales, resina poliéster con cargas sintéticas, resinas polivinílicas con cargas minerales y/o de origen vegetal, resinas vegetales con cargas vegetales y/o sintéticas, etc. De tal manera vemos a continuación a las alternativas disponibles y algunas de sus características básicas:

**Resinas Fenólicas:** Conocidas comúnmente como bakelitas, estas resinas que se forman por poli condensación y están constituidas por un fenol - formaldehído, fueron las primeras y mas ampliamente usadas en la Industria. Entre sus características fundamentales se puede nombrar su elevada resistencia térmica, una elevada dureza y estabilidad térmica, sin embargo tienen limitaciones de color (usualmente negro y marrón). Es importante mencionar que requieren de una temperatura entre 120 y 177 °c para su formación, estos materiales que una vez transformados que tienen una contracción máxima de 1.1% suelen ser combinados con diferentes tipos de cargas o rellenos , las cuales modifican ostensiblemente algunas de sus prestaciones. Entre las cargas tenemos: grafito, cargas minerales, fibra de vidrio larga y corta, celulosa y algodón e inclusive madera. Con una resistencia a la tensión de entre 5 y 18 Ksi, una densidad con cargas que se encuentra entre 1.34 g/cc y 1.95 g/cc, una resistencia Izod de entre 0.3 y 18 pie lb. / pulg. y prestaciones mas bien de tipo eléctricas representan aprox. un 5.3 % de las ventas totales de plásticos en los EUA y su precio en bruto bordea los 0.45 a 0.59 Usd. /lb.

**Resinas Ureicas:** son materiales poliméricos termoestables cuya formación viene dada por la reacción controlada de formaldehído con un compuesto amino que mediante una condensación y polimerización producen una estructura reticular rígida. En este tipo de resinas observamos un elevado entrecruzamiento gracias a la alta reactividad de los prepolímeros. Mediante la adición de rellenos de refuerzo se obtienen productos de bajo coste, gran rigidez y resistencia al impacto, pero tal vez la principal característica de los compuestos ureicos es su capacidad dieléctrica, la cual puede incluso ser mejorada de acuerdo a las cargas que se le adicionen. Es importante mencionar también que las resinas hidrosolubles de Urea y melamina tienen aplicaciones como adhesivos y resinas de unión para tablas de madera, contrachapados, cascos de barcos suelos y uniones de muebles. Su procesamiento es usualmente el moldeado por compresión en su forma definitiva y mediante la aplicación de calor (127 a 171 ° c ) y de presión ( 2 a 8 Ksi ). Su resistencia a la tensión esta entre los 5.5 y 13 Ksi, su densidad bordea los 1.5 g / cc , mientras su resistencia al impacto se halla entre los 0.2 y 0.4 pie lb. / pulg. Representa un 2.6 % de ventas en peso en los EUA, y su precio en bruto bordea los 0.80 usd. / lb.

**Resinas Melamínicas:** estos termoestables cuya formación responde al proceso de poli condensación de la fenilamina y del formol presentan propiedades similares a las resinas ureicas y amino resinas. Siendo de color rojizo o castaño presentan un alto punto de reblandecimiento y una escasa fluidez. Poseen una gran resistencia a los álcalis y disolventes comunes, y son especialmente utilizadas en situaciones donde se requiere un bajo factor de pérdidas a alta frecuencia y en recubrimientos melamínicos para muebles y superficies de trabajo. Se puede observar entre algunas de sus propiedades el excelente entrecruzamiento lo que facilita la combinación con materiales de relleno se obtienen productos de bajo coste, gran rigidez y resistencia al impacto, es importante recalcar que su procesado requiere la aplicación de calor ( 127°C a 171°C ) y de presión ( 2 a 8 Ksi ). Con una resistencia a la tracción de 7 ksi. Y una dureza Rockwell B de 125. Vemos que representa un 2.6% del mercado de los EUA con un precio bruto de 0.79 a 0.83 Usd / lb.

**Resinas de Poliéster:** Estas resinas no saturadas tienen la capacidad de endurecerse bajo ciertas condiciones. Estas consisten principalmente de una solución de poliéster diluida en un monómero que con frecuencia es estireno, este permite a la resina endurecer formando una reticulación de las moléculas de poliéster sin generación de subproductos lo cual permite el moldeo del poliéster sin la necesidad de aplicar presión a lo largo del proceso. Entre los múltiples usos, encontramos como uno de los más comunes su uso en conjunto con fibra de vidrio y otros materiales de relleno lo cual le brinda una excelente resistencia a la tracción al curar, alcanzando valores de 25 a 50 Ksi. Y variaciones en su apariencia y características superficiales de acuerdo al relleno o carga que se le añade sin olvidar además una mejoría a la resistencia al impacto, al hablar de sus propiedades típicas sin carga encontramos una resistencia a la tracción de 6000 a 13 ksi, una resistencia al impacto (Izod) de 10.6 a 21.2 J/m, una dureza Rockwell M de 110 y Barcol de 50, representa aproximadamente un 3% del mercado de polímeros estadounidense tiene un costo bruto aprox. de 0.35 usd / lb. Cabe destacar que es la resina poliéster la más utilizada en el llamado moldeo por contacto dada su capacidad de fraguar a temperatura ambiente y a presión atmosférica facilitando así su procesado.

**Resinas Epoxídicas:** Esta familia de los materiales poliméricos no producen ningún producto de reacción al curar o más técnicamente, al entrecruzar sus moléculas. Poseen buenas propiedades mecánicas, buena resistencia química, y gran adherencia con otros materiales. Representan aprox. Un 1 % del Mercado Anglosajón y con un costo bruto de 0.6 usd / lb es el más costoso de los materiales incluidos en esta selección. Sus excelentes propiedades mecánicas, su elevada resistencia química y su estabilidad dimensional y dureza son factores a su favor, sin embargo su manipulación y costo bruto van en detrimento a su factibilidad. Entre sus propiedades más relevantes encontramos: una resistencia a la tracción de 10 ksi, una dureza Rockwell de 90 y resistencia al impacto (Izod) de 0.8 lb/pie.

**Hormigón:** Compuesto de cemento, un material cerámico que se forma en realidad por disolución, recristalización y precipitación de una estructura de silicato, materiales de relleno y/o fibras metálicas, todo lo anterior bajo un proceso cuyas condiciones y proporciones influyen severamente en sus propiedades posteriores. De gran resistencia a la compresión y pobre a la tracción, poca resistencia al impacto y de un

fraguado largo es considerada una opción en ambientes externos como rocódromos al aire libre y de contacto permanente con radiación solar.

## 2.1.2 SELECCIÓN DEL MATERIAL

Una vez que se han definido tanto los criterios de selección así como se ha mencionado las distintas alternativas se debe proceder a la selección de la materia prima de las presas, para lo cual se hace uso de una matriz de selección en la cual es posible ver claramente si las distintas alternativas cumplen con los distintos parámetros que se han definido como necesarios para el material base del proyecto, de tal manera se procede como sigue:

**Tabla 2.1** Matriz de selección de materia prima

MATERIALES PROCESABLES DISPONIBLES	Resistencia mecánica FP:0.25	Dureza superficial FP:0.15	Plasticidad FP:0.15	Resistencia a la humedad FP:0.20	Procesabilidad FP:0.25	Factibilidad
Resina fenólica	++++	+++++	+++	+++++	+++	3.95
Resina Ureica	+++++	+++++	+++	+++++	++	3.95
Resina Melamínica	+++++	+++++	++	+++++	+++	4.05
Resina Poliéster	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	5
Resina epoxídica	++++	++++	++++	++++	++	3.5
Resina poli vinílica	++++	++++	+++++	++	++++	3.75
Aglomerado	++++	+++	+++++	++	+++++	3.85
Hormigón	++++	+++	+	+++++	+++++	3.85

FP: factor de ponderacion

De acuerdo a la información de la matriz de selección y una vez analizadas las alternativas disponibles para la fabricación de las presas en diversos tipos de materiales, se ha procedido a seleccionar como materia prima base a un polímero termoestable de propiedades mecánicas, procesabilidad y precio adecuado; este polímero conocido como **resina poliéster** ha sido escogido como materia prima en función de los requerimientos antes mencionados y del precedente que existe en la fabricación de presas de escalada con el uso de este material. Es también el complemento ideal para un sistema de moldeo por contacto en silicona añadiendo además la capacidad de

adición de cargas y coloreado de la mezcla. Normalmente se conoce este material como uno de los plásticos termofijos de mayor aceptación en el mercado debido a sus excelentes propiedades entre las cuales tenemos:

1. Alta resistencia a la tensión
2. Biológicamente inerte
3. Excelente resistencia a la corrosión y a una gran cantidad de agentes químicos
4. Gran estabilidad dimensional
5. Baja conductividad térmica
6. Alta resistencia a la temperatura
7. Gran resistencia al impacto, compresión y flexión

La resina poliéster representa aproximadamente un 88 % del total de los materiales termoestables que se utilizan en el mercado norteamericano y deben su popularidad a: su facilidad de manejo, excelentes propiedades al curado, y sobre todo el hecho que son las resinas de menor costo añadido disponibles, esto en cuanto al sistema de moldeo que se requiere, que en el caso de moldeo por contacto o por colada es bastante accesible.

Es importante remarcar que existen dos tipos de resina poliéster: ortho e iso, estos dependen de la naturaleza del ácido insaturado de poliéster. Las resinas conocidas como orthoftálicas son las mas comunes y de menor costo mientras que las resinas isoftálicas son ligeramente mas costosas ( 5 – 10 % ) y se aplican mayormente como recubrimientos superficiales. En el medio industrial nacional encontramos que las resinas orthoftálicas son las mas comunes y su utilización abarca varios medios industriales entre los que podemos encontrar: automotriz, alimenticio, químico, y otros. esto es principalmente por la facilidad que resulta su consecución y el costo reducido al que están disponibles.

## **2.2 ESTRUCTURA Y PROPIEDADES**

El termino resina poliéster es usado para describir un tipo de material polímero. El tipo mas común consiste en un ácido insaturado o Anhídridos y uno o mas glicoles, y entre los monómeros que sirven para diluir el mas utilizado es el estireno. A las resinas poliéster se las subdivide en dos tipos : Ortho e Iso.

El proceso de polimerización de la resina poliéster obedece a la reticulación de las cadenas moleculares, mediante la adición de estireno se entrelaza las cadenas del polímero formando una red tridimensional muy compleja, es en este punto en que el material ha fraguado o curado, la polimerización o reticulación es un proceso irreversible lo cual ubica a este polímero dentro de los termoestables, es decir su estado es irreversible. Entre los ingredientes de la resina poliéster disponible en el mercado local encontramos los más importantes e imprescindibles:

- *Ácidos insaturados:* encontrando entre ellos al Anhídrido maleico y posteriormente al ácido fumarico que son los que proveen de medio a la curación.
- *Ácidos Saturados y/o Anhídridos:* tal como el anhídrido phtálico el cual es de bajo costo, durable y mantiene un buen balance entre las propiedades que brinda.
- *Glicoles:* Entre los cuales el más usual es el propileno glicol el cual asegura un buen balance de propiedades a un costo razonable.

Estos constituyen los ingredientes de la resina en si, sin embargo para la curación completa se requiere una copolimerización de los radicales libres del ácido fumarico o maleico con un monómero que resulta ser el estireno. Esta reacción produce un polímero en el cual las cadenas de poliéster están unidas al estireno ( u otro reactivo diluyente). La reacción de curado es iniciada por un radical libre que usualmente es un peroxido orgánico cuya función es proveer radicales a elevada temperatura proveniente de la descomposición termal del peróxido, acelerada o promovida intencionalmente.

El monómero en el que esta diluida la resina cumple con la función de disolvente para dar a la resina una viscosidad baja lo cual es útil en el aspecto aplicativo, sobre todo sobre fibras o telas de fibra de vidrio. Cumple además la función de cópolimerizar con el enlace en la reacción de curación, existen mucho monómeros que cumplen con este fin , sin embargo el mas ampliamente usado y en especial con resina poliéster es el Estireno, representando aproximadamente un 80 % del total usado con resina poliéster.

Después de la adición del iniciador (peroxido) se inicia un periodo de inducción en el cual el inhibidor es consumido y tras el cual se inicia una gelificación de la mezcla y una reacción exotérmica extensa.

Entre las características y cualidades de la resina poliéster insaturada encontramos su gran aplicación en el moldeo por contacto y por colada, su capacidad de curar rápida y satisfactoriamente a temperatura ambiente, esto es posible en cierta forma gracias a la descomposición del normalmente estable peroxido. El peroxido mas usual es methiletil Ketona Peroxido (MEKP), el cual es termalmente estable incluso a temperaturas de 100°C por periodos de hasta 15 horas, sin embargo ante la presencia de iones de metales de transición, tales como el naftato de cobalto el cual suele ser añadido en una proporción de 0.01 %, el peroxido reacciona de la manera antes descrita. Es usual que la resina sea “preacelerada “con el naftato de cobalto para que luego esta sea curada por el MEKP añadido a una razón del 1 %. Para una resina poliéster en general el tiempo de gel que determina el límite para trabajar depende del nivel de iniciador, nivel de acelerador, presencia de otro acelerador y la temperatura ambiente. En la practica una gran porción de las resinas poliéster vienen pre -aceleradas, lo cual significa que el fabricante ha añadido todo lo necesario para curar a la resina, excepto el iniciador, en estos casos el nivel de iniciador y las condiciones atmosféricas determinan el tiempo de gel. El método usual de monitoreo de curación de poliésteres es el de dureza dependiendo del tipo de resina, refuerzos, cargas y ambiente de post curado la dureza final.

Las propiedades de la resina una vez curada pueden variar de acuerdo a su carga tanto por su proporción como por la granulometría de la misma. A continuación vemos un cuadro de las propiedades típicas de la resina poliéster sin carga.

**Tabla 2.2** Propiedades Típicas de la resina de poliéster vaciada sin carga

<i>Peso específico</i>	1.28
<i>Dureza, Rockwell escala M</i>	110
<i>Dureza Barcol</i>	50
<i>Resistencia a la tracción</i>	55 MN/m <sup>2</sup>

<i>Resistencia a la compresión.</i>	140 MN/m <sup>2</sup>
<i>Resistencia al impacto, Izod</i>	2 KJ/m <sup>2</sup>
<i>Modulo de Young</i>	3.5 GN/m <sup>2</sup>
<i>Alargamiento a la rotura</i>	2 %
<i>Coefficiente de fricción estática</i>	0.26

Fuente: Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales; William F. Smith; Mc Graw Hill

Los datos anteriores son referenciales para resina poliéster sin carga, no representan los valores finales requeridos, es mas los superan ampliamente, ya que en el presente proyecto se hará uso de una mezcla de resina poliéster con una carga mineral de sílice o carbonato de calcio, esto en virtud de las ventajas económicas y funcionales que esto representa al disminuir la cantidad de resina que se requiere. Los valores óptimos de proporciones de carga que se añade por cantidad de resina se hallan detallados mas adelante y vienen dados en función del tipo de carga y su capacidad de homogenizarse y mantener una fluidez que permita un correcto moldeado y fraguado de las piezas en los moldes.

## 2.3 MANEJO Y PROCESAMIENTO

El material que se pretende utilizar como materia prima de las presas de escalada son las resinas poliéster liquidas, estas son inestables, y al cabo de años o meses de estar almacenadas acaban coagulándose formando un gel gomoso inutilizable esto sucede incluso a la temperatura ambiente normal ( 18°C -28 °C). Para producir un objeto moldeado, una resina poliéster tiene que fraguar, que es el proceso normal de gelificación o coagulación y el de endurecimiento. Hay varios factores que permiten “fraguar” a la resina poliéster, puede ser mediante el uso de un catalizador y calor, o a la temperatura normal de trabajo empleando un catalizador y un agente acelerante. Los catalizadores para las resinas poliéster son generalmente peróxidos orgánicos cuya inestabilidad químicas los hace susceptibles de descomponerse violentamente. Entre los *catalizadores* mas utilizados tenemos el metil etil cetona peroxido anteriormente mencionado .o llamado también Mek peroxido. El peroxido de metil cetona esta disponible en una solución al 50 % en dimetil ftalato, El *acelerador* mas común es el

ya mencionado octoato de Cobalto, especialmente si se usa MEK como catalizador. Se debe poner atención a lo siguiente: ***Catalizadores y aceleradores no deben mezclarse nunca directamente el uno con el otro ya que la reacción puede ser explosiva.***

Si se utiliza una resina preacelerada esta solo requiere la adición de un catalizador para que inicie la reacción de fraguado a la temperatura ambiente. Esto es idóneo para producciones en cantidad bajo condiciones de trabajo controladas.

El curado de una resina comienza en cuanto es añadido un catalizador adecuado, es la actividad del catalizador y de la resina la que determina la velocidad de la reacción, sin la adición de un acelerador, calor o rayos ultra violeta la reacción requiere demasiado tiempo para fines prácticos, por lo cual es necesario acelerarla, la cantidad de acelerador que se añade determina el tiempo que tarda en melificarse la resina y la velocidad de endurecimiento.

La reacción de curado es exotérmica, llegando a los 150 °c en un vaciado sin carga, lo que justifica el uso de la silicona blanca para alta temperatura como material de los moldes

Existen tres fases bien diferenciadas en la reacción de curado:

- *Tiempo de gelificación:* Es el tiempo que transcurre desde la adición del acelerador hasta que la resina cuaja formando un gel blando.
- *Tiempo de endurecimiento:* Es el tiempo que transcurre desde que fragua la resina hasta el punto en que esta lo bastante dura para que el objeto moldeado pueda retirarse.
- *Tiempo de maduración:* Este tiempo puede ser de horas, varios días o hasta semanas, dependiendo de la resina y del sistema de curado, y es el tiempo que tarda el objeto en adquirir su plena dureza, resistencia química, mecánica y su completa estabilidad. La maduración puede tener lugar a la temperatura del cuarto de trabajo o puede ser acelerada mediante Postcurado.

Es recomendable dejar madurar al objeto a temperatura del cuarto de trabajo , especialmente si la temperatura de post curado es superior a 50 °c.

Las propiedades de la resina mejoran mediante el post curado, sin embargo defectos tales como resina subcurada y a la vez una baja cantidad de catalizador no permiten la obtención de una cura completa de la resina.

