



UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
VICERRECTORADO  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL

# INVESTIGACIÓN PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PREMOLDEADOS CON RESIDUOS DE MOLIENDA DE MINERALES EN CATAVI

PROYECTO FINANCIADO CON RECURSOS DEL IMPUESTO DIRECTO  
A LOS HIDROCARBUROS (IDH)

EL ALTO – BOLIVIA  
2020

## UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

### **AUTORIDADES**

M.Sc. Freddy Gualberto Medrano Alanoca  
**RECTOR**

Dr. Carlos Condori Titirico  
**VICERRECTOR**

Dr. Antonio S. López Andrade Ph.D.  
**DIRECTOR DICYT**

Ing. Marco Antonio Bohorquez Llave  
**DECANO ÁREA DE INGENIERÍA  
“DESARROLLO TECNOLÓGICO PRODUCTIVO”**

Ing. Néstor Genaro Fernández Aranda  
**DIRECTOR DE CARRERA  
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL**

Ing. M.Sc. Freddy Tarqui Ayala  
**COORDINADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN  
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN EMPRESARIAL**

### **EQUIPO DE INVESTIGACIÓN**

Ing. Epifanio Johnny Flores Flores

### **COMITÉ DE REVISIÓN TÉCNICA ESPECIALIZADA**

Ing. Policarpio Pucho Bautista  
Ing. Rómulo Elías Quispe Tancara

### **COMITÉ DE REVISIÓN DE ESTILO Y FORMA**

Ing. Edwin José Ajacopa Laime  
Ing. Grover León Nina

**DERECHOS RESERVADOS:** Universidad Pública de El Alto

**DEPÓSITO LEGAL:** 4 – 1 – 151 – 20 – PO

**Imprenta:** Editorial Europa

**Dirección UPEA:** Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza  
Teléfono: 2840040  
Web: <https://www.upea.bo/>

Diciembre, 2020  
El Alto - Bolivia

## PRESENTACIÓN

El Instituto de Investigación de la Carrera de Ingeniería en Producción Empresarial de la Universidad Pública de El Alto se complace en presentar el proyecto de investigación titulado “INVESTIGACIÓN PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PREMOLDEADOS CON RESIDUOS DE MOLIENDA DE MINERALES EN CATAVI” financiado con fondos del Impuesto Directo a los Hidrocarburos – IDH, proyecto de investigación desarrollado en la localidad de Catavi del departamento de Potosí.

Este proyecto de investigación presenta estudios para la elaboración de pre moldeados a partir de residuos de minerales producidos en las minas de la localidad de Catavi. A partir de este proyecto de investigación se pretende aportar al diseño y para producir piezas que pueden ser utilizadas en la construcción de viviendas, piezas, losetas y revestimientos interiores con base en residuos minerales y al mismo tiempo aportar en la disminución el nivel de contaminación ambiental generada por lamas y residuos de molienda.

Para el Instituto de Investigación de la Carrera de Ingeniería en Producción Empresarial este proyecto de investigación significa un aporte al desarrollo de documentos científicos que sirvan de base para el desarrollo económico y productivo del país.



**Ing. M.Sc. Freddy Tarqui Ayala**  
Coordinador del Instituto de Investigación  
Ingeniería en Producción Empresarial



## CONTENIDO

<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>1. GENERALIDADES</b>	<b>14</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES</b>	<b>14</b>
<b>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>15</b>
1.2.1 Identificación del Problema	18
<b>1.3 OBJETIVOS</b>	<b>27</b>
1.3.1 Objetivo General	27
1.3.2 Objetivos Específicos y Acciones	27
<b>1.4 JUSTIFICACIONES</b>	<b>29</b>
1.4.1 Justificación Social	29
1.4.2 Justificación Práctica	29
1.4.3 Justificación Económica	29
1.4.4 Justificación Ambiental	29
<b>1.5 ALCANCES</b>	<b>30</b>
1.5.1 Alcance Geográfico	30
1.5.2 Alcance institucional	30
1.5.3 Alcance Temporal	30
<b>1.6 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>30</b>
1.6.1 Formulación de HIPÓTESIS	30
1.6.2 Variable Dependiente	30
1.6.2.1 Variable de entrada	30
1.6.2.2 Variable de Respuesta	31
1.6.3 Variable Independiente	31
1.6.3.1 Variable de entrada	31
1.6.3.2 Variable de Respuesta	31
<b>1.7 DISEÑO EXPERIMENTAL</b>	<b>31</b>
<b>1.8 METODOLOGÍA</b>	<b>31</b>

1.8.1	Tipología de la Investigación Científica	31
1.8.2	Tipo de investigación exploratoria	32
1.8.3	Método de la investigación	32
1.8.3.1	Método Lógico - Deductivo	33
1.8.3.2	Método Hipotético - Deductivo	33
1.8.4	Instrumentos de la recolección de datos	33
1.8.5	Fases de la investigación	33
1.9	INSTRUMENTO Y EQUIPOS	35
<b>2.</b>	<b>MARCO REFERENCIAL</b>	<b>35</b>
2.1	PREMOLDEADO	40
2.2	CONCRETO (HORMIGÓN)	43
2.3	PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO FRESCO	44
2.4	PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO ENDURECIDO	48
2.4.1	Estructura interna del Concreto	48
2.4.2	Aditivos para Concreto	51
2.4.3	Tipos de Aditivos	52
2.4.4	Usos de los Aditivos	54
<b>3.</b>	<b>DESARROLLO DEL TRABAJO</b>	<b>56</b>
3.1	RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	57
3.1.1	Recolección de información sobre el lugar, los minerales y los pre moldeados.	57
3.1.1.1	Antecedentes sobre Catavi	57
3.1.1.2	Minería en Catavi	61
3.1.1.3	Características de los minerales que se producen en Catavi	87
3.1.2	Clasificación de la información obtenida.	88
3.2	DESARROLLO DE HERRAMIENTAS PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES	90
3.2.1	Recolección de normas que ayuden a controlar la fabricación del pre moldeado.	90
3.2.1.1	Componentes del Hormigón	91
3.2.1.2	Componentes del pre moldeado en forma de Ladrillo	94
3.2.2	Identificación de leyes y artículos que permiten establecer las características de	

los pre moldeados.	98
3.2.3 Clasificación de las particularidades que deberá tener el producto.	100
<b>3.3 EVALUAR LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS.</b>	<b>106</b>
3.3.1 Identificación de las características de los residuos mineros.	106
3.3.2 Estimación de la cantidad de los residuos mineros que se pueda aprovechar.	119
3.3.3 Clasificación de los residuos para la fabricación del pre moldeados.	121
<b>3.4 DESARROLLAR MÉTODOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PRODUCTO DE INVESTIGACIÓN.</b>	<b>124</b>
3.4.1 Investigar los procesos productivos para la fabricación de pre moldeados.	124
3.4.2 Determinación del mejor proceso de producción para la obtención del pre moldeado en función de sus características y usos	131
3.4.4 Evaluar las características técnicas de pre moldeado.	137
<b>3.5 ESTIMAR LOS BENEFICIOS POR LA OBTENCIÓN DEL PRODUCTO.</b>	<b>139</b>
3.5.1 Estimar los costos en que incurre el proceso productivo.	139
3.5.2 Estimar los márgenes de ganancia.	141
3.5.3 Estimar el beneficio posible considerado una simulación de escenarios.	143
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>147</b>
<b>4.1 CONCLUSIONES</b>	<b>147</b>
<b>4.2 RECOMENDACIONES</b>	<b>150</b>
<b>5. REFERENCIAS INFORMATIVAS</b>	<b>152</b>
<b>5.1 BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>152</b>
<b>5.2 WEB GRAFÍA</b>	<b>152</b>
<b>FICHA DE CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>154</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>157</b>
<b>RESULTADO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>	<b>157</b>

## TABLAS

Tabla 1. Reservas de superficie	22
Tabla 2. Acciones de la Investigación	28
Tabla 3. Fases de la investigación	34
Tabla 4. Trabajabilidad, Revenimiento y Factor de Compactación de Concretos con tamaño máximo de Agregado, de 19 a 38 mm (3/4 ó 1 ½ pulg.)	47
Tabla 5. Comparación entre el departamento, provincia y municipio (2001)	58
Tabla 6. Comparación entre el departamento, provincia y municipio (2012)	59
Tabla 7. Especificaciones y ensayos de agua	93
Tabla 8. Clasificación de ladrillos macizos en función de su uso y propiedades	95
Tabla 9. Tolerancia para las características geométricas	96
Tabla 10. Resistencia a la compresión	96
Tabla 11. Cantidad máxima de sustancias perjudiciales que pueden presentar los desperdicios mineros (árido).	117
Tabla 12. Valores máximos de la pérdida de peso experimentada por los desperdicios mineros (árido).	118
Tabla 13. Influencias de las impurezas en el estaño fino.	124
Tabla 14. Ensayo de Compresión de la Muestra	138
Tabla 156. Comparación de los Ensayos de Resistencia a la compresión con la NB 1211002	139
Tabla 167. Resumen de costos para la elaboración del pre moldeado.	140
Tabla 18. Escenarios para las variaciones en la utilidad de la elaboración del pre moldeado (Sin factura).	144
Tabla 179. Escenarios para las variaciones en la utilidad de la elaboración del pre moldeado (Con factura).	146
Tabla 18. Ficha de caracterización del proyecto	154

## FIGURAS

Figura 1. Esquema de la Problemática	23
Figura 2. Arenales de Catavi, Granzas y cerro de Cascajo	25
Figura 3. Cerros de minerales por tratar	26
A continuación, se presenta los objetivos y acciones de la investigación que se realizaran.	27
Figura 4. Tipología de la Investigación Científica	32
Figura 5. Secuencia de actividades de la producción económica de minerales	38
Figura 6. Acomodo de partículas inertes	48
Figura 7. Relación Esfuerzo – elongación en agregado, pasta, mortero y concreto	50
Figura 8. Tipología de la Investigación Científica	55
Figura 9. Tipología de la Investigación Científica	56
Figura 10. Ubicación en el mapa de Catavi	60
Figura 11. Foto del campo minero en Catavi (1921)	62
Figura 12. Foto del inicio de actividades mineras en Catavi (1921)	63
Figura 13. Interior de una mina en Catavi	64
Figura 14. Ingenio Catavi	65
Figura 15. Estanque principal del Ingenio Catavi	65
Figura 16. Minerales obtenidos de Catavi en puerto de Arica	66
Figura 17. Bodega “Barrilla” en Catavi	67
Figura 18. Calcutas llenas de mineral concentrado obtenido de Catavi	68
Figura 19. Planta Kenko	68
Figura 20. Mesas concentradoras	69
Figura 21. Metalógrafo	70
Figura 22. Los Bubles	71
Figura 23. Lamas	72
Figura 24. Los Andariveles	73
Figura 25. Relleno de contenedores metálicos	74
Figura 26. Ingreso del convoy a la Empresa Minera Catavi	75
Figura 27. Extracción de Materia de Interior de la Mina	76
Figura 28. Área de Depósito de desechos mineros	77
Figura 29. Planta Sinck And Float	78

Figura 30. Obtención de desechos de interior mina	79
Figura 31. Vista de la calle 6 de agosto en Catavi	85
Figura 32. Vista frontal de la Empresa Minera Catavi	85
Figura 33. Maquinaria actual de la Empresa Minera Catavi	86
Figura 34. Techos pretensados	100
Figura 35. Modulares	101
Figura 36. Particularidad de una viga pre moldeada	102
Figura 37. Particularidad de un techo pre moldeado	103
Figura 38. Vigas pre moldeadas	104
Figura 39. Forma propuesta del Pre moldeado	106
Figura 40. Proceso tradicional de la extracción del mineral de Estaño (Sn)	120
Figura 41. Proceso del horno para la reducción de escoria o desechos de Estaño (Sn)	122
Figura 42. Muestra de residuos minerales de la Empresa Minera Catavi	123
Figura 43. Molde base para la fabricación de los pre moldeados	125
Figura 44. Muestras para el mezclado de los premoldeados	126
Figura 45. Muestra de residuo mineral	126
Figura 46. Esquema de proporcionalidad de dosajes	127
Figura 47. Muestra de cemento	128
Figura 48. Primera Muestra en la obtención del pre moldeado	129
Figura 49. Segunda Muestra en la obtención del pre moldeado	130
Figura 50. Tercera Muestra en la obtención del pre moldeado	131
Figura 51. Primera Muestra obtenida para la elaboración del pre moldeado	133
Figura 52. Segunda Muestra obtenida para la elaboración del pre moldeado	134
Figura 53. Tercera Muestra obtenida para la elaboración del pre moldeado	135
Figura 54. Elaboración del pre moldeado (prueba piloto)	136
Figura 55. Elaboración del pre moldeado (prueba piloto)	137
Figura 56. Bloque pre fabricado (Bloque esquina)	142

## INTRODUCCIÓN

En lo referido al desarrollo Integral la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia en su artículo 95, define que las universidades promoverán centros de generaciones de unidades productivas, en coordinación con las iniciativas productivas comunitarias, públicas y privadas.