El tiempo de gel o tiempo en el cual es posible la manipulación de la resina y la temperatura de la misma no varia, es dependiente de la cantidad de acelerador que se añada ala mezcla y no de la cantidad de catalizador. El grado de curado se controla usualmente con la dureza Barcol, cuanto mayor es la dureza mas avanzado el curado, de tal manera el desmoldeo solo debe hacerse cuando el grado de dureza sea el adecuado , que para resina poliéster sin carga es aproximadamente 15.

Un curado completo, técnicamente hablando no se logra, pero puede lograrse resultados óptimos dejando la resina durante dos o tres días antes de desmoldar. A continuación hacemos un breve recuento de los factores que influyen en el tiempo de gelificación y por ende en el estado final del curado.

- Contenido de catalizador: Cuanto menos catalizador se utilice mas tiempo tardará la resina en solidificarse. El uso de insuficiente catalizador conduce a que los objetos moldeados salgan insuficientemente curados.
- Contenido de acelerador: Cuanto menos acelerador se emplee mas tarda en solidificar la resina. Cuando hay insuficiente acelerador para activar el catalizador, la resina puede quedar sin curarse o puede endurecer con demasiada lentitud.
- Temperatura ambiente: Cuanto menor sea la temperatura, mayor es el tiempo que tarda en solidificarse la resina, el curado a menos de 15 ° c puede dar lugar a que quede insuficientemente curada.
- Volumen de resina: Cuanto mayor sea el volumen de la resina, mayor es el tiempo de gelificación.
- Perdida de monómero por evaporación: Es imprescindible tener suficiente monómero en la resina para que se produzca una polimerización adecuada.
- Elección de cargas: la mayoría de las cargas prolongan el tiempo de gelificación.
- Contenido de pigmentos: algunos pigmentos prolongan el tiempo de gelificación, mientras que otros lo acortan, su uso debe constatarse previamente.
- Demora entre adición de catalizador y acelerador: Cuanto mas tiempo se haya tenido guardada la resina acelerada, menor es el tiempo de gelificación.

- Presencia de inhibidores: La presencia de estos compuestos así sea en pequeñas trazas contamina la reacción de polimerización e impiden que cure del todo el plástico.

Las cargas minerales que se pueden añadir a la resina son muchas, sin encontramos el uso reiterado del carbonato de calcio en bruto o tratado, o el uso del sílice e inclusive del aserrín, Sin embargo **no es recomendable superar un 25% del peso de la resina** con cargas minerales en la mezcla y se debe observar que el ph del agregado no sea superior a 8.5

Todos los componentes que están en la composición deben dispersarse bien en la resina ya que una mezcla inadecuada puede conducir a la obtención de artículos defectuosos. El orden de mezcla del catalizador y acelerador depende de la aplicación en particular y del sistema de curado que se emplee.

Al homogenizar la resina y la carga se deben minimizar la formación de burbujas y si se utilizan cargas de diferente tamaño o partícula es recomendable agregar los más finos primeramente, así estos se humectarán mejor y luego se agrega el catalizador, por ultimo se agregan las cargas gruesas. En el caso de un solo relleno debe seguirse el procedimiento básico.

## **2.4 CONSIDERACIONES**

A continuación se hace un recuento de los aspectos mas relevantes en lo que a la materia prima de las presas se refiere:

### **2.4.1 CONSIDERACIONES FUNCIONALES**

El producto final debe cumplir con ciertos parámetros de resistencia, ergonomía, durabilidad, textura y otros aspectos que engloba la funcionalidad del mismo. Los parámetros anteriores son función en gran medida del material que se utiliza para la fabricación así como del molde en el que son fabricadas. La optima proporción de materiales y un proceso de moldeo limpio y eficaz son la base para el mejor aprovechamiento del material y la obtención de los estándares requeridos. Así mismo es preferible el uso de luz difusa para iluminar las áreas de trabajo, ya que la luz solar directa y la luz fluorescente o de neón pueden causar un gelado prematuro. Además se

debe tomar en cuenta que ciertas resinas poliéster pueden contener aditivos que sean tóxicos y al ser cortadas o pulimentadas se debe tener especial cuidado en la inhalación del polvo y residuos producidos mediante el uso de mascarillas y ventilación adecuada, lo mismo se aplica a la inhalación de vapores nocivos.

#### **2.4.2 CONSIDERACIONES DE FABRICACION**

El uso de la resina poliéster implica ciertas precauciones que se deben tomar y ciertas condiciones de trabajo que optimizan los resultados, así: el medio de trabajo no debe ser húmedo y deberá estar adecuadamente ventilado. Conviene que haya un lugar fresco y alejado del sitio de trabajo, si se desea almacenar la resina y los agentes de curado, se debe hacerlo a una temperatura entre 15 ° c y 25 ° c. y en envases que no permitan el paso de la luz, en estas condiciones las resinas se conservan mínimo tres meses. Todos los trabajos de mezcla de resinas es mejor que se realicen en una sección especial del taller, es preciso el uso de balanzas exactas y mezcladores que deben conservarse lo mas limpios posibles. Es posible el uso de agentes desmoldantes y limpiadores para garantizar los mejores resultados, estos usualmente son disolventes de gran poder y exigen gran cuidado en su manipulación, entre ellos la mejor opción tanto para limpieza como para disolución es la **acetona**. Dadas las condiciones viscosas de la resina poliéster y su prolongada reacción de curado y solidificación es preciso garantizar que al momento de colar la resina se minimice la presencia de burbujas en la mezcla para así evitar fallas en los productos. Dentro de este apartado es importante hacer hincapié en cuanto al sistema de moldeo se refiere. Una vez definidas a la resina poliéster con cargas minerales como materia prima de las presas y la complejidad de la gamma de volúmenes a fabricarse, *las alternativas en cuanto a la metodología de trabajo se reducen a una sola opción: El moldeo por contacto*, para lo cual el material mas ampliamente usado y de reconocido performance es la **silicona blanca RTV**, específicamente la marca **RHODORSIL** de origen francés y de la cual se adjunta tanto sus hojas técnicas como de manipulación en los anexos respectivos.

#### **2.4.3 CONSIDERACIONES ECONOMICAS**

Al haber varios elementos que intervienen en la fabricación de las presas de escalada es importante recalcar aquellos en los que el factor económico es relevante dentro del

proceso. La resina poliéster es un material que dadas sus características y manejo implica un desperdicio, el cual debe ser asumido por lote. Así mismo el uso de insumos y productos de limpieza, lubricación y reparación representa un rubro importante que debe ser tomado en cuenta al hacer el análisis de costos respectivo. Es importante además destacar que el uso de cargas puede abaratar el costo de producir las presas, sin embargo no se debe olvidar que su uso excesivo va en desmedro de las propiedades mecánicas requeridas. Para esto se debe procurar hallar una relación de composición que balancee las características técnicas requeridas con bajos costos de producción.

## **CAPITULO 3**

### **INGENIERÍA**

#### **3.1 INGENIERÍA BÁSICA**

Esta comprende los aspectos que se hallan involucrados en el proyecto en su parte medular. Así, la definición de los parámetros principales del proyecto y la descripción del proceso de construcción de los moldes tanto como de la manufactura de presas se cubre a continuación, así como los aspectos técnicos mas relevantes en cuanto a la ingeniería básica se refiere; las definiciones estrictas de ciertas variables se han dado en función de concretar algunos aspectos críticos del proyecto entre los que se encuentran las variables básicas del proyecto y los elementos que forman parte del mismo.

##### **3.1.1 DESCRIPCION DEL PROCESO**

La fabricación de presas de escalada es un proceso de moldeo por contacto en matrices de silicona blanca (elastómero), estos moldes cuyas formas o volúmenes se han generado previamente de manera manual en prototipos de espuma de poliuretano y han sido la base para el desarrollo de las matrices en las que se vierten los componentes de las piezas a fabricar, son los que dan la forma final a la mezcla de resina poliéster catalizada, coloreada y aditivada con cargas minerales. Estos moldes han sido contemplados para un uso continuo y repetitivo para cierto número de reproducciones que determinan la vida útil del sistema de moldeo. Tomando en cuenta lo anterior resulta evidente que entre los elementos primordiales que intervienen en el presente

proyecto se encuentra el sistema de fabricación en sí, este a su vez implica cierta infraestructura que incluye prototipos, moldes, contramoldes, repisas, sistemas de mezcla, etc. Así como involucra una serie de procesos, subprocesos y actividades y metodologías dependientes o independientes entre sí, sin embargo con la finalidad de facilitar la documentación del proyecto estos podrían ser divididos en dos grandes áreas para facilitar el análisis de los mismos, siendo estos:

- Sistema de fabricación (moldes)
- Manufactura de presas

A continuación se analizan distintos parámetros enfocados hacia cada área, para en base a estos definir algunas variables del proyecto tales como: Capacidad de producción, Requerimientos, Costos estimados y otras.

Entre los principales delineamientos que tiene el proyecto está el de generar un sistema de fabricación en el cual la mano de obra y los requerimientos de la misma a lo largo del proceso sean cubiertos por la *mínima mano de obra necesaria*, lo cual implica un diseño tal que facilite y permita que todos los procesos y actividades puedan ser realizados prácticamente por **un solo operario** y cuyos conocimientos en el área de materiales o diseño de moldes y/o materiales compuestos sean suficientes para completar tanto el proceso de fabricación de moldes como el de fabricación de presas. Otra consideración en cuanto a la parte constitutiva del sistema es la orientación del diseño hacia un sistema de moldes “ligeros” o “transportables”, esto es con el objeto de facilitar su movilización de acuerdo a las necesidades y variaciones del mercado o del medio de producción, esto acarrea la consecuente minimización de peso y fragilidad del sistema de fabricación, ya que el mismo debe contar con la versatilidad que permita hacer uso del mismo en un amplia gama de lugares y bajo un sinnúmero de condiciones. El desarrollo y mejoramiento de la materia prima y de los procesos en general debe conducir a un producto de excelente calidad y gran confiabilidad.

### **3.1.1.1 Sistema de fabricación**

Una vez que se han definido los materiales y la materia prima para el sistema de fabricación en base a las consideraciones involucradas en el proyecto es posible definir ciertos aspectos básicos que serán la base para el desarrollo del sistema de moldes.

La fabricación de moldes flexibles en caucho de silicona para a su vez usar estos para fabricar piezas de resina poliéster es parte medular del presente proyecto, de tal manera el primer paso es la creación del medio de producción, que consta en este caso de un **juego de 20 moldes para diferentes “presas” o volúmenes** cuyo diseño obedece a las consideraciones definidas en el capítulo anterior, para esto es indispensable partir de un modelo original o prototipo, el cual debe poseer todos los detalles y características que se pretende reproducir, así, para el presente proyecto los patrones o prototipos que se quiere reproducir han sido desarrollados con espuma de poliuretano expandido, conocida en el mercado también como espuma oasis la cual ha sido modelada manualmente y utilizando taladros de mano de acuerdo a las consideraciones funcionales, técnicas y ergonómicas antes mencionadas para obtener volúmenes ergonómicamente aceptables, funcionales y cuyos acabados cumplan con los requerimientos previamente planteados en este proyecto.



**Fig. 3.1** Espuma oasis o estirofoam

Existen múltiples alternativas en cuanto a la fabricación de moldes se refiere, las mismas que son dependientes del prototipo que se desea reproducir, sin embargo la manipulación de la silicona es en la mayoría de los casos un proceso constante en el

cual se procura optimizar la cantidad de material mediante la preparación de porciones pequeñas ( 150 cc.) y de tal manera aprovechar lo mas ampliamente posible la etapa de máxima fluidez de la silicona y así obtener un mejor esparcido de la misma sobre el modelo original.

La silicona blanca para moldes viene usualmente en dos presentaciones: porciones de un kilo con su catalizador adjunto en pequeñas botellas, o en envases de 25 kilogramos con su catalizador respectivo en un envase aparte, y es muy importante notar que la cantidad de catalizador que se adjunta en cada caso corresponde a la mínima proporción necesaria para la silicona suministrada, tanto para la presentación de 1 kilo como los 25 kilos, por lo que la adición de catalizador en cada ocasión debe ser estrictamente medida mediante una probeta graduada en centímetros cúbicos.



**Fig. 3.2 Silicona y catalizador en presentación comercial**

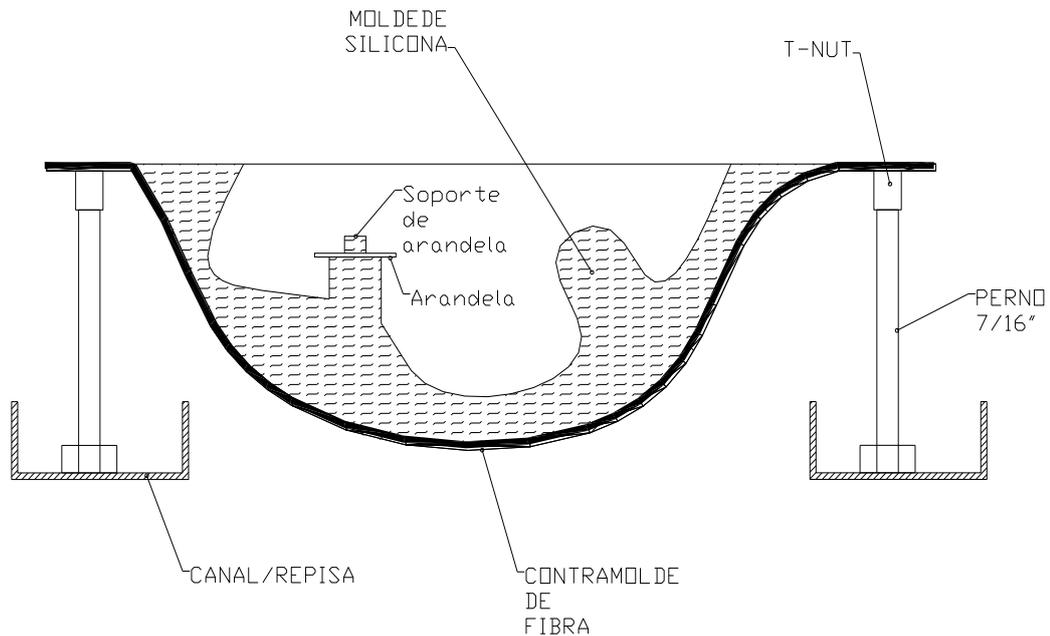
Es importante destacar que para la aplicación de la silicona en superficies donde se podría escurrir la silicona se procura que la misma esté en un estado tixotrópico mas elevado, para lo cual es conveniente esperar de 20 a 35 minutos después de la adición del catalizador para iniciar la aplicación de la silicona, de tal manera es mas fácil la

adhesión de la misma a las superficies y su capacidad para mantener forma y posición mejora también por el aumento de su gelificación en ese estado. Una minuciosa búsqueda de imperfecciones y su reparación asegurará una prolongada vida útil y mejor desempeño.

Los moldes de silicona son también la base para el **contramolde** el cual aparte de fungir como receptáculo es también la estructura final sobre la que descansa el molde durante el colado de las presas, por lo que su estabilidad y solidez se asegura con el uso de un sistema de soporte que consta de tres componentes esenciales:

- Piel de fibra de vidrio ( Resina o Masilla plástica): Se cubre al molde de una “piel” de fibra de vidrio empapada de resina poliéster o de masilla plástica hasta obtener un receptáculo que cubra al molde en su totalidad y que posteriormente permita la fácil extracción del molde, además se debe considerar que el área final de los contramoldes alberga a los puntos destinados a la colocación de T-nuts, para lo cual se ha adoptado una distancia estándar entre t-nuts entre un rango de 14 a 15 cm. La finalidad de la “piel” o receptáculo es la de servir tanto como un soporte para el molde así como de rigidizador del mismo en el momento de la colada, ya que ya que si no existiese el mismo sería muy complicado verter la resina en los moldes sin evitar que esta se regase o desperdiciase.
- T-nuts: estas se preparan previamente retirando las puntas metálicas y asperezas que interfieran en la instalación, se colocan en los agujeros de 7/16” de diámetro que se practican en las marcas hechas previamente, mediante el uso de pegamento epóxico de alta resistencia se adhieren las t-nuts al contramolde procurando que la orientación de la t-nuts sea horizontal respecto al molde en su posición de operación.
- Pernos: al ser la t-nuts para ser usadas con pernos 3/8” el diámetro queda automáticamente definido, sin embargo en cuanto a su longitud se considerará la altura de la presa desde sus base para asegurar que los puntos de contacto del molde en la riel de colado sean las cabezas de los pernos y no alguna parte del cuerpo del contramolde lo cual evitaría una correcta nivelación del molde. A continuación se puede observar un corte lateral del sistema de

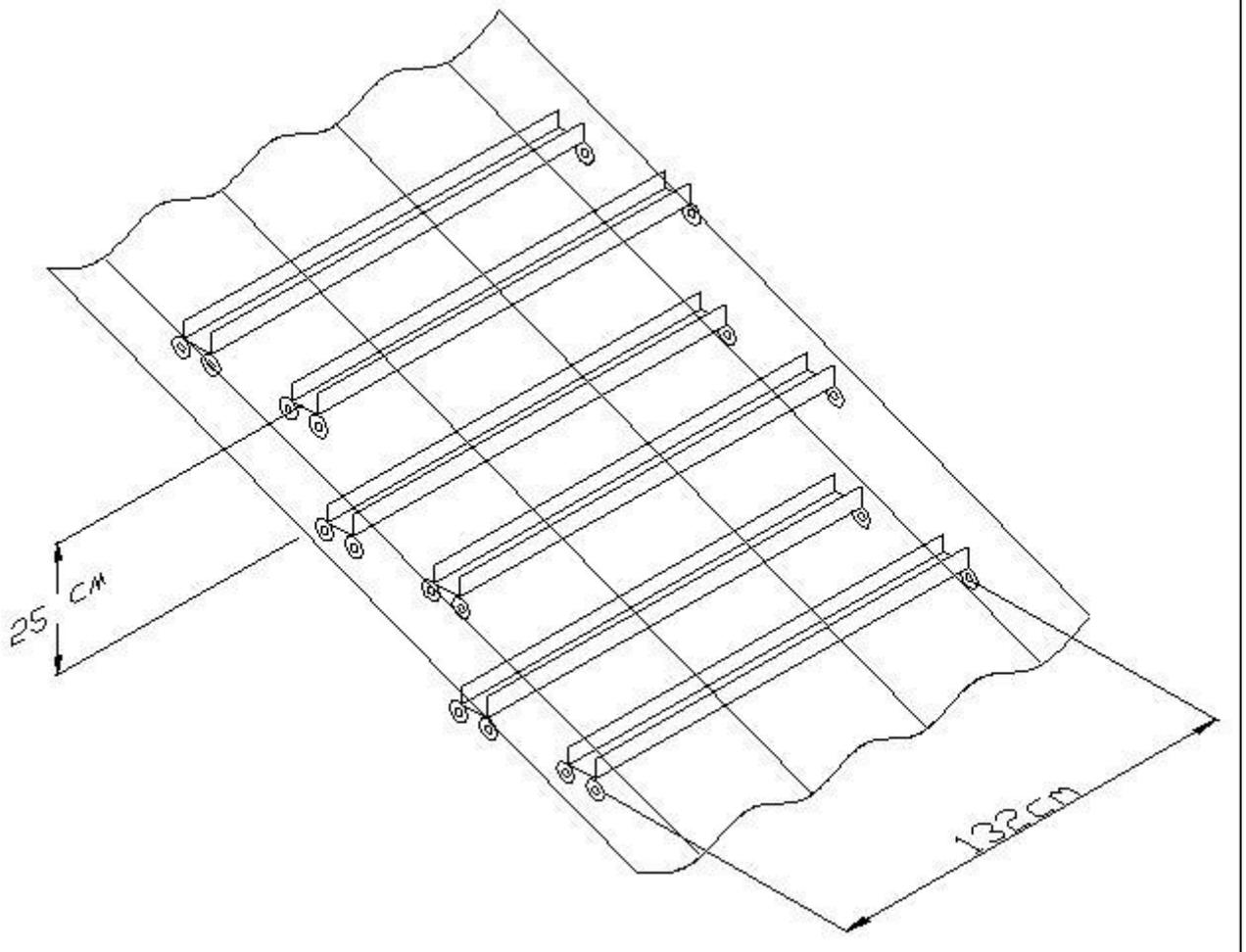
molde/contramolde ubicado en el sistema de repisas con su respectivo sistema de regulación y nivelación.



**Fig. 3.3 Corte lateral de sistema de moldeo**

Cuando el conjunto contramolde/molde está finalizado se puede proceder a una revisión final en búsqueda de pequeñas imperfecciones en la parte interior del molde y si las hubiere se procura minimizarlas o repararlas en su totalidad mediante el uso de silicona roja cuya densidad y adherencia la convierten en la mejor alternativa para tal efecto, sin embargo es posible también realizar arreglos y correcciones utilizando silicona blanca, para lo cual se puede variar la proporción de catalización, lo cual permite una manipulación mas amplia del estado tixotrópico de la silicona y por lo tanto reducir su escurrimiento de acuerdo a la necesidad. Es importante considerar que en el caso de volúmenes cuya forma conduzca a moldes cuya auto concavidad dificultan su extracción se hace necesario realizar cortes en el mismo para facilitar la extracción de las piezas fundidas, esto se realiza en la sección mas consistente de la pared cuya apertura permita la extracción de la pieza y la colocación del molde en su posición original, esto sin afectar la calidad superficial del interior o su forma geométrica. Tal y como se ha concebido el sistema de fabricación, este incluye además *las repisas de colado*, estas son los soportes donde se apoyan los moldes mediante los pernos sujetos a las T-nuts que han sido adheridos a los contramoldes. El sistema de repisas consta además de una cubierta de PVC traslucido desmontable que evita que haya una excesiva

perdida de monómero por evaporación y aísla a los moldes de la humedad, esta ayuda también a mantener una temperatura óptima de curado. Se puede observar además que se han soldado a las canales arandelas, mediante las cuales se sostendrán las repisas utilizando pernos que serán anclados a las paredes laterales del emplazamiento de la zona de colado.

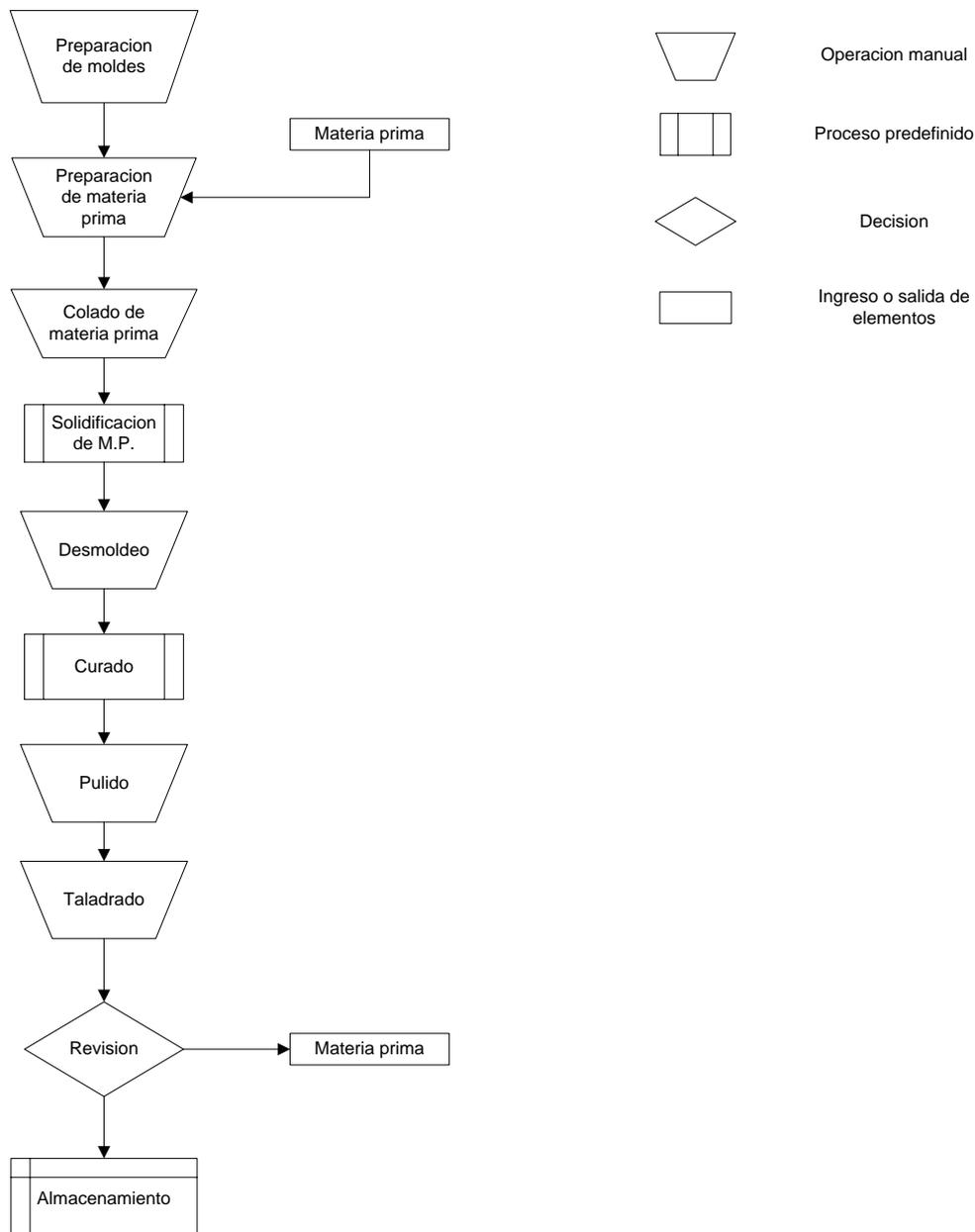


**Fig. 3.4** Repisas y cubierta

La cubierta de PVC es completamente desmontable para facilitar el vertido de la resina en los moldes y las repisas son barnizadas con pintura anticorrosiva para evitar la presencia de óxido en el sistema. Así mismo al momento de instalar las repisas se procura hacerlo de la manera más horizontal posible, esto para minimizar la necesidad de regulación de nivel y que el rango de nivelación sea suficiente para cada molde.

### 3.1.1.2 Manufactura de presas

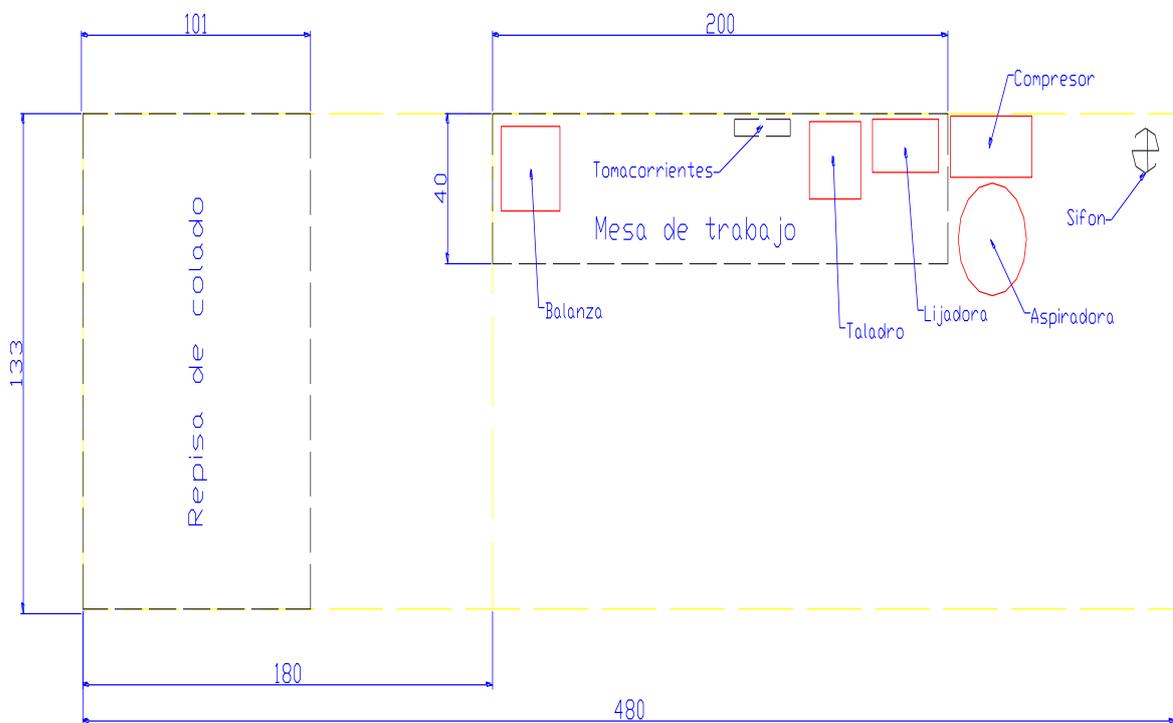
Una vez existente el medio de producción, que en este caso corresponde al juego de moldes de silicona con sus respectivos contramoldes y el sistema de repisas de colado, es posible proceder a desarrollar el proceso de manufactura de presas, que incluye tanto: preparación de materiales, metodología de mezcla, proporciones, homogenización, colado, curado, acabados, limpieza, etc. Todos estos aglomerados en distintos procesos y operaciones que se pueden entender mejor mediante el siguiente diagrama.



**Fig. 3.5 Diagrama de flujo de procesos**

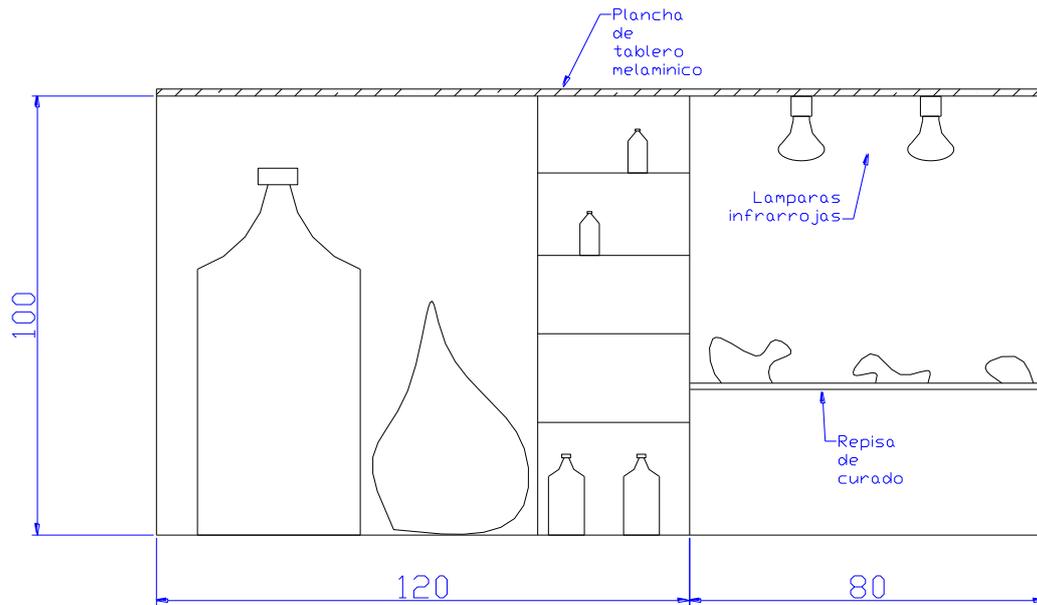
Lo anterior ha sido planteado en base al hecho de que se utilizará un sistema de moldeado por contacto para lotes de **20 piezas por colada**, lo cual implica el manejo de un volumen de materia prima que ubica al presente proyecto dentro de la categoría de **taller**. Es importante que el proceso sea concebido de tal manera que sea posible aglomerar las funciones en **un solo operador**, sin dejar de realizar las tareas en un tiempo óptimo y con la mayor eficiencia y calidad posible. Para esto la distribución de taller debe ser pensada objetivamente y procurando que el transporte y manipulación de la materia prima sea tanto cómodo como práctico.

De acuerdo a la disponibilidad de espacio y en función de los aspectos anteriormente detallados se propone una distribución de taller tal y como sigue:



**Fig. 3.6 Distribución de taller**

La mesa de trabajo se compone de un anaquel de aproximadamente 1 metro de altura, cubierto por una plancha de tablero melamínico. El anaquel se halla dividido en dos secciones, la una destinada al almacenamiento de materia prima y el otro a la repisa de curado en la que se adecuará las lámparas infrarrojas. Se halla cubierto lateralmente por planchas de madera triples de 8mm. de espesor, y sus puertas se deslizan en rieles localizadas en la base y tope superior. A continuación se puede observar un esquema.



**Fig. 3.7** Mesa de trabajo

### 3.1.2 CAPACIDAD DE PRODUCCION

La capacidad de producción que persigue el presente proyecto debe ser analizada desde perspectivas diferentes: variedad, volumen y cantidad.

En cuanto a la variedad de presas a fabricar en el presente proyecto, se cuenta con 20 diferentes modelos de presas de diferentes tamaños agrupadas en 11 moldes y que constituyen toda la gamma de presas o volúmenes a fabricarse, sin embargo al hablar de la capacidad de producción, se debe reconocer que esta viene de acuerdo al volumen de materia prima procesable por espacio de tiempo en los moldes en su totalidad, es decir desde que se inicia la preparación y mezclado de la materia prima hasta que esta ha sido moldeada y ha fraguado suficientemente como para ser retirada de los moldes y sometida al proceso de postcurado. Los tiempos de solidificación y curado son dependientes de varios factores entre ellos las cantidades de acelerador y catalizador que se añadan a las mezclas, temperatura y humedad atmosférica así como de las proporciones de cargas y sus composiciones, sin embargo en función de los valores obtenidos de las hojas técnicas de los productos utilizados se puede especular que la cifra total de producción bordearía aproximadamente las 200 presas semanales ( bajo una producción continua), sin embargo dadas las características del mercado y la condición de *microempresa* que define este proyecto, la producción no requiere ser

intensiva, para lo cual es importante definir el termino “lote“ ya que en base al mismo se basa la producción de presas de escalada, de tal manera **un lote de presas es un juego de 20 piezas de resina poliéster** fundidas en el juego de moldes que se ha fabricado en el presente proyecto y es en función del mismo que se debe definir los requerimientos de la fabricación de los moldes y de la producción de presas. El monto total de materia prima, aditivos, cargas, y otros componentes para la iniciación del proyecto se detallan en la siguiente sección considerando una etapa de fabricación inicial basada en la demanda definida anteriormente. El volumen de materia prima por lote sus proporciones y consideraciones se definen y detallan en el apartado 3.2.2.1 correspondiente a cantidades y proporciones de la fabricación de presas. En este se definen los montos por lote de cada componente del proceso de manufactura de presas, lo cual permite hacer una idea del volumen de materia prima que se podría procesar en el presente proyecto.

### **3.1.3 REQUERIMIENTOS**

Para la elaboración del juego de moldes y contramoldes así como para la fabricación es necesaria la adquisición de ciertos materiales, equipos y herramientas. Tanto la materia prima necesaria para la manufactura de prueba, la fabricación piloto y los materiales que intervienen en la construcción del sistema de moldes, son detallados en los apartados siguientes mediante el uso de tablas en las que se enumera tanto la unidad, cantidad, costo por unidad, costo total y proveedor, esto para el caso de los materiales y la materia prima. En el caso de las herramientas y equipo se ha recurrido de igual manera al uso de tablas para describir y enumerar de mejor manera los implementos utilizados. Todo esto con el fin de facilitar el cálculo de los costos estimados del proyecto. Para el caso de la mano de obra esta se cuantifica tomando en cuenta un set de presas como unidad de medida, y considerando que el presente proyecto ha sido concebido bajo la premisa de que tanto la construcción del sistema de fabricación, así como la manufactura de presas requieren de un solo operador para su diseño, construcción y ejecución.

#### **3.1.3.1 Materiales y materia prima**

A continuación se presenta la tabla donde se ha considerado los materiales y materia prima tanto para el sistema de moldes como para la fabricación piloto, sus cantidades, costos y proveedor.