La agenda patriótica 2025 en su punto referido a la SOBERANÍA SOBRE NUESTROS RECURSOS NATURALES CON NACIONALIZACIÓN, INDUSTRIALIZACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN EN ARMONÍA Y EQUILIBRIO CON LA MADRE TIERRA, define que es tiempo de avanzar en la industrialización y transformación de estos recursos estratégicos con pasos firmes y decididos, superando todos los obstáculos que puedan aparecer en el camino. La industrialización y transformación de nuestros recursos estratégicos son la base para avanzar en la erradicación de la extrema pobreza y contribuir al desarrollo integral del pueblo boliviano. La base de este proceso son nuestros propios técnicos y profesionales bolivianos altamente capacitados y formados con el apoyo y promoción del Estado.

En otro acápite indica que nuestra prioridad hacia el año 2025 es el fortalecimiento de dos procesos paralelos de industrialización y transformación en armonía y equilibrio con la Madre Tierra. Primero, la industrialización de los recursos naturales estratégicos, entre ellos el gas, litio, minerales y tierras raras. Segundo, la transformación industrial de alimentos, bosques y recursos de la biodiversidad, productos de consumo masivo y producción de determinados bienes de alta tecnología.

Dentro los OBJETIVOS PERMANENTES DEL SISTEMA DE LA UNIVERSIDAD BOLIVIANA de acuerdo con el Estatuto de la Universidad

Boliviana en el Capítulo VI, son objetivos del Sistema de la Universidad Boliviana.

*“Planificar y coordinar las actividades académicas de investigación y de interacción social para establecer un sistema orgánico de la educación superior del país”.*

La Universidad Pública de El Alto tiene establecido la estructura para el funcionamiento del financiamiento con recursos del Impuesto Directo a los Hidrocarburos (I.D.H.) a los proyectos concursables de Investigación.

Científica y Tecnológica a cargo de la Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología (DICyT) que depende jerárquicamente del Vice-rectorado de la U.P.E.A., y mantiene una relación funcional con todas las Áreas, Carreras Académicas y los Instituto de Investigación. La DICyT también es responsable directa de la administración de los recursos del I.D.H., puestos a disposición para el financiamiento de los proyectos de investigación científica y tecnológica concursables en la U.P.E.A.

El estado Plurinacional de Bolivia, la ley 2209 de fomento de la ciencia, tecnología e innovación, tiene el objetivo e fijar los lineamientos que debe orientar el desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en el País, así como establecer los mecanismos institucionales y operativos para su promoción y fomento.

El Instituto de Investigación y post grado dela Carrera de Ingeniería en Producción Empresarial (IIPGIPE) tiene definido el proyecto: INVESTIGACIÓN DE PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PRE MOLDEADOS CON RESIDUOS DE MOLIENDA DE MINERALES EN CATAVI.

Además, se presenta la necesidad de contar con productos utilizando materiales reciclados es una necesidad que brinda a nuestra sociedad un mejor medio ambiente y fuentes de trabajo, además de materiales a menor precio.

Por otro lado, la presente LEY N° 755 DE 28 DE OCTUBRE DE 2015 de GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS tiene por objeto establecer la política general y el régimen jurídico de la Gestión Integral de Residuos en el Estado Plurinacional de Bolivia, priorizando la prevención para la reducción de la generación de residuos. Su aprovechamiento y disposición final sanitaria y ambientalmente segura, en el marco de los derechos de la Madre Tierra, así como el derecho a la salud y a vivir en un ambiente sano y equilibrado.

## 1. GENERALIDADES

Se puede mencionar que al extraer los minerales estos pasan por procesos ya sea de forma interna o externa, esto referido al interior de la mina, al tratar de obtener los minerales con cierto grado de pureza existe una proporción de las piedras que tienen esos minerales u otra que solo contiene desechos o material que no está dentro del proceso de obtención de los minerales, estos materiales o desechos se acumulan en lugares aledaños a la mina y presenta en ciertos casos una gran cantidad. Al ver esas cantidades de residuos, se analiza la posibilidad de que afecten al medio ambiente ya sea del lugar o porque la cantidad de materiales está cerca de un río y puede contaminar de gran medida el ambiente.

Gran parte de los desechos de molienda son eliminados a vertientes para su posterior entierro o retiro a lugares donde no se aprovecha su potencial de pulverizado para la fabricación de piezas pre moldeadas en la industria de materiales de construcción. La investigación se desarrolla para producir piezas moldeadas disminuyendo el nivel de contaminación ambiental de lamas y residuos de molienda para producir piezas que pueden ser utilizadas en la construcción de viviendas, piezas, losetas y revestimientos interiores.

### 1.1 ANTECEDENTES

Los componentes pre fabricados son elementos modulares diseñados para la albañilería. En su fabricación solo se requiere materiales básicos usuales, como son la piedra partida, la arena, el cemento y el agua adicionando materiales molidos lo cual favorece a su elaboración y utilización en la construcción.

El INSTITUTO BOLIVIANO DEL CEMENTO Y EL HORMIGÓN ha venido realizando estudios sobre la *FABRICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN CON BLOQUES ECOLÓGICOS DE SUELO CEMENTO PARA VIVIENDAS*, considerando que existen varios materiales de construcción tradicionales que han demostrado ser convenientes para una amplia gama de edificaciones

y que tiene un gran potencial para incrementar su empleo en el futuro. Un tal material es el bloque prensado de tierra estabilizado con cemento, que es una forma mejorada de uno de los materiales más viejos usados para la construcción de edificios. El suelo es uno de los materiales primarios usados satisfactoriamente para la construcción de viviendas tradicionales adaptados a condiciones meteorológicas locales y según las necesidades de su uso.

EL INSTITUTO BOLIVIANO DEL CEMENTO Y EL HORMIGÓN realizó un *MANUAL DE FABRICACIÓN DE BLOQUES PRENSADOS DE SUELO CEMENTO*, donde se explica las etapas para la realización de los bloques además de las pruebas previas y posteriores necesarias. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) presenta el *Compressed Stabilised Earth Block Manufacture in Sudan* (Fabricación de bloques de tierra estabilizada comprimida en Sudan) escrita por el Doctor E. A., Adam, en colaboración con el profesor A. R. A. Agib, con el fin de que los conocimientos adquiridos durante el proceso de construcción de la escuela El Haj Yousif estén ampliamente disponibles e indica que la tierra como material de construcción ha sido usada por miles de años por las civilizaciones de todo el mundo. Se han desarrollado muchas técnicas diferentes, los métodos usados varían según el clima y medio ambiente locales, así como las tradiciones y costumbres locales. Como una estimación se cree que hasta el 30% de la población mundial vive en una casa construida de tierra.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En base a una investigación aplicada se puede llegar a producir pre moldeados a partir de la utilización de residuos minerales. En lo referido al desarrollo Integral la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia en su artículo 95, define que las universidades promoverán centros de generaciones de unidades productivas, en coordinación, en coordinación con las iniciativas productivas comunitarias, públicas y privadas.

La agenda patriótica 2025 en su punto referido a la SOBERANÍA SOBRE NUESTROS RECURSOS NATURALES CON NACIONALIZACIÓN, INDUSTRIALIZACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN EN ARMONÍA Y EQUILIBRIO CON LA MADRE TIERRA, define que es tiempo de avanzar en la industrialización y transformación de estos recursos estratégicos con pasos firmes y decididos, superando todos los obstáculos que puedan aparecer en el camino. La industrialización y transformación de nuestros recursos estratégicos son la base para avanzar en la erradicación de la extrema pobreza y contribuir al desarrollo integral del pueblo boliviano. La base de este proceso son nuestros propios técnicos y profesionales bolivianos altamente capacitados y formados con el apoyo y promoción del Estado.

En otro acápite indica que nuestra prioridad hacia el año 2025 es el fortalecimiento de dos procesos paralelos de industrialización y transformación en armonía y equilibrio con la Madre Tierra. Primero, la industrialización de nuestros recursos naturales estratégicos, entre ellos el gas, litio, minerales y tierras raras. Segundo, la transformación industrial de alimentos, bosques y recursos de la biodiversidad, productos de consumo masivo y producción de determinados bienes de alta tecnología. Dentro los OBJETIVOS PERMANENTES DEL SISTEMA DE LA UNIVERSIDAD BOLIVIANA de acuerdo con el Estatuto de la Universidad Boliviana en el Capítulo VI, son objetivos del Sistema de la Universidad Boliviana.

- Planificar y coordinar las actividades académicas de investigación y de interacción social para establecer un sistema orgánico de la educación superior del país.
- La Universidad Pública de El Alto (U.P.E.A.) tiene establecido la estructura orgánica para el funcionamiento del financiamiento con recursos del Impuesto Directo a los Hidrocarburos (I.D.H.) a los proyectos concursales de Investigación Científica y Tecnológica a cargo de la Dirección de Investigación Científica y Tecnológica (D.I.C.yT.) que depende jerárquicamente del Vice Rectorado de la U.P.E.A., y mantiene una relación funcional con todas las Áreas y

Carreras Académicas y los Institutos de Investigación. La DICyT también es la responsable directa de la administración de los recursos del I.D.H. puestos a disposición para el financiamiento de los proyectos de investigación científica y tecnológica concursables en el UPEA.

- El Estado Plurinacional de Bolivia, la Ley 2209 de fomento de la ciencia, tecnología e innovación, tiene el objetivo de fijar los lineamientos que deben orientar el desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en el País, así como establecer los mecanismos institucionales y operativos para su promoción y fomento.

La Universidad Pública de El Alto (U.P.E.A.) tiene establecido la estructura para el funcionamiento del financiamiento con recursos del Impuesto Directo a los Hidrocarburos (I.D.H.) a los proyectos concursables de Investigación Científica y Tecnológica a cargo de la Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología (DICyT) que depende jerárquicamente del Vice-rectorado de la U.P.E.A., y mantiene una relación funcional con todas las Áreas, Carreras Académicas y los Instituto de Investigación. La DICyT también es responsable directa de la administración de los recursos del I.D.H., puestos a disposición para el financiamiento de los proyectos de investigación científica y tecnológica concursables en la U.P.E.A.

El estado Plurinacional de Bolivia, la ley 2209 de fomento de la ciencia, tecnología e innovación, tiene el objetivo e fijar los lineamientos que debe orientar el desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en el País, así como establecer los mecanismos institucionales y operativos para su promoción y fomento. El Instituto de Investigación y post grado dela Carrera de Ingeniería en Producción Empresarial (I.I.yP.G.I.P.E.) tiene definido el proyecto: INVESTIGACIÓN DE PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PREMOLDEADOS CON RESIDUOS DE MOLIENTA DE MINERALES EN CATAVI.

Además, se presenta la necesidad de contar con productos utilizando materiales reciclados es una necesidad que brinda a la sociedad un mejor

media ambiente y fuentes de trabajo, además de materiales a menor precio. Por otro lado, la presente LEY N° 755 DE 28 DE OCTUBRE DE 2015 de GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS tiene por objeto establecer la política general y el régimen jurídico de la Gestión Integral de Residuos en el Estado Plurinacional de Bolivia, priorizando la prevención para la reducción de la generación de residuos. Su aprovechamiento y disposición final sanitaria y ambientalmente segura, en el marco de los derechos de la Madre Tierra, así como el derecho a la salud y a vivir en un ambiente sano y equilibrado.

### **1.2.1 Identificación del Problema**

En otra faceta la fábrica de bloques para pre moldeados con la adición de gravas se los realiza usando maquinas vibratorias, sin embargo, la disponibilidad de este tipo de equipos en muchas zonas rurales es prácticamente nula, obligando a recurrir a la vibración manual. La calidad de los bloques depende de cada etapa del proceso de fabricación, fundamentalmente de la cuidadosa selección de las materias primas, la determinación adecuado de la dosificación, la elaboración optima en lo referente al mezclado, moldeo y compactación, asimismo un curado adecuado.

La Ready Mix tiene dos plantas de hormigón premezclado, una en El Alto, sobre la avenida 6 de marzo y otra en Chuquiaguillo, municipio de La Paz. La producción de ambas es de poco menos de 21,000 m<sup>3</sup>/mes, que se vende tanto al sector público como al privado, también se usaron en obras como la doble vía La Paz - Oruro y El Alto - Viacha, las estaciones del teleférico El Alto - La Paz y el centro Mario Mercado<sup>1</sup>, entre otras. Se atiende una lista de entre 40 y 50 clientes por mes.