**Tabla 3.1** Materiales

<i>Material</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cant.</i>	<i>Costo/unidad</i>	<i>Costo total</i>	<i>Proveedor</i>
Espuma Oasis	bloque	15	0,8	12	M. Santa Clara
Madera balsa	lamina	5	1,5	7,5	J. Marcet
Plastilina/arcilla	kg	3	1,8	5,4	Alm. Artesanias
Cartuchos de silicona	12 unid	2	1,8	3,6	ACE
Silicona RTV	Kg	5	22,35	111,75	Casa del pintor
Silicona roja	Tubo	2	3,5	7	ACE
Colorantes	frasco	10	1,45	14,5	Casa del pintor
Pegamento rápido	tubo	2	2,13	4,26	J. Marcet
Pegamento polivinilico	galón	1	3,5	3,5	Casa del pintor
Tnuts	tnut	50	0,08	4	Monodedo
Masilla plástica	kg	4	3,92	15,68	Casa del pintor
Fibra de vidrio	rollo	3	4,5	13,5	ACE
Resina poliéster	kg	10	2,88	28,8	Casa del pintor
Catalizador poliéster	120 cc	10	0,86	8,6	Casa del pintor
Cobalto (acelerador)	120 cc	10	1,87	18,7	Casa del pintor
Carbonato cálcico	Kg	20	0,36	7,2	Dist. Materiales
Cinta de embalaje	rollo	2	0,42	0,84	J. Marcet
Acetona	Litro	1	5	5	ACE
Redoxón liquido	ampolla	4	0,75	3	Farm. Inglesa
Cinta ploma	rollo	1	1,5	1,5	J. Marcet
Palillos de madera	paquete	1	1,54	1,54	J. Marcet
Silicona en spray	frasco	2	3,5	7	ACE
Plástico adhesivo.	rollo	1	3,25	3,25	Supermaxi
Papel aluminio	rollo	1	2,5	2,5	Supermaxi
Yeso odontológico	Kg	0,5	2,55	1,275	Dist. Materiales
Galón plástico reciclado	Unidad	5	0,25	1,25	Plaza arenas
Vasos desechables	paquete	2	0,45	0,9	Supermaxi
Guantes de látex	par	15	0,16	2,4	Casa del pintor
Papel de lija # 80	lamina	22	0,24	5,28	Casa del pintor
Taco fisher 5/16"	unidad	25	0,05	1,25	Dist. Materiales
Pernos 5/16"	unidad	24	0,07	1,68	Dist. Materiales
Arandelas 5/16	unidad	25	0,15	3,75	Dist. Materiales
correas C 2"	metro	2,7	2,42	6,534	Dist. Materiales
Perfil L 1x1	metro	3	0,75	2,25	Dist. Materiales
PVC traslucido	plancha	1	16	16	Dist. Materiales
Bisagras	Unidad	2	0,85	1,7	Dist. Materiales
<b>TOTAL</b>				<b>334,9</b>	

### 3.1.3.2 Herramientas y equipo

Las herramientas utilizadas constan en la siguiente tabla, y han sido parte tanto del proceso de fabricación de moldes como de manufactura de presas.

**Tabla 3.2** Herramientas

<i>Herramientas</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo/unidad</i>	<i>Costo</i>	<i>Observaciones</i>
Llave 3/8"	1	1,5	1,5	
Corta plumas	1	2,35	2,35	
Juego de cuchillas(10)	1	2,35	2,35	
Pincel	5	0,45	2,25	# 5, 1/2
Espátula	3	0,86	2,58	Diversos tamaños
Tijeras	1	1,2	1,2	
Escuadra metálica	1	2,35	2,35	
Desbastador 1/2"	1	0,85	0,85	
Fresa de 3/8"	1	3,27	3,27	
Avellanador 3/8"	1	4,23	4,23	
Prensas	4	1,25	5	Apertura max. 15cm.
Nivel de burbuja	1	2,8	2,8	
<b>TOTAL</b>			<b>30,73</b>	

Los equipos utilizados constan en la siguiente tabla, más cabe destacar que algunos de ellos intervinieron solo en el proceso de documentación.

**Tabla 3.3** Equipo

<i>Equipo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo</i>	<i>Observaciones</i>
Cámara digital	1	100	4,2 MP
Balanza electrónica	1	72	Capacidad máxima 4 kg
Taladro manual	1	55	Diámetro max. 3/8"
Pedestal para taladro	1	65	De acuerdo al taladro
Lijadora plana	1	55	De Banda
Pistola de silicona	1	7	
Compresor de aire	1	115	2 HP
Aspiradora	1	85	
Probeta graduada	1	6,5	150cc.
Gotero graduado	1	3,4	Graduado en centímetros cúbicos
Mascara protectora	1	4,45	Con filtros de carbón activado
Lentes protectores	1	1,8	
Lámpara infrarroja	2	13,5	120 v/ 250 w
<b>TOTAL</b>		<b>583,65</b>	

### 3.1.3.3 Mano de obra

La mano de obra que interviene a lo largo del proyecto ha sido cuantificada y valorada de acuerdo al mercado local, y forma parte de los requerimientos del proyecto. Ha sido dividida de acuerdo a tareas y diferenciada en varios tipos:

trabajo de taller, documentación, diseño, redacción y trámites burocráticos. Tal y como se especifico en las consideraciones de diseño el proyecto ha sido concebido para ser ejecutado por una sola persona tanto en sus fases de diseño, documentación, construcción como su ejecución.

**Tabla 3.4** Mano de obra

<i>Tarea</i>	<i># Horas</i>	<i>Costo/Hora</i>	<i>Costo</i>	<i>Observaciones</i>
Recopilación de información	45	0,75	33,75	Documentación
Desarrollo teórico	90	1,5	135	Redacción
Diseño de moldes	24	1,5	36	Diseño
Manufactura de moldes	240	4	960	Trabajo de taller
Diseño de Tecnología	30	1,5	45	Diseño
Desarrollo técnico	60	1,5	90	Redacción
Producción piloto	160	4	640	Trabajo de taller
			<b>Total</b>	<b>1940</b>

### 3.1.4 COSTOS ESTIMADOS

Los costos estimados del proyecto han sido basados principalmente en los requerimientos del mismo, a los cuales se han añadido otros parámetros que han intervenido a lo largo de la ejecución de las distintas etapas. Es en función del costo total estimado que depende el precio final del producto (presas de escalada), de tal manera que se pretende una recuperación total de la inversión a un plazo de 100 lotes de producción lo cual, añadido al precio de productos similares en el mercado definirá posteriormente el precio de venta final de cada set.

**Tabla 3.5** Costos estimados

<i>Parámetro</i>	<i>Costo</i>	<i>Observaciones</i>
Materiales/Materia prima	327	Definido previamente
Equipo	584	Definido previamente
Herramientas	31	Definido previamente
Mano de obra	1980	Definido previamente

Costos operacionales	1500	transporte, combustible y alquiler
Tramites	900	Derechos de tesis y otros valores
Imprevistos	100	
<b>Total</b>	<b>5389</b>	

## 3.2 INGENIERÍA DE DETALLE

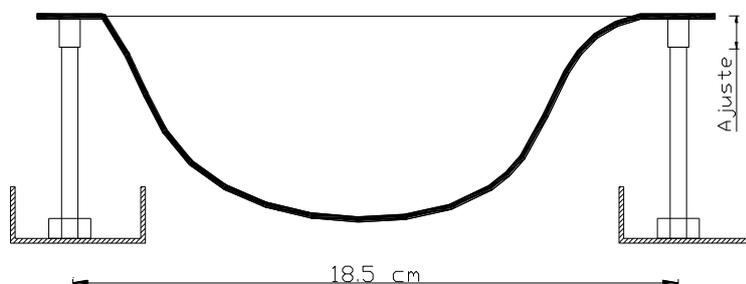
Los aspectos detallados de cada parte del proyecto, tales como la infraestructura y metodología que intervienen en cada proceso y actividades, así como el aspecto tecnológico que interviene en la fabricación de presas de escalada son descritas, detalladas y definidas a continuación, poniendo énfasis en los lineamientos que el diseño y construcción del sistema de moldes de silicona *para presas de escalada de resina poliéster con cargas minerales* requiere, tanto en la parte tecnológica como en la manufactura de las piezas. Se adjuntan además en el presente capítulo esquemas y fotografías tanto del sistema de moldes como del proceso de fabricación de los mismos, los pasos seguidos de acuerdo a la metodología anteriormente planteada y detalles o características especiales para el proceso en cuestión.

### 3.2.1 SISTEMA DE MOLDES

En base a la materia prima seleccionada para la fabricación de las presas (resina poliéster con cargas ) se determinó las diferentes alternativas con respecto a la construcción de los moldes, de tal manera y en función de los parámetros que se han fijado anteriormente, se ha seleccionado la silicona blanca para moldeo como materia prima de los moldes , fibra de vidrio con masilla automotriz o resina para los contramoldes y como refuerzos encontramos gasa o fibras sintéticas para los moldes y fibra de vidrio para los refuerzos. A continuación se hace un recuento detallado de los elementos, metodologías, consideraciones y otros aspectos que intervienen a lo largo de todo el proceso de fabricación de varios tipos de molde, los cuales engloban en cuanto a técnicas y metodologías a todos los modelos o volúmenes a fabricar en el presente proyecto.

Una vez analizadas las alternativas de silicona blanca para moldes disponibles en nuestro medio, se ha procedido a seleccionar la **Silicona blanca marca Rhodorsil**

**RTV 2 585/332** , por su conveniente relación performance/precio y la versatilidad en cuanto a la gamma de materiales que se pueden utilizar con este material, sus características técnicas superan los requerimientos definidos en los capítulos anteriores y su disponibilidad es permanente y cómoda ( Casa del pintor ) . Se ha incluido una hoja técnica del producto en el anexo respectivo. Es importante tomar en cuenta la metodología e infraestructura de la manufactura de presas para que los moldes y contramoldes sean 100% compatibles al procedimiento diseñado para tal efecto. De acuerdo a lo planeado se debe estandarizar el ancho de los contramoldes para que estos calcen en las rieles de colado las cuales requieren una distancia entre ellas de **18 cm. +- 0.5 cm**. Esto debe ser tomado en cuenta al preparar las matrices sobre las que se preparará los contramoldes y contempla varias opciones en función del número de presas que albergue cada contramolde. Sin embargo incluso para aquellas presas cuyas dimensiones sean superiores se deberá ajustar la distancia entre t-nuts de acuerdo a las dimensiones del contramolde necesario para que tal piezas se ajusten al sistema de colado. En función de los prototipos diseñados y de la magnitud del lote de producción (20 piezas), se ha previsto distribuir los moldes en repisas escalonadas, para lo cual se utiliza correas en C de 5 cm. de ancho por 132 cm. de largo ancladas a las paredes laterales y las cuales sirven para soportar los contramoldes, mediante los pernos que están a su vez enroscados en las T nuts las mismas que se hallan adheridas al contramolde y permiten su nivelación. De esta manera se tiene un rango lo suficientemente amplio para cubrir la distancia máxima y mínima entre los pernos considerándose la media de 18.5 cm. antes ya definida. A continuación se puede observar en el siguiente esquema el sistema de ajuste y nivelación de cada molde:



**Fig. 3.8 Sistema de ajuste y nivelación**

### 3.2.1.1 Patrones

Existe un principio básico en la fabricación de moldes sea cual fuere la aplicación, material o volumen a reproducirse, y este es que un buen modelo patrón o prototipo asegura un molde de gran precisión y calidad lo cual redundará en reproducciones de calidad y minimiza los costos por reparaciones y correcciones. Un diseño adecuado y con excelentes acabados revertirá a la postre su costo en la alta calidad de las reproducciones y en la ampliada vida útil del mismo molde. La gran versatilidad de la silicona blanca para moldeo nos permite explotar al máximo las posibilidades de texturas, formas, y geometrías en cuanto a los volúmenes que se pretende reproducir llegando a reproducirse detalles ínfimos y con gran fidelidad. De tal manera se ha procedido a elaborar diversos modelos patrones en **espuma de poliuretano expandida**, este material posee las características adecuadas tanto concernientes a su textura como a la facilidad de manipulación y formado. Su presentación es en bloques rectangulares los cuales pueden ser adheridos entre ellos para aumentar el tamaño del volumen según sea necesario. A continuación podemos ver la adhesión de bloques de estirofoam para el posterior formado del prototipo que servirá de base para el moldeo por capas con silicona blanca.



**Fig. 3.9 Adhesión de bloques de estirofoam**

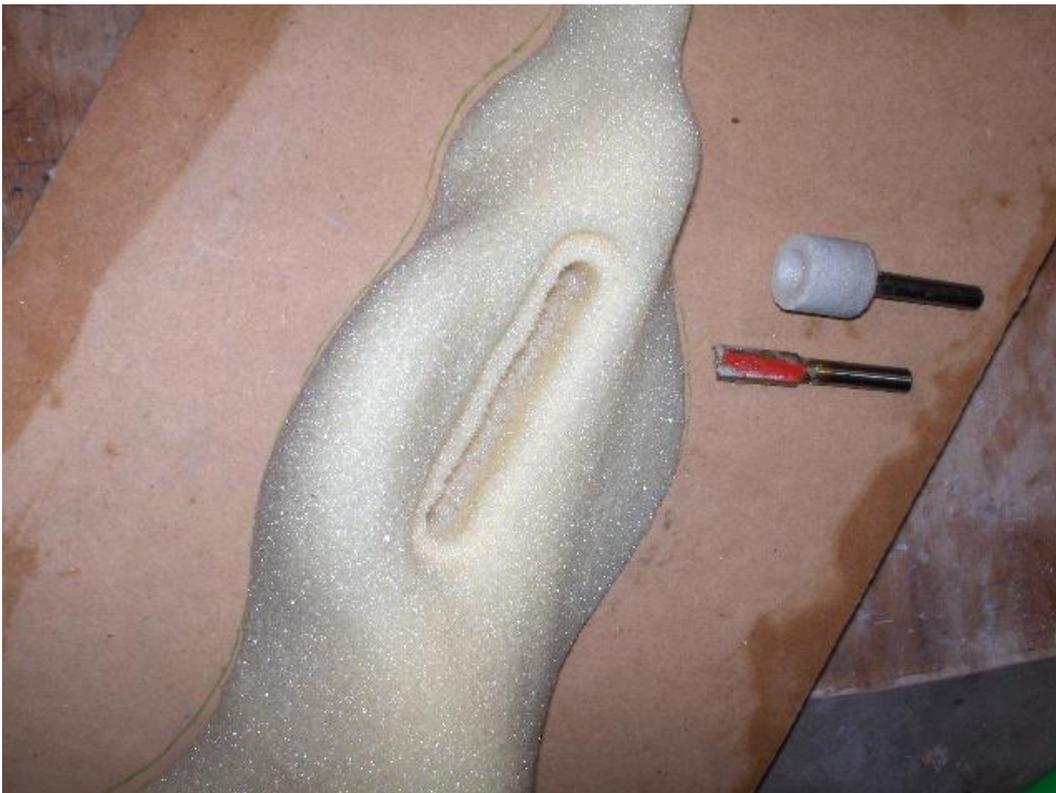
La metodología es básicamente generar volúmenes a base de abrasión sobre la espuma de poliuretano expandido, lo cual puede ser realizado manualmente o mediante el uso de cepillos o pinceles, Es importante la selección y planeado de la superficie sobre la que se asentará la presa ya que la arandela debe estar paralelamente posicionada a esta. Los mínimos detalles que se observen en el patrón serán reproducidos fielmente en el molde y a su vez en las reproducciones, por lo que se debe ser estricto y minucioso al corregir (previo a la aplicación de las primera capa de silicona) cualquier imperfección en el modelo original y muy cuidadoso en la manipulación del modelo al preparar el contramolde para evitar cualquier daño.



**Fig. 3.10** Prototipo terminado previo al fresado

La variedad de los modelos requiere distintas técnicas de moldeo ya que en algunos casos son de complicada extracción, ante lo cual hace falta aplicar técnicas de corte o separación de los moldes. Para la fabricación de piezas de mayores dimensiones los patrones suelen ser construidos en partes y unidos posteriormente para el moldeo. También se pueden utilizar otros elementos como patrones o modelos originales, para tal efecto se utilizan madera, piedra, papel, e inclusive piezas sintéticas.

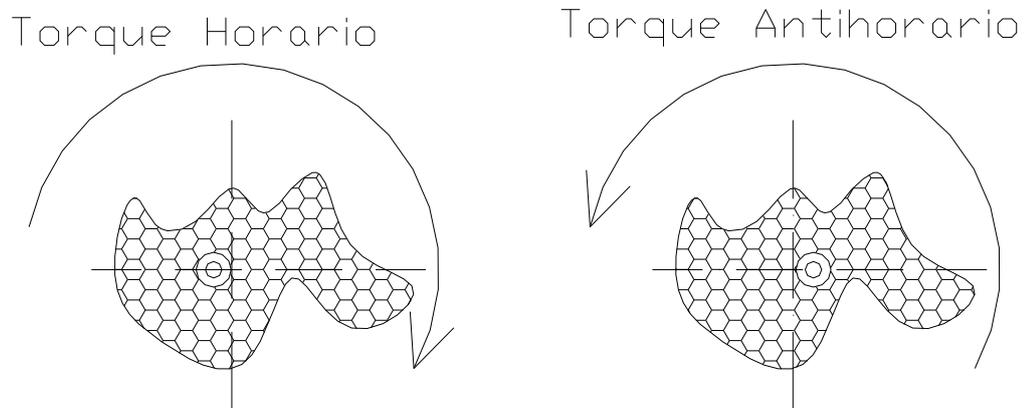
Una vez finalizados una serie de prototipos se escoge de entre esta gran cantidad de modelos a aquellos cuyas características de forma y volumen aseguren la factibilidad de la producción de las presas escogidas y se procede a adherir los mismos a planchas de balsa u otro material que aseguren tanto las dimensiones del contramolde como la planitud del modelo, entonces es posible realizar el fresado de los espacios para el perno y el soporte de la arandela, así como la corrección de defectos o limpieza de la pieza.



**Fig. 3.11 Herramientas de fresado**

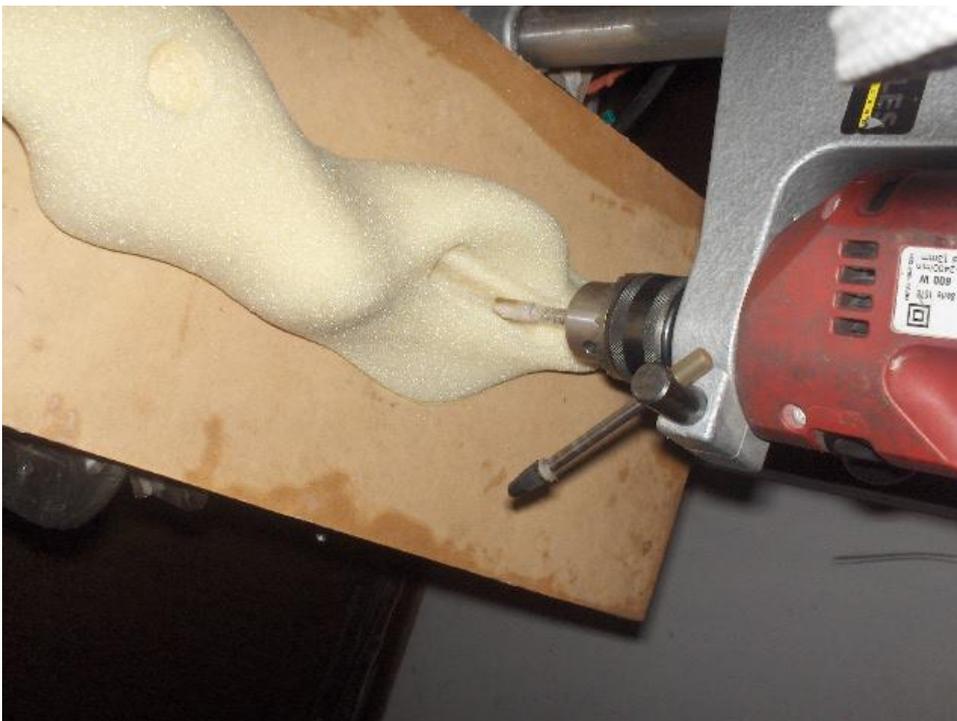
La selección del emplazamiento para el lugar de sujeción de la presa es en gran parte función de la forma del volumen, sin embargo un aspecto preponderante es la minimización del radio de giro de la presa bajo la fuerza aplicada sobre la misma, para esto se debe procurar localizar el mismo con una tendencia central e inclusive ligeramente desviado hacia el eje izquierdo de la presa con lo cual se minimiza un torque antihorario, lo cual favorecería el que el perno que sujeta la presa se aflojara bajo la fuerza del escalador, sin embargo esto no es una regla ya que en ciertos casos la geometría de la presas o los relieves de la misma son los que determinan el torque que se puede aplicar sobre la misma, muchas veces la posición del punto de anclaje no es

considerado al moldear el poliuretano, y la selección del mismo es hecha una vez que el prototipo ha sido terminado, pero no se puede olvidar la influencia de la ubicación del punto de anclaje sobre el posible giro de la presa bajo la fuerza del escalador. A continuación se observa los dos casos:



**Fig. 3.12 Localización de punto de anclaje**

Tanto el fresado del emplazamiento de la cabeza del perno, así como el orificio para el perno en si deben estar estrictamente centrados el uno con respecto al otro, para lo cual se utiliza un taladro de pedestal al cual se fija el soporte del prototipo para evitar cualquier desviación. A lo largo de este proceso es preciso ser sumamente cuidadoso en la manipulación del modelo dado la fragilidad del mismo y de su superficie.



### **Fig. 3.13 Fresado de ranura**

Finalmente se procede a retirar cualquier resto de material de material mediante un aspirado para entonces preparar los modelos para el moldeo con la silicona mediante el rociado de los mismos con silicona seca en spray, esto para facilitar el proceso de desmoldeo (se recomienda rociar el patrón y la plancha base).

Entre las fallas más usuales en la reproducción de patrones de estirofoam con silicona blanca tenemos:

- Falta de vulcanización por la mala mezcla silicona/catalizador
- Inhibición del material por incompatibilidades químicas con el prototipo
- Burbujas en la superficie por un insuficiente deaereado de la mezcla o demasiada porosidad del prototipo
- Adherencia del modelo al molde por falta de un agente desmoldante o adherencia mecánica
- Poca duración del molde, por un mal diseño, poca flexibilidad, falta de refuerzo, etc.

La versatilidad de la silicona permite una amplia serie de alternativas de arreglos a los moldes, sin embargo como ya se ha mencionado anteriormente es preferible realizar un excelente prototipo y una impecable fabricación del molde que innumerable correcciones en la producción.

#### **3.2.1.2 Técnicas**

De acuerdo a la forma y peculiaridades del volumen que se pretende reproducir hay una serie de posibilidades en lo que a la configuración y tipo de moldeo se refiere, de tal manera se observa que en las configuraciones propuestas dentro del presente proyecto el pincelado por capas ha sido un factor común en la mayoría de moldes. Para tal efecto se aplican las distintas capas de silicona previamente catalizada (de acuerdo al tiempo de trabajo que se requiera), para esto se utiliza un pincel de 1/2" y para los pequeños apliques un pincel de 5/16".

Se comienza por las cavidades o depresiones para evitar que puedan albergar una burbuja de aire, el uso de una pequeña cantidad de materia prima permite usarla en su plena fluidez o en su óptimo estado tixotrópico, posteriormente se inicia el esparcido de la silicona por las partes horizontales, para que cuando la silicona comience a gelificar sea más sencillo aplicarla en las superficies verticales.

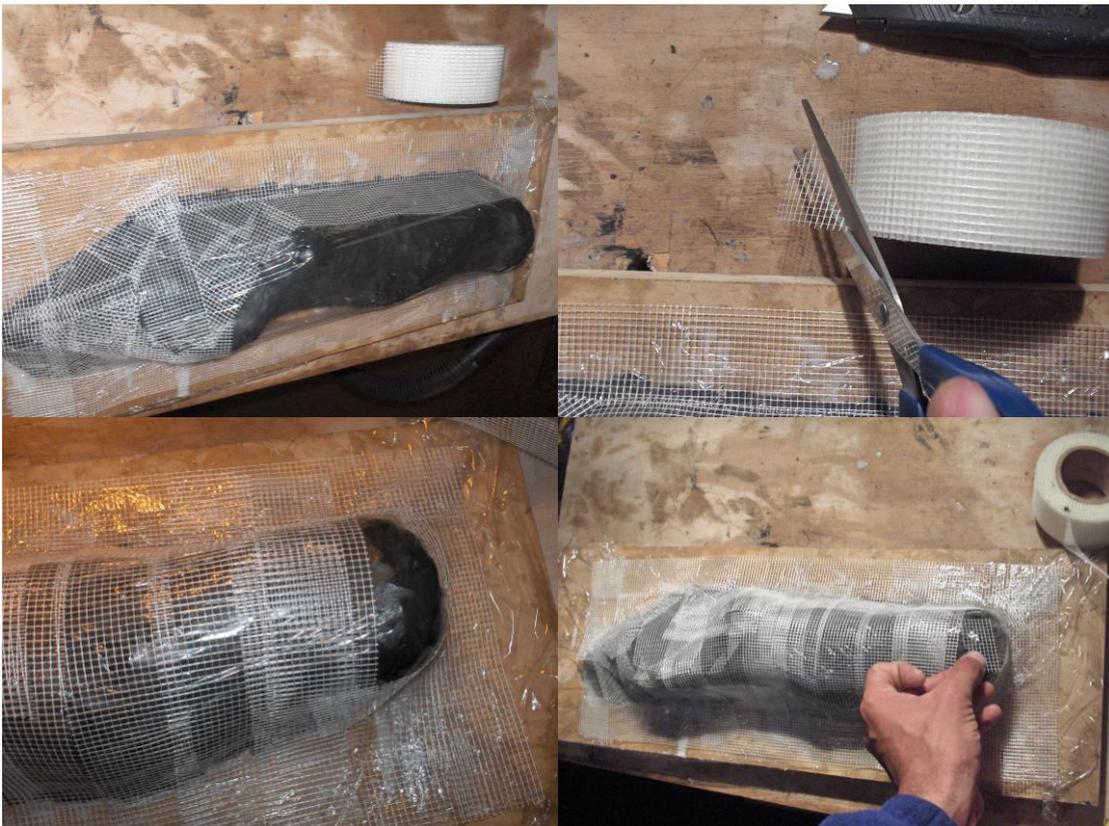


**Fig. 3.14** Aplicación de silicona

De tal manera se cubre la pieza en su plenitud y se optimiza la silicona ya que se aplican capas uniformes, El número de capas depende del modelo en sí, pero se procura obtener una capa de silicona regular de aproximadamente 3mm. a 1 cm. para lo cual se puede constatar el espesor de la misma mediante una aguja insertada en la piel de silicona, sin embargo es recomendable aplicar algunas capas de silicona en tiempos espaciados para permitir un correcto curado de cada capa y lograr una película regular sobre todo el prototipo, esto redundará en una mejor composición de molde y asegurará su resistencia y excelente acabado superficial.

La proporción de catalizador es el factor preponderante en el tiempo de secado y vulcanización, es además recomendable esperar entre 25 a 35 minutos luego del mezclado para evitar el escurrimiento excesivo en el caso de las paredes laterales

verticales. La aplicación se debe espaciar de acuerdo a la “maduración” de las capas y si es necesario se pueden añadir fibras sintéticas o gasa para reforzar el molde en zonas que así lo requieran. El uso de una lámpara infrarroja a lo largo del proceso permite lograr una temperatura de trabajo óptima ( 18°c-25°c) y también mantener la fluidez de la silicona en un punto bastante manejable cuando esto es requerido, el esparcido de la silicona se repite capa por capa hasta alcanzar un espesor uniforme en el molde, se permite su catalización y cuando esta alcanza un punto de “madurez” suficiente como para trabajar sobre el se repite el mismo proceso hasta alcanzar el espesor deseado, se puede también añadir fibras de gasa en las secciones consideradas sensibles o bajo mucho esfuerzo en la extracción de la pieza. En algunos casos se ha utilizado también el método de vaciado, para lo cual es necesario cubrir al modelo original ( previamente pintado con al menos 2 capas de silicona ) con plástico y posteriormente una “piel” de plastilina, la cual es también cubierta con plástico para alimentos, entonces es posible iniciar la elaboración del contramolde de fibra.



**Fig. 3.15 Capa de plastilina y red de fibra de vidrio**

Se procede entonces a cubrir al prototipo y su “piel” con tiras de fibra de vidrio (engomadas en uno de sus lados para facilitar su adhesión), se cubre entonces la fibra

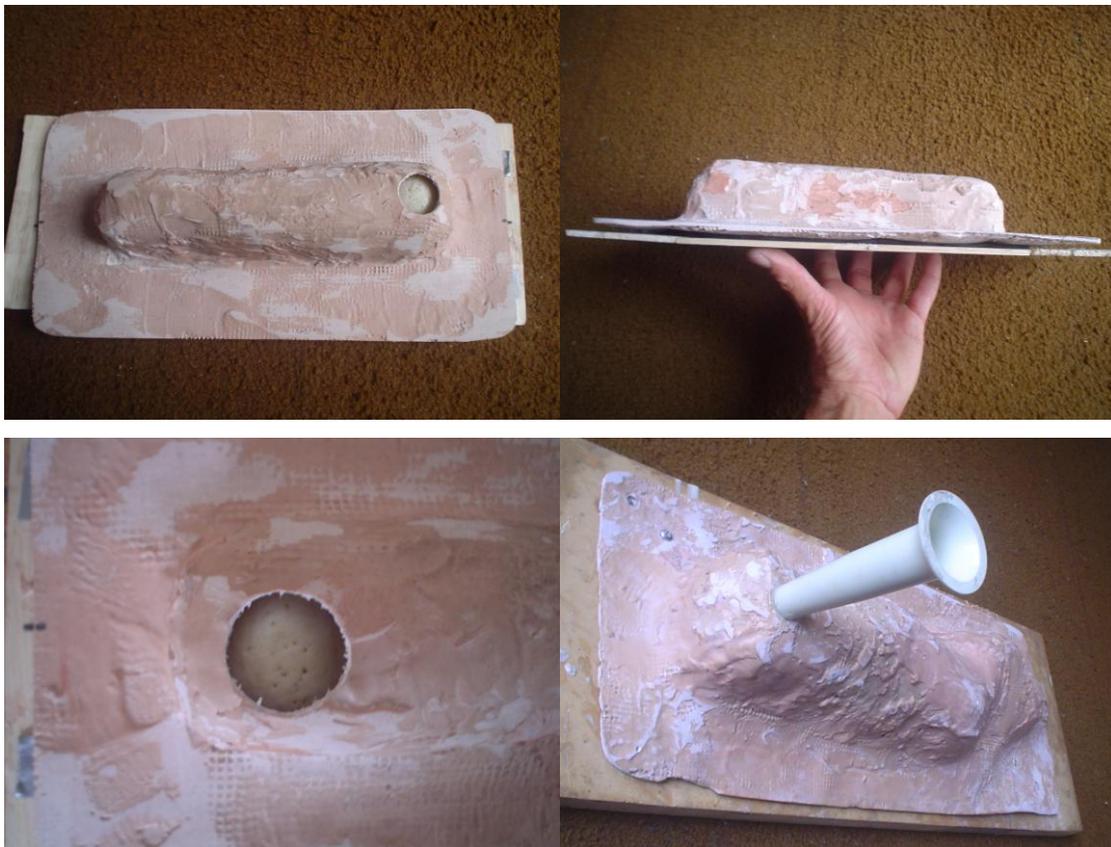
con masilla plástica procurando formar una capa homogénea entre las dos, de modo que el receptáculo sea tanto rígido como resistente, este proceso se repite las veces que sean necesarias hasta obtener una estructura que sea capaz de mantener al molde en una posición horizontal y a su vez permitir retirar al mismo cuando sea necesario.



**Fig.3.16 Preparación de masilla plástica y contramoldeo**

Es importante considerar el espacio necesario en las esquinas del contramolde para la colocación de las tuercas (rosca que permiten la nivelación del molde) así como la rigidez que necesitan estos puntos que serán posteriormente taladrados para permitir la adhesión de las piezas antes descritas.

El contramolde es entonces retirado para ser pulido en su superficie (tanto interior como exterior), y redondear sus esquinas. Al retirar la capa de plastilina y los plásticos que la separaban del prototipo y el contramolde, queda entre el contramolde y el prototipo pintado un intersticio regular de un espesor aproximado al de la “piel” de plastilina. Se vuelve a colocar el contramolde de fibra en su posición original apoyado en su base sobre un empaque de silicona transparente que lo eleva mínimamente y lo sella en su base para evitar que la silicona que posteriormente será vertida pueda salir por algún resquicio entre el soporte del prototipo y el contramolde. Previamente se practican orificios en la parte superior del contramolde (puntos superiores), tanto para el vertido de la silicona como para el deaerado o aplicación de vacío.



**Fig 3.17 Vaciado**

Una vez sellado el sistema se procede a verter la silicona previamente catalizada en porciones pequeñas (debido a la poca fluidez) y si resulta necesario se aplica vacío en los orificios alternos para facilitar el flujo, esto hasta que el espacio entre el molde y el contramolde esta completamente lleno. La catalización completa del molde puede tomar inclusive varios días (debido al aislamiento de la atmósfera), sin embargo una vez

confirmada la solidez del molde se procede a retirar el contramolde mediante el uso de espátulas e inclusive aire comprimido para entonces realizar los orificios y adherir las tnuts de acuerdo al diseño de cada contramolde. En cuanto al molde de silicona, es posible hacer los cortes y arreglos necesarios (en su parte externa) para proceder entonces a retirar el molde en si del soporte del prototipo, usualmente los prototipos suelen romperse debido a la fragilidad propia del estirofoam expandido, por lo tanto una vez separado el molde es mas fácil retirar los restos con un cepillo y aspirar el interior, esto para evitar que se adhieran a las piezas a fundirse en los moldes, otro aspecto importante es verificar la planitud de la cara inferior de los moldes esto para asegurar una correcta perpendicularidad de la presa con respecto al tablero donde se instale la presa.





**Fig. 3.18 Separación molde/contramolde**

En el caso de existir defectos o incorrecciones tanto en la superficie interior como en la exterior es posible arreglar los mismos mediante el uso de silicona roja de alta temperatura e inclusive con la misma silicona utilizada para la fabricación de los moldes controlando su adhesión y gelificación con la cantidad de catalizador o el tiempo de aplicación.



**Fig 3.19 Corrección de molde**

### 3.2.1.3 Cantidades y proporciones

Al momento de utilizar la silicona como materia prima para los moldes se debe también considerar la cantidad de silicona por pintado que se aplica lo cual viene condicionado por el tamaño de la presa, su complejidad en cuanto a la forma y el tiempo de catalización utilizado. Sin embargo con fines prácticos se ha procedido a utilizar como envase estándar un **vaso de plástico desechable de 100cc.** el cual se llena aproximadamente en un **80% con silicona y un 5% de catalizador**, este envase permite una fácil homogenización, fácil colado y minimización de burbujas logrando con esto una utilización óptima.



**Fig. 3.20 Pintado de silicona**

Se vierte el contenido del vaso tratando de cubrir primeramente el lugar donde se ubicará el perno, procurando evitar la formación de burbujas o dejar espacios sin llenar, posteriormente se vierte el caucho sobre la pieza priorizando los lugares de geometría compleja o aristas agudas, el resto de silicona que queda en el vaso es fácilmente extraíble con una espátula y

puede ser esparcido sobre la pieza, durante las primeras horas es necesario reesparcir la silicona sobre la pieza hasta que esta alcanza un estado más gelatinoso y se adhiere con más facilidad al modelo. Al pasar el tiempo la silicona va adquiriendo un estado menos manejable y pasado cierto tiempo es preferible no manipularla para evitar dañar el resultado superficial. Los valores de proporción utilizados constan como los recomendados en los manuales técnicos anexos en la presente tesis y corresponden al caucho de silicona RTV 585/332 y es de hecho proporcional a la mezcla del 100% de catalizador proporcionado por cada Kg. de silicona.

#### **3.2.1.4 Contra moldes**

Al ser los contramoldes los receptáculos de los moldes son también parte de la estructura que mantiene a la resina en su posición de gelificado y determinan la perpendicularidad de la base de la presa con respecto al agujero destinado al perno, así como el paralelismo entre la base y la cara de la arandela.