Unos 70 obreros trabajan entre ocho y 10 horas diarias, en caso de ser necesario, en ambas instalaciones de la empresa. Pero por el aumento de la demanda, desde el lunes 25 de este mes se unirán al trabajo 30 personas para horarios nocturnos y domingos, lo que implicará un aumento de 50 m<sup>3</sup> de hormigón por día. Sin embargo, la medida más importante para hacer

---

<sup>1</sup> Gran Centro Club Bolívar - Av. 14 de Septiembre esq. C. 17 S/N - Obrajés, La Paz, Bolivia

frente a la demanda del mercado es la instalación de una planta que desde hacía varios meses se pensó edificar en Kellumani, zona Sur de La Paz, que elevará la producción en casi el doble, por lo cual se llegará así a un aproximado de 39,000 m<sup>3</sup> mensuales, un 64% más que la demanda actual.

Dicha fábrica debía estar lista en octubre, pero desde hace siete meses se tramita la autorización con la Alcaldía de La Paz, que quedó estancada debido a una discusión por el trabajo que realizan los areneros que abastecerán a la nueva planta en Kellumani y que supuestamente ocasiona serios daños en el medio ambiente. *“La Alcaldía exige que presentemos documentos de proveedores de áridos, que avalemos que ellos tienen sus papeles en orden, pero nosotros no somos autoridad para controlar eso”*, reclamó Lara, quien añadió que por ello *“se está viendo de emplazar la planta en otro municipio, a cinco kilómetros de (la ciudad de) Viacha, en un terreno de SOBOCE<sup>2</sup>, porque allí son más rápidos los trámites. Consideramos que estará lista para mediados de diciembre”*.

En la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental del G.A.M.L.P., confirmaron que el trámite de la autorización se estancó y que esto se debe al daño que ocasiona en taludes y lechos de los ríos la extracción indiscriminada de arena y grava. Según esta unidad, la empresa es a su vez responsable de ello, porque trabajan directamente con los areneros, que son los proveedores de la materia prima. El Decreto Supremo 26736, de julio de 2002, señala en su artículo 12 que *“la industria es responsable de la contaminación ambiental que genere en las fases de implementación, operación, mantenimiento, cierre y abandono de su unidad industrial, de acuerdo a reglamento”*.

Se puede mencionar que al extraer los minerales estos pasan por procesos ya sea de forma interna o externa, esto referidos al interior de la mina, al tratar de obtener los minerales con cierto grado de pureza existe una proporción de las piedras que tienen esos minerales u otra que solo contiene desechos o material que no está dentro del proceso de obtención de los minerales, estos materiales o desechos se acumulan en lugares aledaños a la mina y presenta en ciertos casos una gran cantidad. Al ver esas cantidades de

---

2 Sociedad Boliviana de Cemento S.A.

residuos, se analiza la posibilidad de que afecten al medio ambiente ya sea del lugar o porque la cantidad de materiales está cerca de un río y puede contaminar de gran medida el ambiente. También se puede agregar que gran parte de los desechos de molienda son eliminados a vertientes para su posterior entierro o retiro a lugares donde nos e aprovecha su potencial de pulverizado para la fabricación de piezas pre moldeadas en la industria de materiales de construcción. La investigación se desarrolla para producir piezas moldeadas disminuyendo el nivel de contaminación ambiental de lamas y residuos de molienda para producir piezas que pueden ser utilizadas en la construcción de viviendas, piezas, losetas y revestimientos interiores. En base a una investigación aplicada se puede llegar a producir pre moldeados a partir de la utilización de residuos minerales. Según Alejandro Salazar, profesor de la Universidad del Cauca además de ser gerente ECO - Ingeniería, menciona que: *“existe la necesidad de producir viviendas de interés social dignas, a precios competitivos y accesibles y que correspondan a las verdaderas expectativas del usuario final”*.

Además, menciona que se pretende impulsar la utilización de materiales de construcción no convencionales, buscando soluciones a problemas más sentidos en la sociedad, como es la vivienda de interés social, se pretende sustituir parcial o totalmente el consumo de materias primas escasas o ubicadas en sitios distantes, reduciendo el incremento de costos que ello conlleva. Así se contribuye a la innovación y al desarrollo, con el consecuente beneficio económico y alto impacto social y ecológico. Estos materiales se llaman ECOMATERIALES. También es importante mencionar que la demanda de hormigón premezclado en las ciudades de La Paz y El Alto supera en 19% la capacidad de producción que tiene actualmente, la única empresa dedicada a este sector en la región es Ready Mix<sup>3</sup>. Se prevé que la instalación de una nueva planta cubra y sobrepase la demanda en más de la mitad (64%). *“Aunque es complicado el cálculo, de acuerdo con la cantidad de clientes que no logramos atender, tenemos un aproximado de 4,000 m<sup>3</sup>/ mes que no se está cubriendo. Para solucionar esto asumiremos*

---

<sup>3</sup> Es un material compuesto, empleado en construcción, formado por el mejor cemento, agregados de alta calidad, agua y aditivos específicos que son mezclados en proporciones óptimas y adecuadas que garantizan la resistencia requerida.

*medidas paliativas como la construcción de una planta”, dijo el jefe regional de Hormigón y Áridos, Christian Lara.*

No se tiene información sobre el uso de adiciones cementantes o que se le da al cemento, ya sean estas activas e inertes, sobre la posibilidad de elaborar elementos de mampostería similares a los convencionales y de bajo costo a partir de residuos sólidos. Además, se presenta el gran problema sobre la disposición de los residuos industriales y escombros de construcción, lo cual causa un permanente impacto ambiental. Al cambiar los materiales para la construcción de elementos que ayuden a la edificación de viviendas, será posible reducir los costos y si se trata de materiales de buena calidad el producto final será también de una calidad que satisfagan las necesidades del usuario final. Según la publicación de la Razón el 4 de junio de 2013, donde se señala lo siguiente: *“El 50% de las colas de arena del distrito minero de Catavi, donde aún existen residuos de estaño, fue entregado ayer por el presidente Evo Morales a 22 cooperativas mineras del Norte de Potosí en calidad de arriendo. La otra mitad será para la COMIBOL<sup>4</sup>”.*

En el acto de entrega, efectuado en la población de Llallagua, Morales pidió a la COMIBOL que emita una resolución para que las cooperativas mineras del lugar exploten el 50% de colas de arena. Añadió también que el *“Estado tiene la responsabilidad de aprovechar (estos recursos), pero si no puede, igual pasará el 100% a todas las cooperativas mineras”.*

La Empresa Minera Catavi, tiene una explotación de más de 100 años, existen en ese centro minero, 18 millones de toneladas de pasivos ambientales de los que se puede rescatar estaño de baja ley, es decir de entre 0.30 ó 0.40%. Las colas-arenas son residuos mineros sulfurosos de gran volumen, en la Tabla 2 se muestran el tonelaje y ley para el año 1987, que a la fecha ha disminuido aproximadamente en 1.5 millones de toneladas.

---

4 Corporación Minera de Bolivia

**Tabla 1. Reservas de superficie**

Descripción	Toneladas	% en peso de Estaño (Sn)	Toneladas finas
Colas – arenas	19,492,000	0.29	56,527
Granzas	1,247,300	0.58	7,234
Total colas	20,739,300	0.435 <sup>5</sup>	63,761

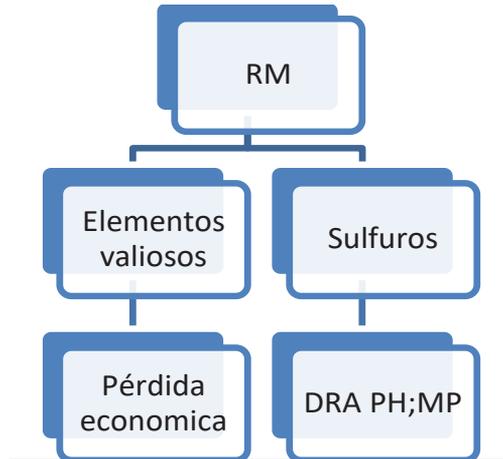
**Fuente:** Elaborado con base en EMC 1987

En la actualidad la Planta C-4 retrata alrededor de 250 TN por día (TPD), con ley de cabeza de 0.41% en peso de Estaño (Sn) y recuperación de 48%, estos índices han variado muy poco en los últimos años. En el proceso se obtiene alrededor de una tonelada de concentrado, con ley aproximada del 51% Sn en peso (producto comercial); esto significa que cerca de 249 TN del residuo retratado es vertido cada día al río Catavi en forma de pulpa como desechos.

Los desechos se denominan colas finales, pero aún contienen estaño y otros elementos valiosos, y además, al provenir de las colas-arenas, continúan siendo residuos sulfurosos y que pueden generar drenaje ácido de rocas. Por tanto, se puede advertir que existen dos problemas. Pérdida del mineral valioso en la operación de la Planta C-4 y Generación de impacto ambiental, por el vertido de las colas finales al río.

---

<sup>5</sup> Este valor se obtuvo en base al promedio de los porcentajes en peso de Estaño (Sn)

**Figura 1. Esquema de la Problemática**

**Fuente:** Elaborado con base en EMC 1987

Frente a este hecho, surge la necesidad de iniciar algunas medidas viables, y mejorar la práctica de la operación minera. Las medidas alternativas son desde dos puntos de vista: el metalúrgico y el ambiental.

- Realizar el retratamiento metalúrgico de las colas finales, para recuperar casiterita.
- Separar los sulfuros del RM, para su disposición adecuada según normas.

Además, se recalca que: “Son nueve millones de toneladas (TN) de colas de arena que contienen 0.3% de concentrado de estaño (baja ley) que se entregó a este sector, pero el total del yacimiento tiene 18 millones de TN”, dijo a La Razón el director de Proyectos de la COMIBOL, Ramiro Sanabria. “Para los 18 millones de toneladas, la COMIBOL ya tenía elaborado el Estudio TESA (Técnico Económico Social y Ambiental) porque no teníamos que darles nada (a las cooperativas), pero ellos han pedido y por eso el Gobierno les otorgó”, dijo Sanabria.

Sin embargo, para que las cooperativas puedan explotar las colas de arena deberán presentar también su estudio TESA donde expliquen en qué lugar estará su ingenio y su propio dique de colas, añadió el director, quien adelantó que este proyecto deberá estar listo en al menos dos años. Como la otra mitad de las colas fue entregada a las cooperativas, la COMIBOL deberá elaborar un nuevo cálculo de inversión porque el que tenían estaba previsto para 18 millones de TN. *“Ahora tendremos que hacer un nuevo cálculo con nueve millones de TN, pero incluyendo para otros 20 millones de TN de otros descartes (colindantes al lugar)”*, precisó el Director de Proyectos. Para los 18 millones de TN de las colas de arena, la COMIBOL estimó una inversión de alrededor de \$US 30 millones para construir el ingenio y el dique de colas.

El máximo dirigente de la Federación Regional de Cooperativas Mineras (FERECOMIN) del Norte de Potosí, Artemio Mamani, informó que la Gobernación de ese departamento desembolsará Bs 461,000 como contraparte para el dique de colas de las cooperativas. Por último, se menciona que: El secretario general de la Federación Sindical de Trabajadores Mineros de Bolivia (FSTMB), Joaquín Mamani, lamentó que el Gobierno haya entregado a las cooperativas el 50% de colas de arena de Catavi porque no retribuirán con impuestos al Estado como corresponde. *“Lo que queda es hacer que el proyecto de la COMIBOL marche para crear fuentes laborales formales y no informales como el de las cooperativas”*<sup>6</sup>

Actualmente se presenta en la región minera de Catavi residuos que están amontonados, como un arenal que en ocasiones por el ambiente puede llegar a ser toxico debido a los gases que se producen por la combinación con el oxígeno. Los arenales por lo general se presentan en forma de pueden presentar la siguiente forma.

---

6 [http://www.la-razon.com/economia/Cooperativas-explotaran-residuos-minerales\\_0\\_1845415463.html](http://www.la-razon.com/economia/Cooperativas-explotaran-residuos-minerales_0_1845415463.html)

**Figura 2. Arenales de Catavi, Granzas y cerro de Cascajo**

*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

También se puede decir que hay cantidades inmensas de cascajo y residuos en el lugar, como se vio en la anterior figura. Por otro lado, se considera lugares específicos para minerales que se va a tratar posteriormente, es decir que presenta como un almacén de materia prima pero expuesta a cambios de temperaturas, esto provoca la existencia de cerros de minerales por tratar como se muestra en las siguientes figuras.