En función del moldeado se puede contra moldear sobre la capa misma de silicona o en el caso de moldeado por vaciado se puede realizar este sobre la capa de plastilina, sin embargo tanto la metodología como los materiales no varían en absoluto. Para comenzar se cubre a la capa de silicona ( o plastilina ) con una capa plástica de aislamiento, esta es a su vez es cubierta por una red de fibra de vidrio la cual es rellena con masilla automotriz o resina la cual es esparcida homogéneamente para logra una capa uniforme, este proceso se realiza intercalando o superponiendo pedazos de redcilla de fibra de vidrio entre cada aplicación de resina o masilla, es importante rigidizar especialmente los emplazamientos de las Tnuts ( emplazamientos de sistema de nivelación), mediante una aplicación especial de fibra de vidrio y masilla, una vez configurado el contramolde se deja curar al mismo en condiciones optimas para una vez que este ha fraguado proceder a desmoldar el mismo para los arreglos finales y realizar los cortes y limados necesarios para colocar las T-nuts en el contramolde. A continuación se puede observar en detalle la posición del perno y la t-nut con respecto al contramolde.



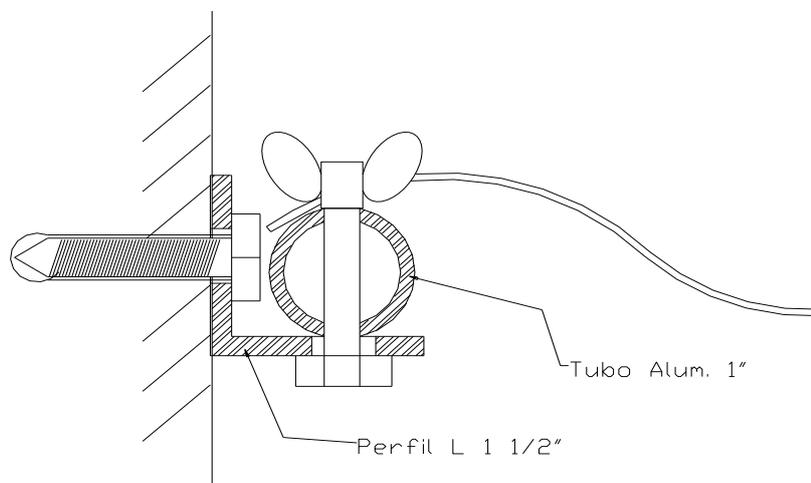
**Fig. 3.21 T-nuts**

Para la colocación de las t-nuts en el contramolde se realizan agujeros del diámetro exterior de la rosca de las t-nuts (7/16”) en los emplazamientos previamente marcados, y mediante el uso de masilla epóxica u otro pegamento se adhiere las t-nuts a los orificios del contramolde, se debe procurar que queden lo mas verticales posible con respecto a la base del contramolde. Una vez hayan secado entonces posible probar los pernos que cumplen la función de nivelar el molde de acuerdo a las necesidades de las superficies donde se desee hacer la “fundición” de las piezas, que para el presente caso son las repisas de moldeo, para evitar que exista “juego” entre los pernos y las T-nuts se puede utilizar cinta de teflón para minimizar el movimiento que ocasiona el espacio entre la rosca del perno y de la t-nut.

### **3.2.1.5 Repisa de moldeo**

Tal y como se ha descrito dentro de la Ingeniería básica, posterior a la fabricación de los moldes de silicona y sus respectivos contramoldes es necesario proceder a la construcción de la repisa de colado, la cual consta de tres escalones conformados por pares de canales metálicos de 2 pulgadas de ancho por 1 de alto sobre los que descansarán los pernos de regulación de cada contramolde, estos albergarán a los 11 moldes que en total contienen

los 20 moldes de silicona. La estructura pintada con una capa de pintura anticorrosiva abarca un espacio que de acuerdo a las dimensiones del lugar seleccionado para la repisa, cubren una longitud de 132cm +/- 1cm y la separación entre cada par de repisas es de aproximadamente 15 cm. Cada par de repisas han sido niveladas y distribuidas de acuerdo al número de contramoldes que albergaran cada una. Esta estructura consta además de una cubierta de PVC traslucido (plancha corrugada de policlorovinilo traslucido) desmontable que aísla a los moldes de la lluvia y disminuye la pérdida de monómero por evaporación. Esta está estructurada en tubos cilíndricos de acero inoxidable que brindan solidez y resistencia contra el viento, para que se pueda desmontar y colocar la cubierta con facilidad esta se apoya sobre pernos y cáncamos anclados a la pared, esto con el objeto de poder desmontar la cubierta al momento de realizar el colado de la resina sobre los moldes. Se puede ver a continuación el detalle del soporte para la cubierta de PVC desmontable.



**Fig. 3.22 Sujeción de cubierta**

Se ha previsto distribuir los moldes en tres repisas con un desnivel de aproximadamente 15cm entre ellas, para esto se ha soldado en los extremos de cada canal un par de arandelas de ¼" las cuales sirven de soporte para el perfil C mediante pernos que se anclan mediante tacos fisher. El sistema de repisas funge como la estructura sobre la que se realiza el colado de resina y también como el lugar en el que solidifica la mezcla hasta que las piezas puedan ser desmoldeadas y sometidas a un curado o postcurado. La correcta nivelación y alineamiento de las repisas es un aspecto importante para minimizar los errores en el colado de la resina. A continuación vemos la estructura descrita.





**Fig. 3.23** Repisa de colado

Tal y como se observa en las fotografías, se ha localizado la repisa de moldeo en una terraza para así minimizar la molestia de las emanaciones propias de la resina poliéster. Una vez terminado el proceso de construcción, se procede a nivelar tanto los canales como los moldes en si, esto mediante el uso de un nivel y enroscando o desenroscando los pernos de acuerdo a la necesidad.

### 3.2.2 FABRICACION DE PRESAS

La fabricación de presas de resina poliéster en moldes de silicona involucra ciertos factores que inciden de gran manera en las características finales del producto, así como en la minimización del desperdicio y otros aspectos relativos que son analizados a continuación. El proceso inicia con la revisión y limpieza de los moldes es necesario retirar los restos de resina de previas fundiciones para evitar inclusiones o burbujas en las piezas.



**Fig. 3.24 Limpieza y revisión**

Se prosigue con la nivelación de los moldes sobre la repisa para lo cual se debe primeramente colocar los moldes de silicona sobre los contramoldes en suposición adecuada entonces es posible utilizar un nivel de burbuja para confirmar la planitud de los mismos, en caso de que exista alguna irregularidad se debe corregir la posición del molde o de ser necesario calibrar la altura de los pernos que regulan el contramolde.



**Fig. 3.25 Posición y planitud**

Pese a la excelente capacidad de la silicona RTV para evitar adherirse a los distintos materiales, la resina poliéster son de por si nocivas químicamente especialmente ante un uso intensivo, es por esto que la lubricación facilita el proceso de desmoldeo y extiende la vida útil de los moldes, para esto se recomienda la utilización de un agente desmoldante previo al moldeo que consiste en la aplicación de un lubricante que en este caso consiste en rociar una capa de silicona en aerosol previamente a cada colada, otra alternativa consiste en la aplicación de una colada de parafina cada 20 reproducciones.



**Fig. 3.26**      **Agente desmoldante**

Este paso es previo a la colocación de las arandelas planas de 3/8" sobre los pupos de silicona existentes en cada molde, es importante resaltar que dadas las diferencias de diseño entre los diversos modelo se pueden usar arandelas de 28mm o de 23mm de diámetro, esto dependiendo del espesor del presa en la sección donde se ubica la arandela.



**Fig. 3.27**      **Colocación de arandelas**

Una vez que los moldes han sido previamente revisados y todos se hallan listos con sus respectivas arandelas se puede proceder a la preparación de la mezcla. De acuerdo al volumen de producción se ha de calcular la cantidad de material procesable de acuerdo al tiempo de gelificación ya que se debe realizar el colado de la resina con una fluidez óptima (usualmente 20 minutos), para esto es importante tomar en cuenta las cantidades y proporciones óptimas para la fabricación del juego de 20 presas del que consta el presente proyecto. Tal y como se ha explicado a lo largo de este apartado en la fabricación de las presas de escalar intervienen tanto materias primas directas como sustancias que permiten su manipulación, las que se listan a continuación y se observan en la gráfica:

- Resina Poliéster
- Peroxido de metil etil cetona –MEK- (acelerador)
- Octoato de cobalto (catalizador)
- Sílice (carga)
- Oxido de zinc (pigmento)
- Silicona en spray (desmoldante)
- Disolvente



**Fig. 3.28** Materias primas

El proceso de moldeo implica el uso de herramientas y equipo a lo largo de diversos procesos, existiendo algunas consideraciones de importancia en su manejo, entre estas:

- En la preparación de la resina se debe tener muy en cuenta que la reacción entre el catalizador y el acelerador es siempre violenta, y a menudo, de tipo explosivo; por lo tanto, nunca deberán mezclarse directamente entre sí estos dos elementos y se evitará que el catalizador pueda ser salpicado accidentalmente por el acelerador. Por la misma causa, deberá evitarse cuidadosamente el uso en común de elementos para medir, pesar o trasegar ambos productos.
- La correcta distribución de las herramientas y del equipo facilita el proceso y optimiza el tiempo de manipulación de la resina lo que permite realizar el colado con la mayor fluidez posible.
- Al ser la materia prima de una viscosidad y adherencia extrema es necesario proteger las herramientas y el equipo en lo posible de su contaminación.
- La limpieza de herramientas, envases y equipo debe ser inmediatamente posterior al moldeo, para facilitar su remoción se puede aplicar al uso de disolventes.

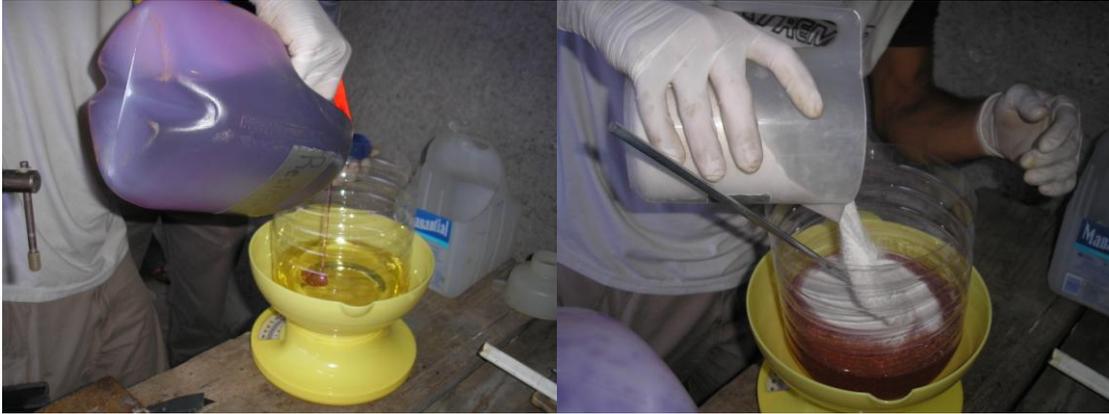
De tal manera a lo largo del procesamiento de la resina y las presas catalizadas se involucran distintas herramientas y equipos cuya distribución se puede observar a continuación:





**Fig. 3.29      Herramientas y equipo**

Tal y como se ha especificado anteriormente se ha resuelto usar como elemento de relleno sílice, en una proporción del 25 % en peso total de la colada, este se añadirá a la resina previamente acelerada en una proporción del 0.5 al 0.12 % en peso para ser posteriormente homogenizada, es importante lograr una buena homogenización del acelerador en la resina tanto como permitir la humectación de la carga con esta mezcla para evitar porosidades o un posible subcurado.



**Fig. 3.30 Dosificación y homogenización**

La coloración de las piezas se lo hará mediante tintes sintéticos añadidos a la porción de resina previamente cargada, sin embargo la cantidad de colorante así como la aplicación dependerá del tono que se desee dar al set. En el caso que se desee dar un efecto veteado se separará una porción de resina la cual será luego añadida al momento de la colada, de tal manera se logrará una apariencia veteada al vertir las dos mezclas en conjunto.



**Fig. 3.31 Pigmentación**

El siguiente paso es la adición del catalizador en la mezcla lo que conduce a la dispersión y homogenización del mismo hasta el punto requerido, Tanto en la homogenización de colorantes, aceleradores, cargas como catalizadores se deben utilizar mezcladores de bajo esfuerzo cortante para minimizar la formación de burbujas, y posteriormente se debe permitir que el aire atrapado salga, entonces la mezcla está lista para ser a su vez vertida sobre los moldes procurando evitar la formación de burbujas y los desperdicios.



**Fig. 3.32 Catalización**

El vertido de la mezcla sobre los moldes debe iniciarse con los moldes de mayor tamaño dada la facilidad que implica el mayor espacio sobre el que se puede colar la mezcla, de tal manera se prosigue con los otros moldes hasta que debido a la viscosidad propia de la resina habrá un remanente de mezcla el cual puede ser retirado mediante espátulas y optimizado en los moldes de menor tamaño y profundidad que han sido diseñados para tal propósito.



**Fig. 3.33 Colado**

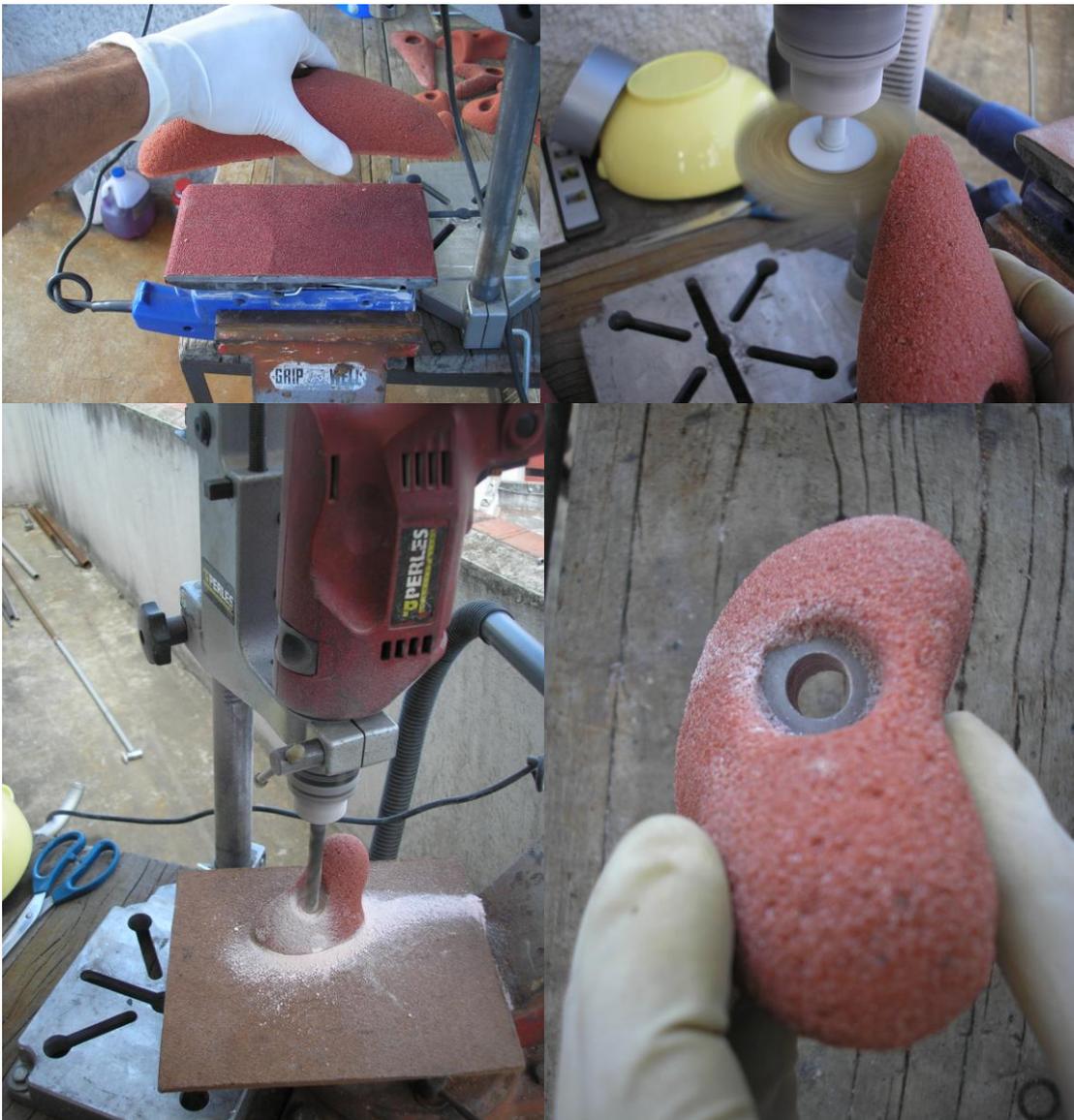
Una vez completado el proceso de colado se debe esperar a que la mezcla catalice y la resina se solidifique por completo para cuando sea posible desmoldar las piezas. Es importante esperar el tiempo suficiente para que al momento de desmoldar las piezas no haya daños en su superficie ni deformación en las mismas. El punto exotérmico máximo es un buen indicativo para confirmar que se ha iniciado la catalización lo que significa que el proceso de curado ha iniciado. El desmoldeo de las presas puede ser facilitado mediante el uso de aire comprimido para separar el molde del modelo con mayor facilidad.



**Fig. 3.34** Desmoldeo

El curado completo de las presas, es decir el punto máximo de resistencia y rigidez que pueden alcanzar mas rápidamente mediante la exposición de las mismas a lámparas de luz infrarroja lo cual permite aumentar la temperatura de maduración ( 30 – 50 °c) y acelera el proceso de curado de la resina.

Los acabados finales de una presa son operaciones manuales como taladrado y pulido de su base los cuales se realizan cuando las presas están listas, es decir han llegado al punto de resistencia, rigidez y dureza que exigen las condiciones de uso de las mismas. Se inician planeando las bases de las presas mediante una lijadora eléctrica, esto para eliminar la rugosidad excesiva o la presencia de irregularidades, con esto asegura también la perpendicular de la broca al momento de taladrar las presas sobre un pedestal lo cual asegura la perpendicularidad del agujero al ser perforado.



**Fig. 3.35** Acabados finales

### **3.2.2.1** Cantidades y proporciones

De acuerdo a la metodología definida anteriormente es necesario correlacionar la misma con el volumen de producción del set de presas que es posible fabricar en los 20 moldes de silicona con que se cuenta. Para tal efecto se ha procedido a medir el volumen total del juego, siendo en total **4000 centímetros cúbicos** los que deben ser correlacionados a peso para así conocer el gramaje correspondiente para poder realizar la medida de los componentes de acuerdo a su proporción. Así, tomando como referencia la recomendación del manual técnico de la resina utilizada tenemos la siguiente composición para la mezcla:

Resina Poliéster:	58,5 % en peso
Sílice:	40% en peso
Octoacto de cobalto (acelerador):	0.5% en peso
MEK (catalizador):	1% en peso
Colorantes:	De acuerdo al color

Dado que la mezcla en su conjunto tiene una densidad aproximada 0.875 gr/cc esto implica que se necesita unos 3500 gr. de mezcla para cubrir el volumen total de producción. Estos han sido divididos en tres lotes dos de 1000 gr. Y uno de 1500 de tal manera es mas fácil su manipulación y optimización, a continuación vemos la composición en las unidades de medida mas practicas en el proceso de manufactura, tanto para los lotes de 1000 gr. como para el de 1500.

**Tabla 3.6** Ingredientes por lote

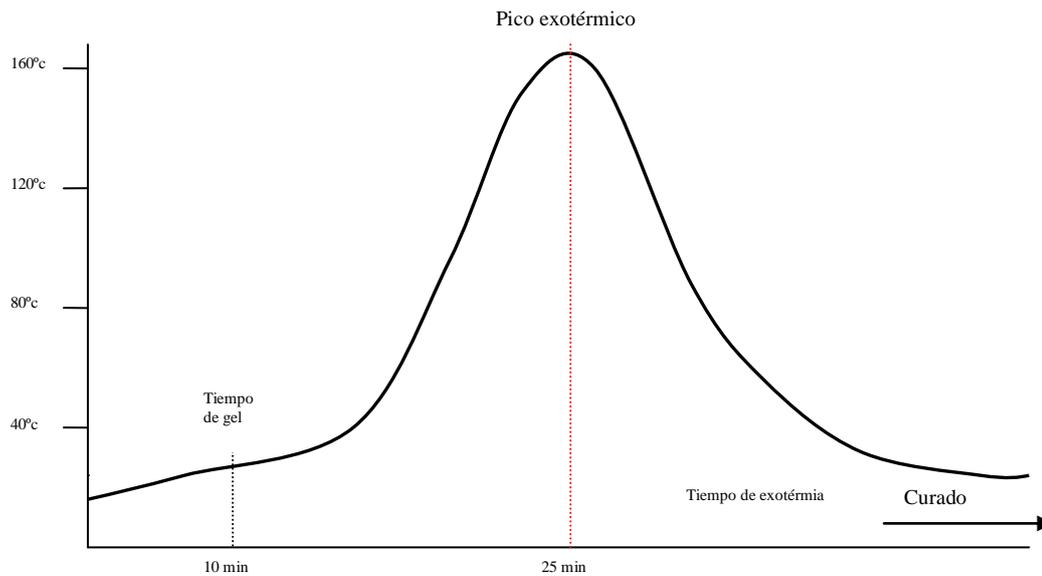
<b>Componente</b>	<b>1000 gr. de mezcla</b>	<b>1500 gr. de mezcla</b>
Resina Poliéster	585 gr.	880 gr.
Sílice	400 gr.	600 gr.
Octoacto de cobalto	5 cc.	7.5 cc.
MEK (catalizador)	10 cc.	15 cc.
Colorantes	de acuerdo al color	de acuerdo al color

### **3.2.2.2 Mezclado, homogenización y colado**

Una vez definidas las cantidades de materia prima que intervienen en cada lote, es posible concretar la metodología con la que se mezcla los ingredientes como se los homogeniza y como se vierte la mezcla sobre los moldes. Así, se utiliza envases plásticos flexibles reciclados de 3 litros a los cuales se les hace una abertura por su parte superior, colocados sobre la balanza y una vez encerada esta se procede a verter el gramaje correspondiente de resina (previamente acelerada) para verter posteriormente la cantidad de sílice correspondiente, entonces se procede a la primera homogenización mediante un mezclador de bajo esfuerzo cortante para evitar la excesiva formación de burbujas. Dependiendo de la coloración que se pretenda dar al set se varía la cantidad de colorante, así como también se puede dejar como materia prima base (sin color). La adición del catalizador es el paso previo a la colada del material en los moldes y se debe realizar de la manera mas rápida y certera posible ya que a partir de este momento se dispone de 15 a 20 minutos para verter la resina sin problemas.

### **3.2.2.3 Gelificación, endurecimiento y maduración**

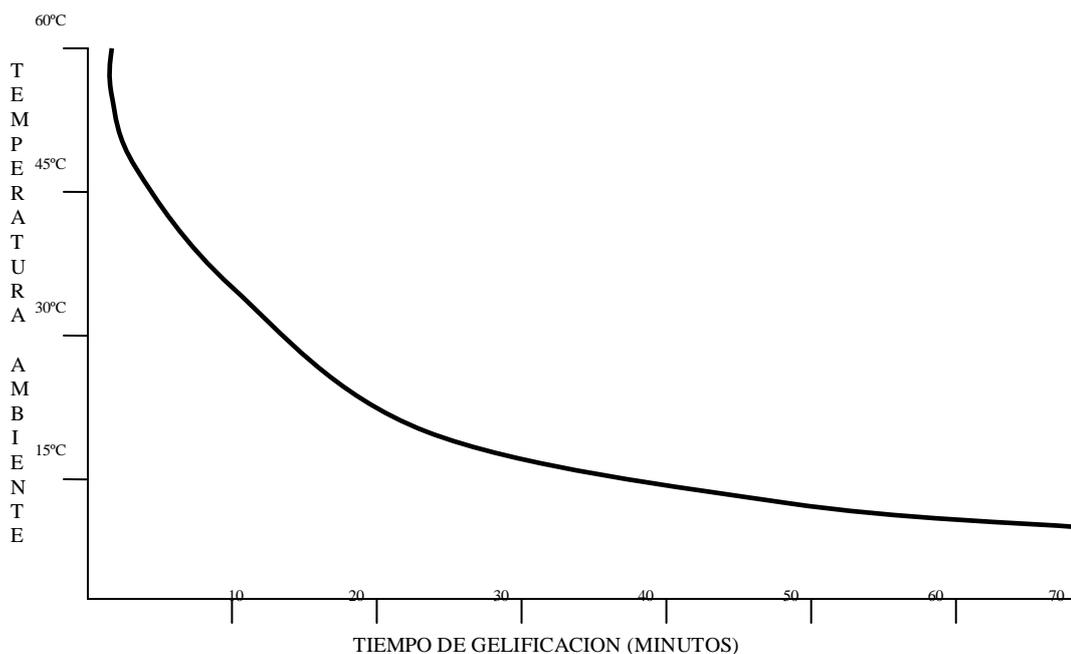
Estos tres procesos conforman el curado de la resina que inicia cuando a una mezcla de resina + carga + acelerador se le agrega el catalizador adecuado. La cantidad de acelerador determina el tiempo de gelificación y la velocidad de endurecimiento, lo cual es en gran parte el determinante para la fragilidad o resistencia del material. Estas propiedades pueden ser mejoradas o corregidas mediante un "postcurado" que consiste en mantener a las piezas a una temperatura elevada por determinado tiempo. La reacción de curado es exotérmica llegando a temperaturas de hasta 160° c en un vaciado de resina poliéster sin carga. A partir del pico exotérmico la temperatura disminuye hasta equilibrarse con el ambiente, es desde este punto lo que se llama post curado.



**Fig. 3.36 Temp. Vs. Tiempo (resina sin carga)**

Un curado completo técnicamente hablando no se logra, sin embargo se puede mejorar los resultados de las propiedades dejando la resina un par de días antes de desmoldar o madurando los productos durante varias horas a temperaturas entre 60 y 80 °c. es decir extendiendo el tiempo de curado.

La temperatura a la que se realiza el proceso es de gran incidencia en el tiempo de gelificación de la mezcla, así a mayor temperatura menor tiempo de gelificación requerirá la mezcla, esto se puede observar en la siguiente grafica.



**Fig. 3.37 Tiempo de gelificación vs. Temp. ambiente**

#### 3.2.2.4 Acabados finales

Las piezas curadas pueden ser finalmente sometidas a los acabados finales, es decir: pulido de base, taladrado y desbastado de imperfecciones. Iniciando con el **pulido de la base**, el cual se realiza mediante una pulidora de 135 watts / 10000rpm equipada con una lija para metal # 2 ½ hasta lograr eliminar las imperfecciones ocasionadas por las burbujas propias de la reacción de curado. El **taladrado** se realiza en un pedestal sobre el que se instala un taladro de 600 watts, con una broca de 10 mm de diámetro (con esto se cubre el rango de los pernos de 3/8 de pulgada), a unas 2500 rpm y con un avance lento se procede a realizar los agujeros (la arandela centra automáticamente a la broca).

Entonces se procede al **desbastado** de las piezas, tras revisar las presas en busca de alguna rebaba o imperfección para con el mismo taladro y un rodillo de hilos metálicos completar el acabado de las presas. A lo largo de estos procedimientos se debe realizar el aspirado del material que se extrae, esto para evitar su acumulación y por ende facilitar el trabajo. Al final se debe realizar una limpieza de las presas procesadas previo a su empaque.

## **CAPITULO 4**

### **MACROPROCESO, PROCESOS Y ACTIVIDADES**

Al ser el presente proyecto de carácter teórico y práctico se ha contemplado la construcción del sistema de fabricación, y la manufactura de las piezas previamente moldeadas. para lo cual es necesario la ejecución de varias etapas en las cuales se realizan distintos procesos y actividades los cuales permiten fabricar los moldes de silicona y sus respectivos contramoldes, estos a su vez permiten la manufactura de piezas de resina poliéster con agregados. Tanto la manipulación de caucho de silicona, masilla plástica y de resina poliéster son parte medular de algunos de los procesos cubiertos a continuación, para lo cual se ha dispuesto de fichas de actividad, diagramas de procesos y diagramas de flujo de todos los procesos que conforman el macro proceso. Todos estos en su conjunto conforman el sistema de fabricación de presas de resina poliéster en moldes de silicona.

#### **4.1 PROCESOS**

Para realizar la manufactura de presas de escalada se debe previamente obtener el medio de fabricación de los presas, esto subordina ciertos procesos a otros, dada la necesidad del medio de producción para desarrollar la manufactura del producto. A continuación se presentan los procesos involucrados en un orden estrictamente práctico.

##### **4.1.1 FABRICACIÓN DE SISTEMA DE MOLDES**

De acuerdo a los objetivos de presente proyecto se ha resuelto construir el sistema de moldes para la fabricación de las piezas de resina poliéster, lo cual conlleva una serie de actividades sucesivas y repetitivas para cada molde específicamente, estas son parte del proceso de fabricación de un molde de silicona y su respectivo contramolde. Se ha considerado las respectivas variaciones de acuerdo a la forma del prototipo, tamaño, desmoldeabilidad y otros aspectos tal y como consta en el capítulo anterior. A continuación podemos ver el diagrama de procesos para la fabricación de moldes.

## DIAGRAMA DE PROCESO

FABRICACION DE MOLDES

Escuela Politecnica del Ejercito - Facultad de  
Ingenieria Mecanica

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 19/07/05

ACTIVIDAD	TIEMPO / MODELO	MANO DE OBRA	Observaciones
Selección y preparación de patrones	3-8 horas	1 operador	El tiempo depende del modelo, del tamaño y de su complejidad
Moldeo por capas	4-6 horas	1 operador	Pincelado y esparcido permanente durante el tiempo de gelificación.
Contramoldeo	2-4 horas	1 operador	Rigidización mediante fibra de vidrio
Desmoldeo	1 hora	1 operador	Acabados y correcciones

Las cuatro actividades mencionadas forman parte del proceso de fabricación de un molde de silicona, esto a su vez implica para cada una de ellas el uso de herramientas, equipos y materiales que son descritos y especificados para cada operación involucrada en cada etapa. La variedad de prototipos tanto en tamaño como en forma, obliga a que las operaciones sean susceptibles de ciertos cambios y modificaciones, sin embargo esto no altera en absoluto su orden y metodología que es aplicable a cada uno de los modelos desarrollados en el presente proyecto.

### 4.1.1.1 Actividades

Se procede a continuación a describir las actividades que comprenden cada proceso, estas son explicadas con sus respectivos detalles mediante el uso de una *ficha de actividad* para cada etapa de proceso. En estas fichas se describe las tareas que comprenden tal actividad y las herramientas, equipos y materiales que intervienen en cada proceso, para el caso de existir alguna observación especial en determinada tarea, esta se encuentra mencionada en el casillero de observaciones. En el caso de la fabricación de moldes se ha previsto un orden de actividades el cual es necesariamente repetido para cada pieza o molde construido dada las condiciones de fabricación.

#### 4.1.1.1.1 Selección y preparación de patrones

### Ficha de actividad

Selección y preparación de patrones

Escuela Politécnica del Ejército - Facultad de Ingeniería Mecánica

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 17/05/2005

Revisado por Juan Jaramillo T.

Proceso: Fabricación de moldes

Tarea	Herramientas/ equipos	Materiales	Observaciones
Corte de espuma de poliuretano	Sierra, navaja	Bloque de espuma poliuretano expandido	
Adhesión de bloques de poliuretano	Prensas	Pegamento para poliuretano expandido	Depende de la dimensión de la presa
Modelado de prototipo	Aspiradora, taladro manual, cepillos, fresas	Lija	Operación manual
Planeado de asiento de prototipo	Pie de rey, tablero de madera matriz	Lija,	De acuerdo a espesores mínimos definidos
Corte de base de prototipo	Navaja, escuadra	Tablero de balsa 3mm espesor	De acuerdo a las dimensiones de la presa y considerando por lo mínimo un lado de 18.5 mm
Adhesión Prototipo/base	Espatula	Pegamento para poliuretano expandido	Considerar la posición para las Tnuts en el contramolde
Marcado de alojamiento para cabeza de perno		Marcador permanente	Centrado de acuerdo a cada volumen
Fresado de alojamiento para cabeza de perno	Taladro, fresa 3/4"		Centrado de acuerdo a la geometría de la presa
Fresado de soporte de arandela	Taladro, fresa 5/16 "		Centrado de acuerdo al alojamiento para cabeza de perno
Correcciones	Alicate, pinza, punzon.	Espuma de poliuretano	Rellenado de porosidades y alisado de imperfecciones

#### 4.1.1.1.2 Moldeo por capas

##### Ficha de actividad

Moldeo por capas
------------------

Escuela Politecnica del Ejercito - Facultad de  
Ingenieria Mecanica

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 17/05/2005

Revisado por Juan Jaramillo T.

Proceso: Fabricación de moldes

Tarea	Herramientas/ equipos	Materiales	Observaciones
Preparacion de Silicona	Vaso plastico desechable de 80cc, Palillo de madera	Silicona, catalizador	Homogeinizacion manual
Pintado de prototipo	Pincel # 5	Silicona Catalizada	Esparcido manual posterior
Curado de capa	Lampara Infraroja		se procede con la siguiente capa, hasta obtener el espesor requerido.

#### 4.1.1.1.3 Contramoldeo

##### Ficha de actividad

Contramoldeo
--------------

Escuela Politecnica del Ejercito - Facultad de  
Ingenieria Mecanica

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 17/05/2005

Revisado por Juan Jaramillo T.

Proceso: Fabricación de moldes

Tarea	Herramientas/ equipos	Materiales	Observaciones
Aislamiento de molde de silicona	Espatula	Tachuelas, Plastico para comida	Minimizacion de pliegues
Preparacion de masilla	Espatula, envase plastico	Masilla plastica automotriz, catalizador	Esparcido por capas
Esparcido de masilla	Espatula, pincel #12	Masilla catalizada, Cinta de fibra de vidrio	Aplicar en el tiempo adecuado, Reforzar en puntos criticos
Curado de capa	Lampara Infraroja		Una vez curada una capa se procede con la siguiente, espesor final de 3-5mm
Lijado de superficie	Lijadora electrica	Lija # 80	Planear los emplazamientos para T- nuts

4.1.1.1.4 Desmoldeo

Ficha de actividad

Desmoldeo
-----------

Escuela Politecnica del Ejercito - Facultad de  
Ingenieria Mecanica

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 17/05/2005

Revisado por Juan Jaramillo T.

Proceso: Fabricación de moldes

Tarea	Herramientas/ equipos	Materiales	Observaciones
Lijado de bordes	Lijadora electrica, marcador	Lija # 80	Redondeo de esquinas, Selecion de posicion de T-nuts
Taladrado de emplazamiento de T- nuts	Taladro, broca 3/8		Rebajar rebabas
Separacion de molde y contramolde	Espatula		Retirar la pelicula plastica del contramolde
Colocacion de tnuts y correccion de imperfecciones	Espatula	Silicona roja de alta temperatura	Operacion manual
Separacion de molde de silicona y prototipo	Cepillo, aspiradora		Operacion manual

#### 4.2.1.1.5 Fabricación de repisa de colado

## Ficha de actividad

Fabricación de repisa de colado

## Escuela Politecnica del Ejercito - Facultad de Ingenieria Mecanica

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 17/05/2005

Revisado por Juan Jaramillo T.