**Figura 3. Cerros de minerales por tratar**



*Fuente: Pablo Díaz Terceros – Llallagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

En ocasiones se condicionan los materiales desperdiciados como parte del proceso, en otros casos no se puede establecer la utilidad de los mismos, esto causa una posible contaminación de los ambientes o alrededores de las minas. Los minerales tratados están apilados en sacos al aire lo que provoca que por inclemencias del tiempo estas pueden estar mojadas o que los mismos sacos presentan roturas. Los pre moldeados se pueden fabricar con diversas mezclas de cementos, piedras, áreas u otros materiales conocidos como agregados, se puede decir que son materiales componentes para una mezcla, empastados con cantidades suficientes de agua que se endurecen dentro de los moldes tomando la forma adecuada. También es bueno saber que el residuo de molienda está en estado sólido o semisólido que se genera en procesos de extracción, beneficio, etc. Los residuos deben ser tratados para ser limpios o libres de materia orgánica, arcillas u otros materiales que reduzca la resistencia de los pre moldeados y que juntamente con el mezclado con otros aditamentos y agua formen un conjunto de máxima calidad, además que el tamaño de los residuos y agregados debe fijarse en proporción con el tipo de pre moldeados que se desee elaborar.

Es necesario la realización de bloques pre moldeados usando materiales propios de la región para minimizar los costos de transporte y aumentar las utilidades, beneficiando con un producto de buena calidad y que contribuirá a la calidad de vida de las personas o entidades que usen los pre moldeados, ya sea en la región o en otra parte del país. Además se puede minimizar la cantidad de desechos de molienda de minerales, lo cual permitirá disminuir las montañas o cantidades de desechos por la molienda de minerales, asimismo lograra mejorar el medio ambiente. Con toda la anterior información se puede identificar el problema como:

***Actualmente se presentan residuos minerales que no son aprovechados en la empresa minera de Catavi.***

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Investigar los procesos de fabricación de pre moldeados con residuos de molienda de minerales en Catavi.

### **1.3.2 Objetivos Específicos y Acciones**

A continuación, se presenta los objetivos y acciones de la investigación que se realizaran.

**Tabla 2. Acciones de la Investigación**

Objetivos Específicos	Acciones
Recolección y análisis de información	Recolección de información sobre el lugar, los minerales y los pre moldeados.
	Clasificación de la información obtenida.
	Presentación de un informe de actividades.
Desarrollo de herramientas para la selección de materiales	Recolección de normas que ayuden a controlar la fabricación del pre moldeado.
	Identificación de leyes y artículos que permiten establecer las características de los pre moldeados.
	Clasificación de las particularidades que deberá tener el producto. Presentación de un informe de actividades sobre las normas adoptadas.
Evaluar las normas para el tratamiento de residuos	Identificación de las características de los residuos mineros.
	Estimación de la cantidad de los residuos mineros que se pueda aprovechar.
	Clasificación de los residuos para la fabricación del pre moldeados.
	Realizar un informe sobre las características de los pre moldeados a ser fabricados
Desarrollar métodos para la elaboración del producto de investigación	Investigar los procesos productivos para la fabricación de pre moldeados.
	Determinación del mejor proceso de producción para la obtención de los pre moldeados en función de sus características y usos
	Evaluar las características técnicas de pre moldeado.
	Realizar un informe sobre el método más adecuado para la fabricación de pre moldeado.
Estimar los beneficios por la obtención del producto	Estimar los costos en que incurre el proceso productivo.
	Estimar los márgenes de ganancia.
	Estimar ingreso posible considerado una simulación de escenarios

**Fuente:** Hernández Sampieri – Metodología de la Investigación 6 Ed.

## **1.4 JUSTIFICACIONES**

### **1.4.1 Justificación Social**

El proyecto se justifica socialmente ya que se aprovechará residuos de la minería lo cual permitirá mejorar la calidad de vida de los habitantes de Catavi y de los mismos trabajadores por la actividad relacionada con la minería. Además de que también favorecerá a los consumidores del pre moldeados que en su mayoría son las familias que construyen sus viviendas.

### **1.4.2 Justificación Práctica**

Técnicamente se justifica ya que existe materia prima para usarla en la fabricación de pre moldeados, además que se puede adquirir los aditamentos necesarios para adecuada elaboración junto con la maquinaria y equipos necesarios. Asimismo, permitirá el conocimiento de la técnica para su elaboración.

### **1.4.3 Justificación Económica**

Se justifica económicamente el proyecto ya que se tendrá otra fuente de ingreso aprovechando los residuos de la molienda, esto permitirá la opción de crear otros derivados por la extracción de minerales, asimismo la comercialización de los pre moldeados permitirá una mayor opción para la industria de la construcción.

### **1.4.4 Justificación Ambiental**

El proyecto es justificable en el aspecto ambiental ya que permitirá el trato de los residuos sólidos con un valor agregado y permitirá no acumular los restos solidos que puedan contaminar al ambiente, además de reducir la contaminación de suelos en Catavi. El uso de los residuos mineros de la región no repercutirá negativamente en el medio ambiente, además que este proceso evitará la acumulación de tales residuos en terrenos baldíos.

## **1.5 ALCANCES**

Los alcances considerados en el estudio son los siguientes.

### **1.5.1 Alcance Geográfico**

El estudio estará comprendido en el Departamento: Potosí, la Provincia: Rafael Bustillos y Municipio de Llallagua, el lugar específico será Catavi.

### **1.5.2 Alcance institucional**

El alcance en este punto será a través del Instituto de Investigaciones de la Carrera de Ingeniería en Producción Empresarial y Posgrado (IIPGIPE).

### **1.5.3 Alcance Temporal**

El estudio será elaborado en nueve meses.

## **1.6 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

La hipótesis para la investigación está en base a las variables de estudio enmarcado en el planteo del problema y objetivo, y esta expresado de la siguiente manera.

### **1.6.1 Formulación de HIPÓTESIS**

La investigación de los procesos de fabricación de pre moldeados en base a agregados finos permitirá el mejor uso de residuos de molienda de minerales en Catavi.

### **1.6.2 Variable Dependiente**

#### **1.6.2.1 Variable de entrada**

La variable de entrada será: El mejor uso de residuos de molienda de minerales.

### **1.6.2.2 Variable de Respuesta**

El beneficio obtenido por el uso de los residuos de la molienda.

### **1.6.3 Variable Independiente**

#### **1.6.3.1 Variable de entrada**

La variable de entrada será: La investigación de los procesos de fabricación de pre moldeados en base a agregados finos.

#### **1.6.3.2 Variable de Respuesta**

La composición de los residuos para ver el porcentaje de aprovechamiento y la cantidad de pre moldeado que se obtiene.

## **1.7 DISEÑO EXPERIMENTAL**

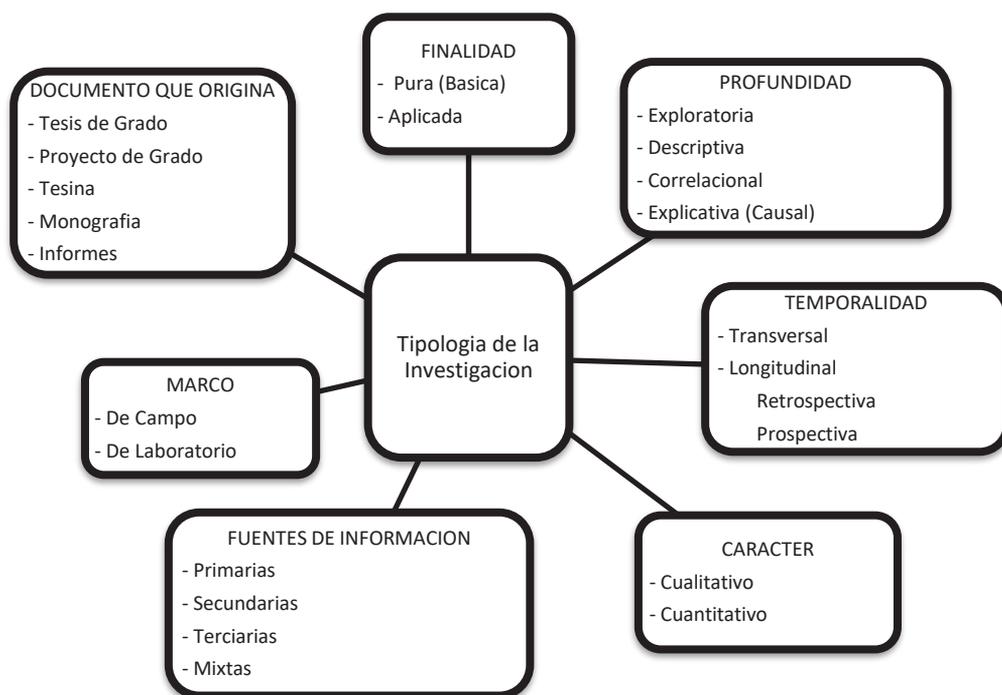
Es necesario realizar un diseño experimental en el proceso de obtención del pre moldeado, esto para comprobar la calidad y durabilidad, para esto se usaran pruebas estadísticas necesarias.

## **1.8 METODOLOGÍA**

### **1.8.1 Tipología de la Investigación Científica**

En la siguiente grafica se detalla la tipología de investigación científica que se emplea.

**Figura 4. Tipología de la Investigación Científica**



Fuente: Hernández Sampieri – Metodología de la Investigación 6 Ed.

### 1.8.2 Tipo de investigación exploratoria

La investigación exploratoria permitirá buscar conocimientos o solucionar problemáticas siguiendo un procedimiento científico destinado a recabar información de un determinado fenómeno científico o social. Además, permitirá seguir una serie de pasos, en esta investigación se usará el tipo de investigación correlacionar que permitirá medir la relación entre las variables dependiente e independiente.

### 1.8.3 Método de la investigación

Los métodos y técnicas de investigación son las herramientas metodológicas de la investigación que permiten implementar las distintas etapas de esta,

dirigiendo los procesos mentales y las actividades hacia la consecución de los objetivos definidos. Los métodos que se usaran en la investigación son el Lógico – Deductivo y el Hipotético – Deductivo.

### **1.8.3.1 Método Lógico - Deductivo**

Mediante este método se aplican los principios descubiertos a casos particulares a partir de un enlace de juicios. El papel de la deducción en la investigación es doble.

### **1.8.3.2 Método Hipotético - Deductivo**

Un investigador propone una hipótesis como consecuencia de sus inferencias del conjunto de datos empíricos o de principios y leyes más generales. En el primer caso arriba a la hipótesis mediante procedimientos inductivos y en segundo caso mediante procedimientos deductivos. Es la vía primera de inferencias lógico deductivo para arribar a conclusiones particulares de la investigación a partir de la hipótesis y que después se puedan comprobar experimentalmente.

### **1.8.4 Instrumentos de la recolección de datos**

El método principal para la recolección de datos usados será el siguiente:

- Revisión y Análisis documental.
- Obtención de información primaria en caso necesario.
- Entrevistas con personas conocedoras del proceso minero.

### **1.8.5 Fases de la investigación**

Las fases son etapas que se usan para cumplir un plan, en esta investigación se debe detallar las actividades necesarias para el cumplimiento de objetivos.

**Tabla 3. Fases de la investigación**

Fase	Acciones	Observación
1	Recolección y análisis de la información	Se busca la información relacionada al tema de investigación, para eso se sugiere averiguar por separado los datos de residuos de molienda de minerales y los pre moldeados, los elementos necesarios para la obtención del producto, y por otra parte averiguar la cantidad y calidad de los residuos de molienda de minerales, que cantidad se pueda aprovechar de dichos residuos. Por eso se sugiere una revisión de documentos relacionados a la producción minera, estadísticas y datos socioeconómicos en Potosí y específicamente Catavi. Además se debe sistematizarla en datos estadísticos y esquemas sintéticos para su análisis
2	Desarrollo de herramientas para la selección de materiales	Una vez obtenida la información se debe conocer, evaluar y analizar cuál es la mejor técnica para la obtención de pre moldeado, esto se puede realizar con indicadores de control de calidad
3	Evaluar las normas para el tratamiento de residuos.	Se debe evaluar los posibles impacto ambiental por el uso de los residuos además de que marco regulatorio involucra dicho tratamiento además de apoyarse en una gestión de residuos.
4	Desarrollar métodos para la elaboración del producto de investigación.	Se identificara los aditamentos necesarios para la elaboración del producto, además de evaluar su rendimiento en especial de los residuos, en base a esto se considera la fabricación de piezas pre moldeadas y sus pruebas de resistencia correspondiente.
5	Estimar los beneficios por la obtención del producto	Se debe estimar en base a la comercialización del producto, el posible segmento de mercado que puede tener el pre moldeados, además de estimar la producción minera en Catavi y de dicha producción cuanto se incrementaría los beneficios. Se debe ver el nivel de aceptación del producto, el uso que se le daría y estimar los ingresos por la venta de los productos ya sea a los habitantes en la cercanía como a otros lugares.

*Fuente: Hernández Sampieri – Metodología de la Investigación 6 Ed.*

## 1.9 INSTRUMENTO Y EQUIPOS

Se estima los siguientes elementos:

- Sistemas de dosificación
- Balanzas
- Moldes
- Madera
- Vernier
- Prensa
- Circuito de baldes
- Acero
- Termómetros
- Mezcladoras

## 2. MARCO REFERENCIAL

Según el INSTITUTO BOLIVIANO DEL CEMENTO Y EL HORMIGÓN en su libro *“FABRICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN CON BLOQUES ECOLÓGICOS DE SUELO CEMENTO PARA VIVIENDAS”* indica que: La construcción con materiales provenientes del suelo son usados en el 70% en zonas semi urbanas mientras este número excede el 90% en áreas rurales.

Sostiene que las viviendas son construidas completamente o parcialmente con suelo, dependiendo la ubicación, clima, habilidad de mano de obra, costos y empleando sistemas de construcción tradicionales de lugar. La estabilización con cemento de los bloques prensados de tierra da lugar al material conocido como suelo cemento, una mezcla íntima de suelo pulverizado, cemento y agua que, bajo condiciones óptimas de compactación, humedad y densidad, forma un elemento estructuralmente resistente. Esta estabilización es la más difundida y la que otorga al bloque de tierra las mejores características de resistencia y durabilidad, haciéndolo comparable con ladrillos cerámicos. La cantidad de cemento añadido, sin embargo, debe ser limitada a un nivel tal que dé al bloque la calidad necesaria, sin aumentar su costo de fabricación. Tanto para su uso en el medio rural como urbano, el ladrillo de suelo cemento es una excelente alternativa para la construcción de albañilería en habitaciones u otras edificaciones.

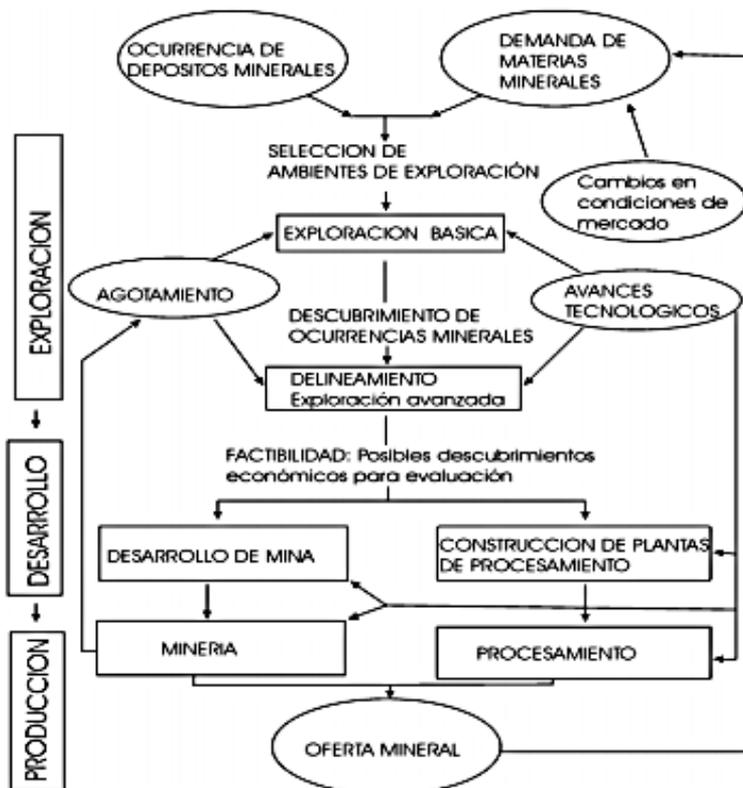
Como ventajas se puede mencionar que el suelo está disponible en grandes cantidades en la mayor parte de las regiones, se puede mencionar que es económico en la mayor parte del mundo, además que el suelo es fácilmente accesible para poblaciones de bajos ingresos. En algunos lugares este es el único material disponible. También se ve una facilidad de empleo que por lo general no requiere el equipo muy especializado. Conveniente como un material de construcción para la mayor parte del edificio. Además, es resistente al fuego, el funcionamiento térmico es beneficioso a los efectos climáticos en la mayoría de las regiones debidos equilibrio interno satisfactorio de la temperatura, permitiendo mejoras en la calidad de vida de los ocupantes de vivienda elaborados con este, así como ahorro de energía.

Su bajo consumo de energía en el proceso y la manipulación del suelo en la fabricación industrial de bloques de suelo estabilizado, solamente cerca del 1% de la energía requirieron para fabricar y procesar el mismo volumen de hormigón. Según el documento publicado por la UNESCO "*Compressed Stabilised Earth Block Manufacture*", la energía que se necesitó para fabricar y procesar un metro cubico fue cerca de 30 MJ (10 KVH), mientras que se requirió cerca de 3,000 MJ (833 KVH) para la fabricación del mismo volumen de hormigón. Resultados similares también fueron divulgados por Hábitat (UNCHS) comparando la fabricación de bloques de suelo que compara con los ladrillos cocidos de la arcilla. Posee un reducido cambio volumétrico por absorción o pérdida de humedad. Excelente acabado con aristas firmes, inalterabilidad en contacto con el agua, lo que permite mayor seguridad ante inclemencias del tiempo y prescindir de revoques otorgando una solución más económica con un buen acabado. Los métodos de producción son técnicamente accesibles a la mano de obra local y no requiere de mayores conocimientos de construcción. En su versión de fabricación manual, no consume combustible (proceso de fabricación ecológico). El bloque puede ser elaborado al pie de obra, permitiendo ahorros en tiempos y costos de transporte y manipuleo. Existe la tecnología para la producción a pequeña o gran escala, de acuerdo a la demanda. Al

ser el bloque un adobe mejorado, el conocimiento y la aceptación social en el medio podrían lograrse fácilmente. Los métodos de construcción son técnicamente accesibles a la mano de obra local y no requiere de mayores conocimientos de construcción. En su versión de fabricación manual, no consume combustible (proceso de fabricación ecológico). El bloque de suelo cemento es una buena alternativa para la edificación de viviendas sociales, dentro de los programas impulsados por el Gobierno, ya que representa un material local de bajo costo, seguro, fácil de construir, con un buen acabado sin necesidad de revoque y de alta calidad. El bloque puede ser elaborado al pie de obra, permitiendo ahorros en tiempos y costos de transporte y manipuleo, existe la tecnología para la producción a pequeña o gran escala, de acuerdo a la demanda. Al ser el bloque un adobe mejorado, el conocimiento y la aceptación social en el medio se lograrán fácilmente.

El proceso de lograr una producción económica de minerales consiste en una secuencia de actividades con múltiples etapas por las cuales los minerales se transforman desde un recurso geológico desconocido hasta materiales negociables como se muestra en la Figura 5.

**Figura 5. Secuencia de actividades de la producción económica de minerales**



**Fuente:** Hernández Sampieri – Metodología de la Investigación 6 Ed.

Según el Artículo de Producción de Componentes Prefabricados para la Construcción a partir de Concreto Elaborado con Agregados Reciclados de RCD del Taller de Desarrollo Tecnológico II, los bloques de concreto que son elementos modulares y pre moldeados, están dentro de la categoría de mampuestos que en obra se manipulan a mano y son especialmente diseñados para la albañilería confinada y armada. Los bloques de concreto se emplean en la construcción de muros para viviendas (exteriores e interiores), parapetos, muros de contención, sobre cimientos, etc.

La albañilería confinada con bloques de concreto, de manera similar que cuando se usa ladrillo cerámico, requiere de vigas y columnas de confinamiento. Según el texto FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO CON UNA MESA VIBRADORA del Dr. Ing. Javier Arrieta Freyre y el Ing. Enrique Peñaherrera Deza de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, FACULTAD DE INGENIERA CIVIL, la ventaja con este tipo de unida de albañilería es que por su tamaño proporciona una economía en el tiempo de ejecución, en el uso de mano de obra y en la cantidad de mortero necesaria, lo que conduce a un abaratamiento del costo de producción, además reduce el número de juntas.

La transmisión de calor a través de los muros es un problema que se presenta en las zonas cálidas y en las frías, siendo así más conveniente el empleo de cavidades con aire en el interior de los muros permitiendo que se formen ambientes más agradables. La construcción con bloques de concreto presenta ventajas económicas en comparación con cualquier otro sistema constructivo tradicional, la que se pone de manifiesto durante la ejecución de los trabajos y al finalizar la obra. Estas ventajas se originan en la rapidez de fabricación, exactitud y uniformidad de las medidas de los bloques, resistencia, durabilidad, desperdicio casi nulo y sobre todo por construir un sistema modular. Esta circunstancia permite computar todos los materiales en la etapa de proyecto con gran certeza y dichas cantidades se aproximan a los realmente usados en obra. Esto significa que es muy importante la programación y diagramación de todos los detalles previamente a la iniciación de los trabajos.

## 2.1 PREMOLDEADO

El premoldeado es conocido como una prefabricación, es un método industrial de fabricación de elementos o partes de una construcción, para su posterior instalación o montaje en obra. Para este pre moldeado se usa como materia prima el hormigón de cemento, este se elabora con mezclas de cemento, piedras y arena u otros materiales análogos, conocidos con el nombre de agregados. Estos agregados deben estar limpios y libres de materias orgánicas, arcillas u otros materiales cuya presencia reduzca la resistencia del hormigón, el tamaño máximo de los agregados gruesos debe fijarse en proporción con el elemento que desee moldear. La cantidad de agua necesaria que debe agregarse es la que produce una mezcla trabajable.

El cemento necesita una cantidad de agua determinada para su reacción química y toda la que se agregue por encima a esa cantidad, contribuye a disminuir la resistencia y compacidad del hormigón. La dosificación debe estudiarse en función de los elementos a pre moldear. Debe obtenerse un hormigón de gran densidad y hacer la mezcla con un mínimo de agua, estando esto íntimamente relacionado con la forma en que se moldean las piezas.

Las piezas que se pre moldean pueden ser de tipo Estructurales: De hormigón Armado (considerando Viguetas, losetas, etc.), de hormigón pretensado (placas de cubierta, vigas, este sistema se complementa con elementos de hormigón armado, columnas, paneles de cerramiento lateral, etc.). Elementos de hormigón simple (bloques de hormigón, adoquines de hormigón, tejas, baldosas de vereda, soleras, etc.) El proceso de fabricación de los elementos de hormigón simple comprende la elaboración del hormigón, preparación de los moldes, moldeo de las piezas, terminación superficial (si la hubiere) y el curado. En cada planta industrial de hormigón, habrá un sector destinado a acopiar materia prima y una planta elaboradora de hormigón.

También es importante la obtención de los moldes. Un buen molde es esencial para la obtención de buenos productos, la exactitud de las medidas y la fidelidad de los dibujos son esenciales para obtener piezas de buena calidad. Si se trata de la fabricación de piezas en serie, los moldes deben ser metálicos, pero son costosos por las formas que se debe obtener. Los moldes deben ser engrasados antes de colocar el hormigón para permitir el desmolde, una vez usado debe limpiarse y revisarse para verificar su estado y de ser necesario descartarlo. En el moldeo de las piezas se debe considerar la cantidad de agua de la mezcla que depende del tipo de molde y de la manera de llenarlo. Si se usa un procedimiento especial como el centrifugado o vibrado y otro procedimiento mecánico (método usado para fabricación de tubos), puede disminuirse la cantidad de agua y tener la seguridad del perfecto llenado de moldes. Para figuras complicadas, es conveniente sin embargo usar hormigones más fluidos, que ocupen perfectamente todos los espacios; generalmente en estos casos la resistencia e impermeabilidad del hormigón tiene menor importancia (no se trata de tuberías)

Si hubiera una terminación superficial se debe tomar en cuenta el uso de la terminación con herramientas (el método es el mismo que puede aplicarse a una piedra natural y debe trabajarse con las herramientas y obreros especializados en estos trabajos), el desgaste y pulido (la superficie puede desgastarse con *arborundum* para obtener una superficie lisa y luego pulirse con piedra fina, hasta obtener el grado de pulido deseado), el dejar el agregado a la vista (este método consiste en quitar de la superficie la película de cemento en la que cada partícula viene envuelta y usar un agregado o combinación de agregados que de un aspecto agradable cuando quede a la vista; el mejor momento para ejecutar este trabajo está comprendido entre las ocho y 36 horas después de colocado el hormigón) y si se usara cemento coloreado (al hormigón puede darse todos los colores que se desee, agregando en su masa diversos pigmentos, para obtener colores puros es necesario el uso de cemento blanco y agregados los más

blancos posibles; suelen usarse en estos casos marmolina o arena sílicea blanca, siendo preferible esta por su mayor resistencia).