Proceso: Fabricación de moldes

Tarea	Herramientas/ equipos	Materiales	Observaciones
Dimensionado de perfil	Marcador, escuadra	Canal C 5 x 5	De acuerdo a dimensiones especificadas
Corte de perfil	Sierra	Canal C 5 x 5	
Desbastado	Microesmeril	Arandelas 5/16	Planeado lateral
Soldado de arandelas	Soldadora 110 v, playo presion	Electrodo 6011	Manteniendo perpendicularidad
Lijado y Pintado	Microesmeril	Lija de agua, Pintura anticorrosiva	
Marcado de anclajes	Nivel, marcador		Manteniendo horizontalidad de repisas
Taladrado de anclajes	Taladro, broca 3/8 " concreto		2" de profundidad
Insertado tacos fisher	Martillo	Tacos fisher 5/16" x 2"	
Colocacion de repisas	Llave 1/2"	Pernos 1/4" x 2", arandelas	
Corte de cubierta	Sierra manual	Cubierta ardex	De acuerdo a dimensiones especificadas
Corte de tubos de soporte de cubierta	Metro, cortador de tubo	Tubo de aluminio 1" diam.	Long. de acuerdo a diseño
Taladrado de agujeros de remaches	Taladro, broca 1/8	Tubos de aluminio cortado	Espaciamiento de 15 cm entre cada remache
Remachado de tubos de soporte	Remachadora	Remaches 1/8"	
Corte y desbastado de soportes	Sierra manual, microesmeril	Perfil L 1" x 1"	Piezas de 1" de ancho
Taladrado de soporte	Taladro, broca 3/8" metal	Piezas de perfil cortadas	Agujeros centrados
Marcado de anclajes de soportes	Marcador		De acuerdo a diseño
Taladrado de anclajes de soportes	Taladro, broca 3/8" concreto		
Colocacion de tacos fisher	Martillo	Tacos fisher 5/16" x 2"	
Anclado de soportes	Llave 1/2"	Pernos 1/4" x 2", arandelas	
Marcado de agujeros de tubo/ soporte	Marcador, playo de presion		Colocar la cubierta en pocision
Taladrado de agujeros en tubos de soporte	Taladro, broca 3/8"		En pedestal
Colocacion de cubierta		Pernos 5/16" x 1 1/2" , mariposas 5/16"	Apriete de pernos posterior a colocacion

### 4.1.2 MANUFACTURA DE PRESAS

Una vez que el sistema de fabricación esta listo, es posible proceder a la fase de manufactura de presas para lo cual ha sido necesario adecuar un espacio físico que cumple con las condiciones necesarias para garantizar un producto de calidad, así el sistema de repisas surge como la mejor opción en cuanto a ahorro de espacio y facilidad de operación, el uso de repisas escalonadas y la graduación propia de cada molde permiten una gran exactitud en el proceso.

La fabricación de presas de escalada es un proceso por lotes, lo cual implica una repetición de las mismas operaciones por cada lote, lo cual permite también estandarizar el proceso de acuerdo a la capacidad del mismo. Así para el moldeo de presas de escalada, que involucra volúmenes, pesos, materiales, equipo, cantidades y proporciones de distintos materiales y sustancias, esto facilita la terminación de los valores para los parámetros anteriormente mencionados en función del volumen máximo de material que se pueden procesar son definidos para el presente proyecto y específicamente para el juego de 20 moldes de silicona fabricados previamente en los siguientes diagramas y fichas.

### DIAGRAMA DE PROCESO

Escuela Politecnica del Ejercito - Facultad de  
Ingenieria Mecanica

MANUFACTURA DE PRESAS

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 19/07/05

ACTIVIDAD	TIEMPO / lote 20 piezas	MANO DE OBRA	Observaciones
Preparacion de moldes	1 hora	1 operador	Requisito previo
Preparacion de materia prima	½hora	1 operador	De acuerdo a volumen x lote
Colado	½hora	1 operador	Minimizacion de desperdicios
Fragua	variable		Tiempo dependiente de condiciones y cantidad de catalizador
Desmoldeo	¼hora	1 operador	
Curado	8 horas		Cámara de curado

#### 4.1.2.1 Actividades

#### 4.1.2.1.1 Preparación de moldes

##### Ficha de actividad

Preparacion de moldes

Escuela Politecnica del Ejercito - Facultad de  
Ingenieria Mecanica

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 17/05/2005

Revisado por Juan Jaramillo T.

Proceso: Manufactura de presas

Tarea	Herramientas/ equipos	Materiales	Observaciones
Retirar cubierta			Colocar en lugar accesible
Limpieza y revision de moldes	Cepillo, aspiradora		Chequeo de correcciones
Nivelacion de moldes	Nivel, llave 3/8"		En los dos sentidos
Lubricacion de Moldes		Silicona en spray	Rociado regular
Colocacion de arandelas		Arandela 3/8"	

#### 4.1.2.1.2 Preparación de materia prima

##### Ficha de actividad

Preparacion de materia prima

Escuela Politecnica del Ejercito - Facultad de  
Ingenieria Mecanica

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 17/05/2005

Revisado por Juan Jaramillo T.

Proceso: Manufactura de presas

Tarea	Herramientas/ equipos	Materiales	Observaciones
Tamizado y pesaje de cargas	Balanza, Tamiz, removedor	Carbonato de calcio	Diametro de carga depende de textura requerida
Premezclado de resina	Botella plastica reciclada (1 gal ), Balanza, Probeta graduada, Removedor	Resina poliester, estireno, Octoato de Cobalto	De acuerdo a produccion por lote
Adicion y mezcla de carbonato	Removedor	Premezcla, carbonato	Homogeinizacion completa
Adicion y mezcla de pigmentos	Removedor	Premezcla + Carbonato, Pigmentos	Parcial o completa de acuerdo a diseño del lote
Adicion de catalizador	Probeta graduada, removedor	Catalizador	Proporcion de acuerdo a Lote de produccion
Homogeinizacion	Removedor		minimizar la formacion de burbujas, deaereado posterior

#### 4.1.2.1.3 Colado

### Ficha de actividad

Colado de Materia prima

Escuela Politecnica del Ejercito - Facultad de  
Ingenieria Mecanica

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 17/05/2005

Revisado por Juan Jaramillo T.

Proceso: Manufactura de presas

Tarea	Herramientas/ equipos	Materiales	Observaciones
Vertido	Tanque plastico, espatula	Premezcla catalizada	Iniciar con angulos y evitar desperdicio
Remocion de excesos	Espatula plana		Remocion de exceso en bordes
Optimizacion de excesos	espatula		Aplicación en moldes pequeños
Cobertura de repisa			Asegurar apriete de mariposas

#### 4.1.2.1.4 Fragua

### Ficha de actividad

Fragua

Escuela Politecnica del Ejercito - Facultad de  
Ingenieria Mecanica

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 17/05/2005

Revisado por Juan Jaramillo T.

Proceso: Manufactura de presas

Tarea	Herramientas/ equipos	Materiales	Observaciones
Gelificacion			Tiempo dependiente de temperatura y humedad atmosferica
Solidificacion			Tiempo dependiente de temperatura y humedad atmosferica

#### 4.1.2.1.5 Desmoldeo

Ficha de actividad

Desmoldeo
-----------

Escuela Politecnica del Ejercito - Facultad de  
Ingenieria Mecanica

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 17/05/2005

Revisado por Juan Jaramillo T.

Proceso: Manufactura de presas

Tarea	Herramientas/ equipos	Materiales	Observaciones
Retirar cubierta			Colocar en lugar accesible
Separacion molde/contramolde			
Sopleteado	Compresor de aire, pistola neumatica		Aplicación en juntas
Separacion molde/presa			Precaucion en secciones sensibles

4.1.2.1.6 Curado

Ficha de actividad

Curado
--------

Escuela Politecnica del Ejercito - Facultad de  
Ingenieria Mecanica

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 17/05/2005

Revisado por Juan Jaramillo T.

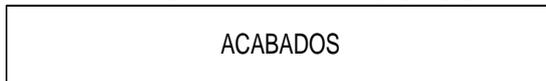
Proceso: Manufactura de presas

Tarea	Herramientas/ equipos	Materiales	Observaciones
Ventilacion de piezas			Al aire libre hasta minimizar emanaciones
Postcurado	Lamparas infrarrojas		Tiempo de acuerdo a curado previo

### 4.1.3 ACABADOS

Una vez que la pieza de resina poliéster ha curado completamente es retirada del molde mediante el uso de aire comprimido para separar la capa de silicona de la pieza de resina, tras una revisión de su superficie y detalles es posible proceder a darle los acabados finales, que son esencialmente taladrar la pieza, reducir asperezas y darle la planitud a la base en caso de ser necesario, siendo las dos últimas denominadas como pulido. Posteriormente la presa puede ser preparada y embalada para su envío e instalación. A continuación se presenta el diagrama de proceso de lo que se denomina como proceso de acabados.

#### DIAGRAMA DE PROCESO



Escuela Politecnica del Ejercito - Facultad de  
Ingenieria Mecanica

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 19/07/05

ACTIVIDAD	TIEMPO / lote 20 piezas	MANO DE OBRA	Observaciones
Taladrado	1 hora	1 operador	Garantizar perpendicularidad del agujero
Pulido	1 hora	1 operador	Planeado y uniformización de bases
Revisión y almacenamiento		1 operador	De acuerdo al estándar

#### 4.1.3.1 Actividades

A continuación se procede a describir cada actividad con sus respectivos detalles mediante el uso de una *ficha de actividad* para cada etapa del proceso de acabados. Tanto el pulido como el taladrado se realizan en piezas 100 % curadas.

##### 4.1.3.1.1 Taladrado

Ficha de actividad

Taladrado
-----------

Escuela Politecnica del Ejercito - Facultad de  
Ingenieria Mecanica

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 17/05/2005

Revisado por Juan Jaramillo T.

Proceso: Manufactura de presas

Tarea	Herramientas/ equipos	Materiales	Observaciones
Taladrado	Taladro + Pedestal , broca 3/8"		Avance lento y evacuacion de material constante
Avellanado	Taladro manual, micro esmeril		Operacion manual , base de agujero
Aspirado	Aspiradora + cepillo		Operación manual, a lo largo de toda la actividad

4.1.3.1.2 Pulido

Ficha de actividad

Pulido
--------

Escuela Politecnica del Ejercito - Facultad de  
Ingenieria Mecanica

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 17/05/2005

Revisado por Juan Jaramillo T.

Proceso: Manufactura de presas

Tarea	Herramientas/ equipos	Materiales	Observaciones
Lijado de base	Lijadora en banda, Mascara y lentes protectores	Lija 80,120	De acuerdo a espesor de capa removible
Desbastado	Taladro manual, micro esmeril, mascara y lentes protectores		Operacion manual , base de agujero arandela
Pulido	Taladro manual, cepillo de bronce, mascara y lentes protectores		Operación manual,
Aspirado	Aspiradora, mascara y lentes protectores		El aspirado se realiza a lo largo de todo el pulido de la pieza

#### 4.1.3.1.3 Revisión y almacenamiento

##### Ficha de actividad

Escuela Politecnica del Ejercito - Facultad de  
Ingenieria Mecanica

Revision y almacenamiento

Realizado por Juan Jaramillo T.

Fecha: 17/05/2005

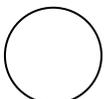
Revisado por Juan Jaramillo T.

Proceso: Manufactura de presas

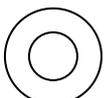
Tarea	Herramientas/ equipos	Materiales	Observaciones
Revision			Revision visual y planitud de arandela
Almacenamiento	Caja de carton		Set de 20 piezas por caja

## 4.2 DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESOS

En este apartado se procede a desarrollar los diagramas de flujo de procesos con miras a la producción intensiva de presas. Para esto se desarrolla los diagramas para los procesos que incluyen la manufactura de presas y los acabados de las mismas, más no lo que implica el sistema de moldes y su construcción ya que este se considera un elemento tácito dentro de la manufactura de presas. Tales diagramas serán utilizados con el objeto de mejorar el monto de producción y minimizar perdidas económicas en el proceso, Los diagramas son herramientas que deben ser llenadas manualmente por los operadores o por el Ingeniero de producción de manera que se puedan optimizar tanto tiempos como recursos improductivos dentro de la fabricación de presas. Los formatos seleccionados para los diagramas corresponden al estándar utilizado en la industria local, y no representan en absoluto el formato final de diagrama ya que el mismo puede ser alterado o mejorado de acuerdo a las necesidades del taller y a las propuestas de los operadores, a continuación podemos observar algunos de los símbolos que incluyen los diagramas con su respectiva explicación:



Indica una operación



Indica la creación de registro o conjunto de reportes

Indica la adición de información a un registro o reporte

Indica un transporte o traslado

Indica almacenamiento

Indica tiempo inherente al procesamiento

Indica verificaciones o controles en el producto

#### 4.2.1 Manufactura de presas

**ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS

PROCESO:           Manufactura de presas  
CODIGO:            MP1  
RESPONSABLE:    Juan Jaramillo Tosi

ELABORADO POR: \_\_\_\_\_  
REVISADO POR:    \_\_\_\_\_  
FECHA:            \_\_\_\_\_

ACTIVIDADES	○	◎	●	⇒	▽	D	■	Tiempo	Cant.	Observaciones
Transporte de materia prima										
Verificacion de materia prima										
Retirar cubierta										
Limpieza y revision de moldes										
Nivelacion de moldes										
Lubricacion de moldes										
Colocacion de arandelas										
Tamizado y pesado de cargas										
Premezclado de resina										
Adicion y mezcla de cargas										
Adicion y mezcla de pigmentos										
Adicion de catalizador										
Homogeinizacion										
Vertido										
Remocion de excesos										
Optimizacion de excesos										
Cobertura de repisa										
Gelificacion										
Solidificacion										
Retirar cubierta										
Separacion molde/contramolde										
Sopleteado										
Ventilacion de presas										
Postcurado										
Inspeccion de curado										
Traslado										

**RESUMEN**

ACTIVIDAD	TIEMPO
Operacion	
Transporte	
Almacenamiento	
Registro	
Inspeccion	
Procesamiento	
<b>TOTAL</b>	

<b>Tiempo por lote</b>	
------------------------	--

4.2.2 Acabados

**ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS

PROCESO: Acabados  
 CODIGO: MP1  
 RESPONSABLE: Juan Jaramillo Tosi

ELABORADO POR: \_\_\_\_\_  
 REVISADO POR: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

ACTIVIDADES	○	◎	●	⇒	▽	D	■	Tiempo	Cant.	Observaciones
Taladrado										
Avellanado										
Aspirado										
Lijado de base										
Desbastado										
Pulido										
Aspirado										
Inspeccion final										
Almacenamiento										
Registro de materia prima										

**RESUMEN**

ACTIVIDAD	TIEMPO
Operacion	
Transporte	
Almacenamiento	
Registro	
Inspeccion	
Procesamiento	
<b>TOTAL</b>	

Tiempo por lote

## **CAPITULO 5**

### **PRODUCCIÓN PILOTO**

Una vez disponible el medio de producción, definidos los parámetros básicos para la fabricación y coordinados los aspectos necesarios para que el sistema diseñado funcione, el siguiente paso es proceder a la producción piloto de las presas de escalar, para involucra primeramente la fabricación de prueba para que en base a los lineamientos que de esta se obtengan se pueda iniciar la fabricación.

#### **5.1 FABRICACIÓN DE PRUEBA**

En base a la fabricación inicial que se realizó para la prueba del sistema de moldes de silicona para resina poliéster se obtuvo cierta experiencia que es de gran utilidad para la definición de los parámetros de trabajo a lo largo de la producción piloto. Así, en cuanto al monto de producción se hizo varias pruebas, tanto con el monto total de producción por set como por montos mas pequeños, llegando a manejarse 3 montos por colada de manera bastante satisfactoria ( ver capítulo 3 ), así mismo el orden de mezcla, tiempo de manipulación se adecuó conforme a las recomendaciones del material bibliográfico consultado, de la misma manera el sistema de homogenización, tomando en cuenta los equipos y materiales disponibles en nuestro medio resultando los parámetros definidos en gran medida adecuados. En cuanto al sistema de colado y el orden del mismo, este ha sido concebido ajustado a las instalaciones del sistema construido y tras varias pruebas y pequeñas correcciones no presenta inconveniente alguno. Los acabados se han realizado de distintos modos siendo el mas adecuado por sets, de tal manera el juego de moldes así como las instalaciones pueden ser preparadas para cada set sin causar interferencia con la limpieza y evitando la acumulación de materia de desecho en el taller . De esta manera se puede proceder a delinear los aspectos necesarios para la fabricación piloto.

#### **5.2 FABRICACIÓN PILOTO**

Dado que el sistema está completamente definido tanto en su parte constitutiva así como en lo que a la tecnología se refiere, la fabricación piloto involucra un breve periodo inicial en el cual el monto de producción aumenta para cubrir una demanda inicial y

para corroborar la funcionalidad del proyecto, de tal manera se concibe esta fabricación piloto bajo los siguientes parámetros:

Un monto total de producción de 2000 presas, lo cual implica 100 sets de presas que deben ser fabricadas en 50 días, esto implica una periodicidad de producción de 2 sets por día y de 7 horas por set. Tras este periodo es posible buscar alternativas de optimización tales como tres fundiciones por día o acortar el tiempo de moldeo con procesos a mayor temperatura esto a mediano y largo plazo considerando también la necesidad de aumentar el número de presas por set.

## CAPITULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones:

- Las alternativas para desarrollar un sistema de fabricación de presas de escalada, se concretan en el moldeo por contacto y el moldeo por inyección, siendo la primera la única accesible a nivel microempresarial y posible de realizar en un contexto autofinanciado y en función de un mercado emergente.
- El diseño, construcción y manipulación tanto de los prototipos, los moldes, contramoldes, sistemas de mezcla, homogenización, colado, desmoldeo y acabados incluyen innovaciones que propician la optimización del proceso en su conjunto y por ende del beneficio que de él se pueda obtener.
- La intervención de las destrezas manuales y la manipulación de materiales son esenciales en el desarrollo del medio de producción y en la manufactura de las presas en sí mismas.
- El alto costo de la silicona como materia prima de los moldes se ve recompensado solamente por su versatilidad en los tipos de materiales procesables y su extensa duración, sin embargo resulta un limitante para la cantidad y variedad de moldes.
- Dentro de la amplia gama de materiales disponibles para la fabricación de presas la resina poliéster es sin duda el más óptimo dado sus características técnicas y de manejo, sin dejar de lado el hecho de la gran cantidad de relleno que se puede añadir en la misma sin afectar su resistencia o dureza.
- El diseño del sistema de fabricación permite optimizar materia prima, recursos, tiempo y mano de obra de manera que la factibilidad del proyecto como un ente económico asegure su existencia a futuro.

## **Recomendaciones:**

- Una correcta preestimación del mercado asegurará que la inversión tanto en materia prima como en maquinaria o equipo no sobrepase el punto óptimo de crecimiento.
- El proveer en un futuro cercano de un espacio físico más amplio, con las instalaciones eléctricas, de limpieza y de seguridad industrial adecuadas es un requisito indispensable ante la perspectiva de crecimiento del proyecto.
- Tanto el mantenimiento de equipos, instalaciones y medios de producción asegurarán su mayor vida útil como un nivel de calidad adecuado en los productos.
- El asegurarse proveedores confiables y utilizar productos de calidad se verá reflejado en la confianza que brinden los productos fabricados