Otro aspecto importante es el Curado. Que en si es el endurecimiento del hormigón y solo se debe a una acción química entre el cemento y el agua, es un proceso que continua siempre, por eso no puede fijarse un periodo definido de curado, sin embargo, la máxima resistencia del hormigón de cemento se obtiene prácticamente a los seis meses, a los tres meses el hormigón tiene un 80% de resistencia que puede llamarse final y a los 28 días el 60%. La condición ideal para el curado del hormigón lo constituye un ambiente húmedo y templado, las piezas de hormigón pueden curarse al exterior o en cámaras especiales, los elementos Pre moldeados de hormigón de cemento son normalmente curados en cámaras de vapor, el hormigón curado en una cámara de vapor durante 24 horas y luego de 7 días mantenido en condiciones favorables, adquiere la misma resistencia que un hormigón curado a la intemperie a los 28 días. La utilización de Pre moldeados de hormigón hizo que las formas de realizar las construcciones se modificaran.

Los tipos de sistemas constructivos pueden ser tradicional (este es muy difundido en el país, es un método antiguo la realización es “In –Situ” se tiene éxito en la solidez, el sistema de obra es húmeda, la desventaja que la construcción es lenta, pesado y cara, obligara a las marchas y contramarchas en los trabajos), Racionalizado, se racionaliza la obra tradicional, es una obra húmeda, el bloque es como un elemento ordenador del sistema con piezas especiales para cada solución como ser vigas, dintel, etc., las obras son absolutamente programadas y no admite marchas y contramarchas, no requiere mano de obra altamente calificada, adema que requiere un buen proyecto y directos de obra para que sea de rápida ejecución, el tipo de construcción se realiza en su mayoría con bloques de hormigón) e industrializado(esto implica la realización previa en taller de los elementos componentes, en obra solo se montan. También se considera la construcción en seco (no se usa los morteros), incluso algunos paneles

pre elaborados pueden ser pretensados; la construcción que se clasifica en sistemas pesados, semi pesados o livianos, según tamaño de los elementos componentes del sistema, además que el tipo de construcción realizada con pre moldeados y pretensados de hormigón)

## 2.2 CONCRETO (HORMIGÓN)

Es un material de construcción producido por medio de la combinación de tres elementos fundamentales: el principal componente es el cemento que puede llegar a ocupar de un 7% un 15% de la mezcla y tiene propiedades de adherencia y cohesión que pueden suministrar una buena resistencia a la compresión, el segundo es el agua que ocupa entre un 14% y 18% de la mezcla que hidrata el cemento por medio de complejas reacciones químicas y el tercero es el agregado, definido como material inerte, de forma granular, naturales o artificiales, y se encuentra separado en fracciones finas (arenas) y fracciones gruesas (gravas). El agregado ocupa entre el 59% y el 76% de volumen de la mezcla; así mismo puede tener otros materiales como adiciones (puzolánicas<sup>7</sup>, escorias de altos hornos, etc.) y aditivos (reductores de agua, súper plastificantes, entre otros) que ocupan entre un 1% y 7% de la mezcla. Se puede decir que el concreto es un material durable, resistente y adherente con forma indefinida, puesto que es una mezcla maleable. El concreto puede ser definido como la mezcla de un material aglutinante (cemento), un material de relleno (agregados), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un sólido compacto y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión.

---

<sup>7</sup> Son materiales silíceos o aluminio - silíceos a partir de los cuales se producía históricamente el cemento, desde la antigüedad romana hasta la invención del cemento Portland en el siglo XIX. Hoy en día el cemento puzolánico se considera un ecomaterial

## 2.3 PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO FRESCO

Entre las principales propiedades se pueden describir los siguientes:

- **Trabajabilidad:** Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación, no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian. Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa.
- **Estabilidad:** Es el desplazamiento o flujo que se produce en el concreto sin mediar la aplicación de fuerzas externas. Se cuantifica por medio de la exudación y la segregación, evaluada con métodos standard que permiten comparar dichas características entre varios diseños, siendo obvio que se debe buscar obtener los valores mínimos. Es interesante notar que ambos fenómenos no dependen expresamente del exceso de agua en la mezcla sino del contenido de finos y de las propiedades adherentes de la pasta.
- **Compactibilidad:** Es la medida de la facilidad con que puede compactarse el concreto fresco. Existen varios métodos que establecen el denominado “*Factor de compactación*”, que evalúa la cantidad de trabajo que se necesita para la compactación total, y que consiste en el cociente entre la densidad suelta del concreto en la prueba, dividido entre la densidad del concreto compactado.
- **Movilidad:** Es la facilidad del concreto a ser desplazado mediante la aplicación de trabajo externo. Se evalúan en función de la viscosidad, cohesión y resistencia interna al corte. La viscosidad viene dada por la fricción entre las capas de la pasta de cemento, la cohesión es la fuerza de adherencia entre la pasta de cemento y los agregados, y la

resistencia interna al corte la provee la habilidad de las partículas de agregados a rotar y desplazarse dentro de la pasta.

- **Segregación:** Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es sólo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz. Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración
- **Mala distribución de las partículas o granulometría deficiente:** las partículas gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación. En los concretos con contenidos de piedra mayor del 55% en peso con respecto al peso total de agregados, es frecuente confundir la segregación con la apariencia normal de estos concretos, lo cual es muy simple de verificar obteniendo dos muestras de concreto fresco de sitios diferentes y comparar el contenido de gruesos por lavado, que no deben diferir en más de 6%.
- **Exudación:** Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades. La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener.

- **Contracción:** Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración<sup>8</sup> que acarrea con frecuencia. Ya se ha visto que la pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química, y a esto se le llama contracción intrínseca que es un proceso irreversible. Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento y es la llamada contracción por secado, que es la responsable del mauro parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla.

En la Tabla se pueden observar valores de revenimiento o slump<sup>9</sup> comparados con mediciones de factor de compactación para diferentes condiciones de trabajabilidad.

---

<sup>8</sup> Fisura es una hendidura en una roca. Ciertas fisuras datan de la formación de la roca, otras son el resultado de las fuerzas tectónicas que han obrado ulteriormente sobre ella. Las de las rocas compactas y duras se llaman diaclasas. Se deben a esfuerzos de tracción, torsión o compresión, a cambios de temperatura, etc.

<sup>9</sup> También conocido como cono de Abrams, Revenimiento, Asentamiento del concreto. Este ensayo se le hace al concreto fresco para determinar, su consistencia o fluidez

**Tabla 4. Trabajabilidad, Revenimiento y Factor de Compactación de Concretos con tamaño máximo de Agregado, de 19 a 38 mm (3/4 ó 1 ½ pulg.)**

Grado de Trabajabilidad	Revenimiento		Factor de Compactación		Uso adecuado del concreto
	mm	pulg	Aparato Pequeño	Aparato Grande	
Muy pequeño	0 – 25	0 – 1	0.78	0.80	Pavimentos vibrados con máquinas operadas mecánicamente.  En el extremo más trabajable de este grupo, el concreto podrá compactarse en ciertos casos con máquinas operadas a mano.
Pequeño	25 – 50	2 – 4	0.85	0.87	Pavimentos vibrados con máquinas operadoras a mano. En el extremo más trabajable de este grupo, el concreto podrá compactarse mensualmente en pavimentos que empleen agregado de forma redonda o irregular. Cimentaciones de concreto en masa sin vibrado o secciones con poco refuerzo y vibradas
Medio	50 – 100	2 – 4	0.82	0.835	
Alto	100 - 175	4 - 7	0.85	0.88	En el extremo menos trabajable de este grupo, losas planas compactadas manualmente usando agregados triturados.

Fuente: <https://civilgeeks.com/2011/12/11/propiedades-principales-del-concreto/>.

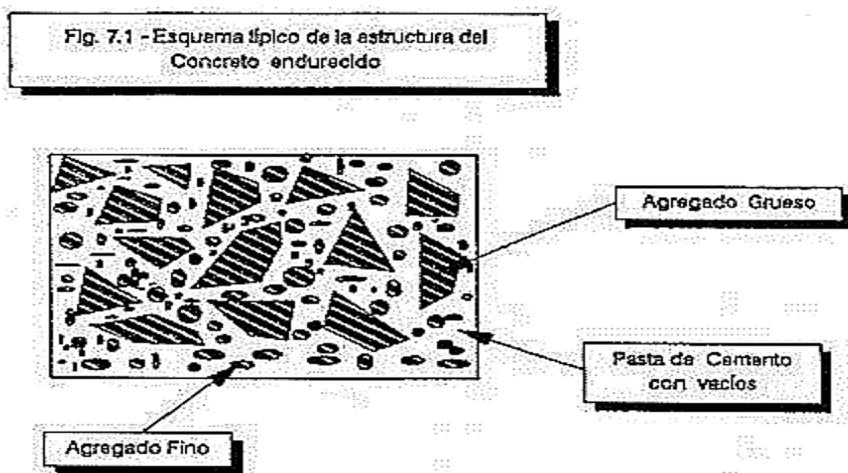
El uso del método estándar se ha concluido en que es sumamente útil para discriminar entre mezclas con grados de compactibilidad bastante diferentes, sin embargo, no es muy sensible a pequeños cambios en granulometría. En base a esto se desarrolló una alternativa en la cual cambiamos el molde cilíndrico por un molde prismático de 0.20 x 0.20 x 0.30 m que representa más fielmente las dificultades reales en cuanto a compactibilidad en las esquinas de los encofrados.

## 2.4 PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO ENDURECIDO

### 2.4.1 Estructura interna del Concreto

En la Figura siguiente, se puede apreciar el esquema típico de la estructura interna del concreto endurecido, que consiste en le aglomerante, estructura básica o matriz, constituida por la pasta de cemento y agua, que aglutina a los agregados gruesos, finos, aire y vacíos, estableciendo un comportamiento resistente debido en gran parte a la capacidad de la pasta para adherirse a los agregados y soportar esfuerzos de tracción y compresión, así como a un efecto puramente mecánico propiciado por el acomodo de las partículas inertes y sus características propias.

**Figura 6. Acomodo de partículas inertes**



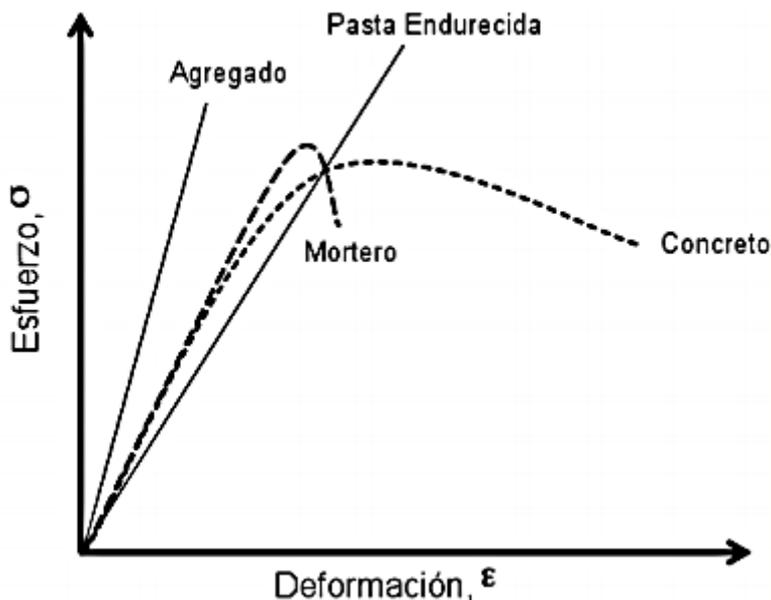
Fuente: <https://civilgeeks.com/2011/12/11/propiedades-principales-del-concreto/>

Una conclusión inmediata que se desprende del esquema mencionado, es que la estructura del concreto no es homogénea, y en consecuencia no es isotrópica, es decir no mantiene las mismas propiedades en diferentes direcciones. Esto se debe principalmente a los diferentes materiales que intervienen, su variabilidad individual, así como al proceso mismo

de elaboración, en que durante la etapa en que la pasta es plástica, se posibilita el acomodo aleatorio de los diferentes componentes hasta su ubicación definitiva al endurecer. Un aspecto sumamente importante en la estructura del concreto endurecido reside en la porosidad o sistema de vacíos. Gran parte del agua que interviene en la mezcla, sólo cumple la función de lubricante en el estado plástico, ubicándose en líneas de flujo y zonas de sedimentación de los sólidos, de manera que al producirse el endurecimiento y evaporarse, quedan los vacíos o poros, que condicionan el comportamiento posterior del concreto para absorber líquidos y su permeabilidad o capacidad de flujo a través de él.

- **Elasticidad:** En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. El concreto no es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra definir un “Módulo de elasticidad estático” del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido que normalmente es un porcentaje de la tensión última. La microestructura del concreto presenta una estructura heterogénea que exhibe diferentes comportamientos durante el proceso de carga debido a las diversas fases de los agregados, la matriz de pasta y a la interfase de agregado de pasta (Shah et. al., 1994; Topcu y Ugurlu, 2007). De esta manera, un cambio en la calidad de cualquiera de los componentes fun-, 1994; Topcu y Ugurlu, 2007). De esta manera, un cambio en la calidad de cualquiera de los componentes fundamentales representa un cambio en la respuesta del módulo y en general en el comportamiento del concreto (Figura 7)

**Figura 7. Relación Esfuerzo – elongación en agregado, pasta, mortero y concreto**



Fuente: Topcu y Ugurlu (2007)

- **Resistencia:** Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso. La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto. Los concretos normales usualmente tienen resistencias en compresión del orden de 100 a 400 kg/cm<sup>2</sup>, habiéndose logrado optimizaciones de diseños sin aditivos que han permitido obtener resistencia sobre 700 kg/cm<sup>2</sup>. Tecnologías con empleo de los llamados polímeros, constituidos

por aglomerantes sintéticos que se añaden a la mezcla, permiten obtener resistencias en compresión que bordean los 1,500 kg/cm<sup>2</sup>, y todo parece indicar que el desarrollo de estas técnicas permitirá en el futuro superar incluso estos niveles de resistencia.

- **Extensibilidad:** Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones. Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo. El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperable, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes. La microfisuración aparece normalmente alrededor del 60% del esfuerzo último, y a una deformación unitaria de 0.0012, y en condiciones normales la fisuración visible aparece para 0.003 de deformación unitaria.

## 2.4.2 Aditivos para Concreto

Es común que, en lugar de usar un cemento especial para atender un caso particular, a este se le pueden cambiar algunas propiedades agregándole un elemento llamado aditivo. Un aditivo es un material diferente a los normales en la composición del concreto, es decir es un material que se agrega inmediatamente antes, después o durante la realización de la mezcla con el propósito de mejorar las propiedades del concreto, tales como resistencia, manejabilidad, fraguado, durabilidad, etc. En la actualidad, muchos de estos productos existen en el mercado, y los hay en estado líquido y sólido, en polvo y pasta. Aunque sus efectos están descritos por los fabricantes, cada uno de ellos deberá verificarse cuidadosamente antes de usarse el producto, pues sus cualidades están aún por definirse.

También se pueden mencionar que son materiales diferentes del agua, de los agregados y del cemento, estos se agregan en pequeñas cantidades a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado, Interactuando con el sistema hidratante - cementante. Modifican una o más de las propiedades

del concreto o mortero fresco, fraguando, endureciéndose y endurecido. No se consideran como aditivos los suplementos del cemento como escorias, puzolanas naturales o humo de sílice, ni las fibras empleadas como refuerzo, los cuales pueden ser constituyentes del cemento, mortero o concreto.

Las razones principales para el uso de aditivos son: Reducción del costo de la construcción de concreto; Obtención de ciertas propiedades en el concreto de manera más efectiva que por otros medios; Asegurar la calidad del concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado; Superación de ciertas emergencias durante las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado.

### 2.4.3 Tipos de Aditivos

- **Inclusores de aire:** Es un tipo de aditivo que, al agregarse a la mezcla de concreto, produce un incremento en su contenido de aire provocando, por una parte, el aumento en la trabajabilidad y en la resistencia al congelamiento y, por otra, la reducción en el sangrado y en la segregación. Algunos de estos productos son: Inclusair LQ, Sika-Aire, Fest-Aire, Vinres 1143, Resicret 1144, etc.
- **Fluidizantes:** Estos aditivos producen un aumento en la fluidez de la mezcla, o bien, permiten reducir el agua requerida para obtener una mezcla de consistencia determinada, lo que resulta en un aumento de la trabajabilidad, mientras se mantiene el mismo revenimiento. Además, pueden provocar aumentos en la resistencia tanto al congelamiento como a los sulfatos y mejoran la adherencia. Algunos de estos son: Festerlith N, Dispercon N, dENSICRET, Quimiment, Adiquim, Resecret 1142 y 1146, Adicreto, Sikament, Plastocreto, etc.
- **Retardantes del fraguado:** Son aditivos que retardan el tiempo de fraguado inicial en las mezclas y, por lo tanto, afectan su resistencia a edades tempranas. Estos pueden disminuir la resistencia inicial. Se recomienda para climas cálidos, grandes volúmenes o tiempos largos

de transportación. Algunos de estos son: Resicret 1142, Durotard, Duro-Rock N-14, Festerlith R, Sonotard, Festard, Retarsol, Adicreto R, Densiplast R, etc.

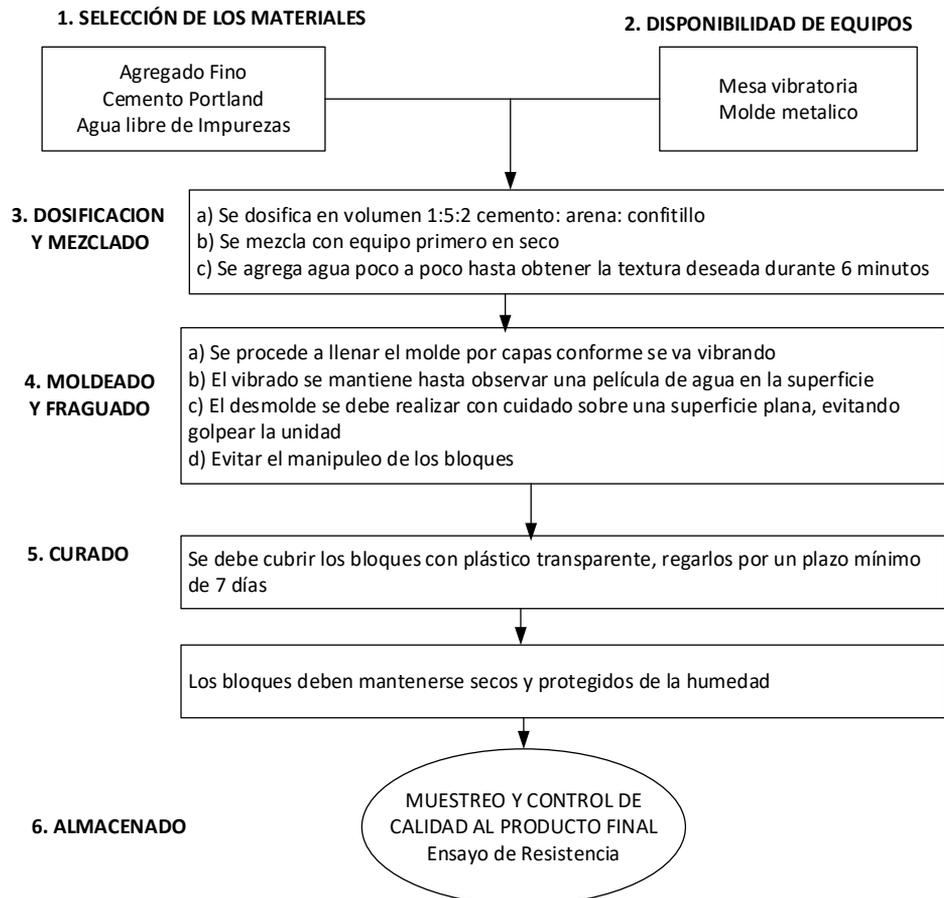
- **Acelerantes de la resistencia:** Estos producen, como su nombre lo indica, un adelanto en el tiempo de fraguado inicial mediante la aceleración de la resistencia a edades tempranas. Se recomienda su uso en bajas temperaturas para adelantar descimbrados. Además, pueden disminuir la resistencia final. Dentro de estos productos tenemos: Rrmix, Festermix, Secosal, Dispercon A, Rapidolith, Daracel 1145, Sikacrete, Fluimex, etc.
- **Estabilizadores de volumen:** Producen una expansión controlada que compensa la contracción de la mezcla durante el fraguado y después la de este. Se recomienda su empleo en bases de apoyo de maquinaria, rellenos y resanes. Algunos de estos productos son: Vibrocreto 1137, Pegacreto, Inc 1105, Expancon, Ferticon Imp , Kemox B, Interplast C, Ferrolith G, Fester Growth NM, Ferroset, etc.
- **Endurecedores:** Son aditivos que aumentan la resistencia al desgaste originado por efectos de impacto y vibraciones. Reducen la formación de polvo, y algunos de este tipo son: Master Plate, Anviltop, Lapidolith, Ferrolith IT, Ferrofest H, Duracreto, etc. También se cuenta con otro tipo de aditivos como son los impermeabilizantes, las membranas de curado y los adhesivos. Dentro de estos productos tenemos para los impermeabilizantes, Fluigral Pol, Festegral, Impercon, Sikalite, etc. Para membranas, el Curacreto, Curafilm 1149, curalit, etc. Y para los adhesivos que se usan para ligar concreto viejo con nuevo, Adhecon B, Fester bond, Pegacreto, Epoxicreto NV, Ligacret, etc.

## 2.4.4 Usos de los Aditivos

Dentro de las aplicaciones comunes en donde se utilizan aditivos, se encuentran las siguientes:

- Construcción de cisternas y tanques en la que se emplean impermeabilizantes.
- Para llevar concreto a alturas elevadas por medio de bombeo, se pueden aplicar aditivos fluidizantes y/o retardadores del fraguado.
- En la reparación de estructuras dañadas, donde se debe ligar concreto viejo con nuevo, se utilizan aditivos adhesivos.
- En colados, donde las temperaturas son bajas, usamos aditivos inclusores de aire para obtener concretos resistentes al efecto del congelamiento.
- Para el correcto y eficiente anclaje de equipo y maquinaria se usan aditivos expansores, los cuales proporcionan estabilidad dimensional a las piezas por anclar.

Es obvio volver a recalcar que el uso de aditivos debe hacerse conociendo, en primera instancia, el requerimiento y, de esta manera, poder definir adecuadamente el producto a emplear. También es de suma importancia conocer perfectamente las características del aditivo que deberemos utilizar para obtener los resultados esperados. Se puede dividir el proceso en lo siguiente.

**Figura 8. Tipología de la Investigación Científica**

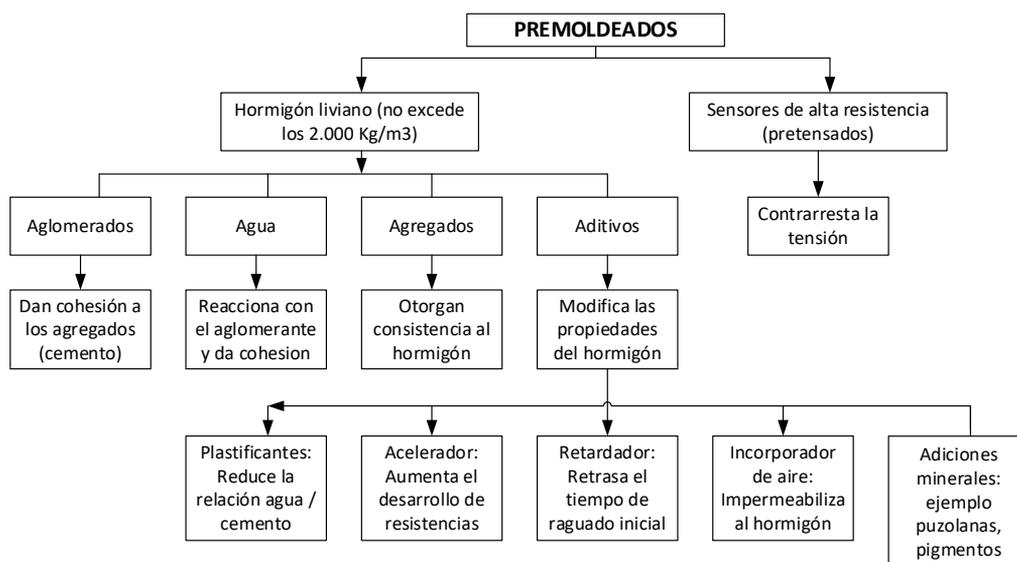
Fuente: Hernández Sampieri – Metodología de la Investigación 6 Ed.

También es importante establecer que el pre moldeado contiene hormigón liviano y sensores de alta resistencia, como se ve en la figura siguiente

### 3. DESARROLLO DEL TRABAJO

El proceso de estudio y análisis seguidos en esta investigación, están representados dentro de un plan general de metodología, representados en la Figura 9. El esquema metodológico está dividido en tres fases: la primera; es el estado de arte referido a la temática abordada, la segunda; el desarrollo de toda la fase experimental a nivel laboratorio, y la tercera; la obtención de resultados, procesamiento de resultados, y la formulación de la propuesta técnica-económica y ambiental.

**Figura 9. Tipología de la Investigación Científica**



*Fuente: Hernández Sampieri – Metodología de la Investigación 6 Ed.*

## 3.1 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

En este punto se presentará el desarrollo inicial de la investigación para esto se considera lo siguiente:

### 3.1.1 Recolección de información sobre el lugar, los minerales y los pre moldeados.

En este punto se considera necesario recopilar la información sobre Catavi, Los minerales que se producen y los Pre moldeados.

#### 3.1.1.1 Antecedentes sobre Catavi

*Catavi es una localidad boliviana perteneciente al Municipio de Llallagua, ubicado en la Provincia Rafael Bustillo del Departamento de Potosí. En cuanto a distancia, Catavi se encuentra a 95 km de la ciudad de Oruro y a 245 km de la ciudad de Potosí. Dicha población se encuentra a una altitud de 3,777 m.s.n.m. Catavi se encuentra en el distrito 10 del municipio de Llallagua, donde está dividido por: Zona Central, Zona Residencial, Zona La Cabaña; Zona Tipo Chalet Z – D, Zona Tipo H, Zona 12 de febrero y Barrio Lindo.*

Catavi proviene de la voz aimara: Catahui que significa cal, por este elemento de origen volcánico que existía en gran cantidad en esta zona. Esta población minera se encuentra a 10 Km. de Uncía y a 5 Km. de Llallagua. Dicen que actualmente tiende a unirse con este último. Considerando una comparación donde se encuentra Catavi y tomando en cuenta el censo del año 2001, se tiene la siguiente comparación entre el departamento de Potosí, Provincia Rafael Bustillos y Municipio de Llallagua.

**Tabla 5. Comparación entre el departamento, provincia y municipio (2001)**

<b>Potosí</b>	<b>Censo 2001</b>	<b>Rafael</b>	<b>Censo</b>	<b>Variación</b>	<b>Llallagua</b>	<b>Censo</b>	<b>Varia-</b>
<b>Genero</b>	<b>habitantes</b>	<b>Bustillo</b>	<b>2001</b>	<b>(%)</b>	<b>Genero</b>	<b>2001</b>	<b>ción (%)</b>
		<b>Genero</b>	<b>habitan-</b>			<b>habitantes</b>	
			<b>tes</b>				
HOMBRE	345,550	HOMBRE	37,350	10.81%	Mujer	17,895	47.91%
MUJER	363,463	MUJER	38,904	10.70%	Hombre	19,014	48.87%
<b>Total</b>	<b>709,013</b>	<b>Total</b>	<b>76,254</b>	<b>10.75%</b>	<b>Total</b>	<b>36,909</b>	<b>48.40%</b>

Fuente: Elaborado con base en datos del Instituto Nacional de Estadística

Considerando este año en el que se realizó el censo, se tiene que las mujeres tienen una proporción de 51.26% del total del departamento, asimismo en la provincia Rafael Bustillos se tiene una mayor participación de las mujeres (51.02%) y finalmente considerando el municipio de Llallagua de igual manera la mayor parte de la población son de las mujeres (51.52%). Ahora si se menciona la participación de la provincia Rafael Bustillos, se ve que abarca el 10.75% de la población del departamento de Potosí, ahora tomando en cuenta la participación del municipio de Llallagua en la provincia, se obtiene que el 48.40% de los habitantes están en dicho municipio.

Según el último censo boliviano de 2012 realizado por el Instituto Nacional de Estadística de Bolivia (INE), la localidad cuenta con una población de 3.834 habitantes.

**Tabla 6. Comparación entre el departamento, provincia y municipio (2012)**

Potosí	Censo 2012	Rafael Bustillo	Censo 2012	Variación (%)	Llallagua	Censo 2012	Variación (%)
Genero	habitantes	Genero	habitantes		Genero	habitantes	
HOMBRE	417,271	HOMBRE	44,349	10.63%	HOMBRE	21,456	48.38%
MUJER	410,822	MUJER	42,923	10.45%	MUJER	19,648	45.77%
Total	828,093	Total	87,272	10.54%	Total	41,104	47.10%

*Fuente: Elaborado con base en datos del Instituto Nacional de Estadística*

Considerando este año en el que se realizó el censo, se tiene que las mujeres tienen una proporción de 49.61% del total del departamento, es decir que disminuyó su participación en un 1.65% respecto al dato del anterior censo, asimismo en la provincia Rafael Bustillos se tiene una menor participación de las mujeres (49.18%), en ese caso disminuyó su participación en un 1.84% en relación al anterior censo y finalmente considerando el análisis en el municipio de Llallagua de igual manera la menor parte de la población son de las mujeres (47.80%), es este caso disminuyó en un 3.72% en comparación del anterior censo. Ahora si se menciona la participación de la provincia Rafael Bustillos, se ve que abarca el 10.54% de la población del departamento de Potosí, lo cual disminuyó 0.22%, ahora tomando en cuenta la participación del municipio de Llallagua en la provincia, se obtiene que el 47.10% de los habitantes están en dicho municipio, esto significa que disminuyó en un 3.72% respecto al anterior censo.

El terreno donde se asienta Catavi es una pendiente casi imperceptible. El clima no es tan frío y castigador como lo pintan, al contrario, goza de un clima benigno y agradable ya que se encuentra a menos de 4,000 m.s.n.m., en comparación con otras minas está en una posición privilegiada. Árboles como el eucalipto, el pino y el sauce llorón adornaban algunos lugares había casas que tenían sus propios jardines, llenos de flores (rosas, girasoles, etc.); huertos donde producían legumbres y hortalizas. Catavi se encuentra bordeada por varios cerros, donde sobresale uno en particular, ya que termina en punta y tiene todas las características de un volcán apagado, al pie de estos cerros pasa un río que en época de lluvia se torna muy caudaloso. Posee baños de aguas termales y saunas naturales.

**Figura 10. Ubicación en el mapa de Catavi**



*Fuente: Con base en datos del Instituto Nacional de Estadística*

Llallagua cuenta con una topografía accidentada, con zonas ecológicamente semiáridas, con cuencas, micro cuencas, cañadones profundos y ríos con cauces considerables durante la época de lluvias. Presenta en su fisiografía mesetas y planicies con ausencia total de agua, pendientes profundas, serranías y alturas altiplánicas de característica pedregosa. Su vegetación es de tipo puna, su clima es frío seco en invierno y templado en verano con una temperatura media de 10°C. El área rural del Municipio carece de vegetación alta, y en sus laderas y montañas se observa vegetación baja. Se puede decir que fue cuna de grandes personalidades como Miguel Alandia Pantoja (pintor y muralista) y Enrique Arnal (pintor)

### **3.1.1.2 Minería en Catavi**

Se originó en base a los campamentos mineros de la mina Catavi que en el pasado fue el centro administrativo de la empresa minera de Simón I. Patiño.

La Mina Catavi es una mina de estaño, adquirida por Simón Iturri Patiño en los años 1900 y la convirtió en el centro administrativo de su empresa minera. A raíz de la nacionalización de 1952, la mina Catavi pasó a la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL).

**Figura 11. Foto del campo minero en Catavi (1921)**



*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llallagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

En la época de auge minero en Bolivia, entre los años 1900 - 1940, la población de Catavi contó con un hospital, teatro, campos deportivos, baños turcos con aguas termales, casas de lujo para los ejecutivos y asesores de la compañía minera. Muchos mineros de esta mina fueron dirigentes activos de la Federación Sindical de Trabajadores Mineros de Bolivia (FSTMB) y la Central Obrera Boliviana (COB), como

- Juan Lechín Oquendo (Vicepresidente de Bolivia)
- Filemón Escobar (Senador de la República de Bolivia)

La población de Catavi (centro administrativo de la empresa minera de Simón I. Patiño en el pasado y sub municipio del gobierno municipal de Llallagua) en la actualidad tiene su propia historia desde mucho antes de que en esta región se construyeran las oficinas administrativas del principal industrial boliviano, quien trajo al país la más avanzada tecnología de explotación minera y contrató a los mejores ingenieros, geólogos y técnicos extranjeros para convertir a su empresa en el centro neurálgico de la producción mundial de estaño, al principio la explotación era manual y

no contaba con equipos que ayudan a la extracción, esto se puede mostrar a continuación.

**Figura 12. Foto del inicio de actividades mineras en Catavi (1921)**



*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llallagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

Como se ve las minas en su interior presentaban dificultades en la exploración, eso retrasaba en demasía la obtención de minerales, ya que no se tenía equipos que ayudaban a los mineros a la extracción, otro aspecto fue que no se presentaban grandes inversiones y en algunas ocasiones afectaba a la salud propia de los mismos trabajadores, a continuación, se muestra lo que era el interior de una mina en Catavi.

**Figura 13. Interior de una mina en Catavi**



*Fuente: Pablo Díaz Terceros – Llagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

Como se ve, en algunos casos se tienen accesos pequeños para los mineros en los cuales no se puede tener un ambiente adecuado para un mejor rendimiento laboral, también se puede mencionar que tuvo un auge en la contratación de personas y se tuvo un incremento en las fuentes laborales de este lugar.

**Figura 14. Ingenio Catavi**



*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llagagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

Posteriormente se instalaron equipos, entre los que más se destaca era el estanque principal que ayuda la selección de partículas.

**Figura 15. Estanque principal del Ingenio Catavi**



*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llagagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

El principal estanque (forma cilíndrica) de sedimentación. La etapa final. Aún ya terminado el refinamiento y selección del mineral en estado puro en Ley. Se hizo uso de este estanque para poder recuperar las partículas más finas del Mineral (ESTAÑO) que salían del Molino y de las mesas gravimétricas.

Este estanque hacía de un “BUBLE” gigante donde la mezcla de lama y agua copajira y las paletas girando. Hacían que el polvo más liviano se escurriera hacia los lados con el agua, y lo más pesado que era el Estaño quedaba en el fondo del estanque para luego extraerlo. (Los Lameros realizaba su extracción en bubbles en miniatura).

**Figura 16. Minerales obtenidos de Catavi en puerto de Arica**



*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llallagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

Bodega “Barrilla”. Llamado por muchos como Almacén del Estaño. Donde se concentraba lo proveniente de la Planta Sink And Float (Siglo XX) y del Ingenio “Victoria” (en Catavi). También de los “Locatarios” y “Lamas”. Un proceso en el cual los minerales llegaban en una especie Húmedos Cuál “Barro o lodo”. y realizar su muestreo para sacar su máximo Ley de pureza luego secarlos, pesarlos y seleccionarlos para luego embolsarlos en las “Calcutas” con la leyenda “Corporación Minera de Bolivia” “Propiedad de Bolivia” y con el escudo de Bolivia impreso.

**Figura 17. Bodega “Barrilla” en Catavi**



*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llallagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

Cientos de “Calcutas” llenas del mineral concentrado. Listas para su envío al puerto para luego iniciar su exportación al mejor postor. Riqueza incalculable con destino extranjero. Todo esto en su gestión de la Corporación Minera de Bolivia. (COMIBOL)

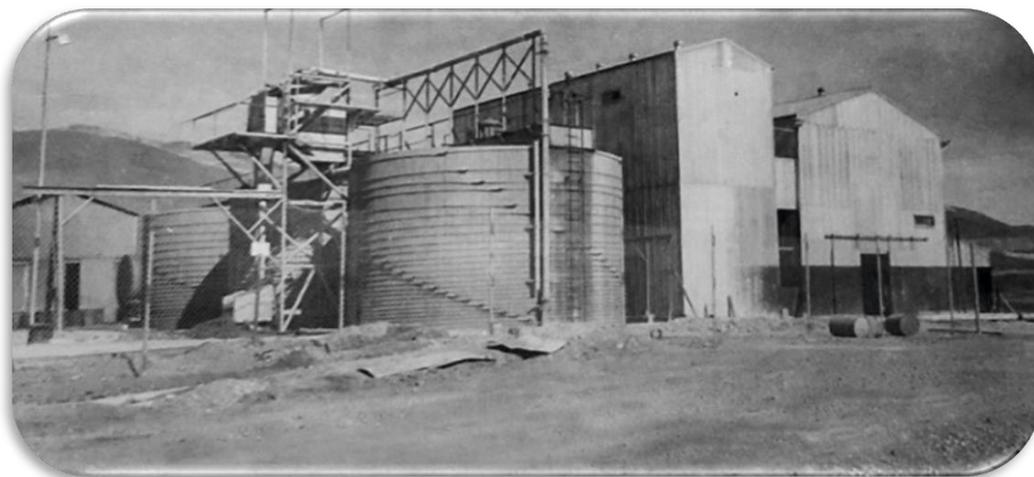
**Figura 18. Calcutas llenas de mineral concentrado obtenido de Catavi**



*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llallagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

Los trabajadores proceden a apilar los sacos de minerales bajo la supervisión de los Trabajadores de la Patiño Mines y esto se considera como producto final, el mineral en su máxima pureza y en Ley.

**Figura 19. Planta Kenko**

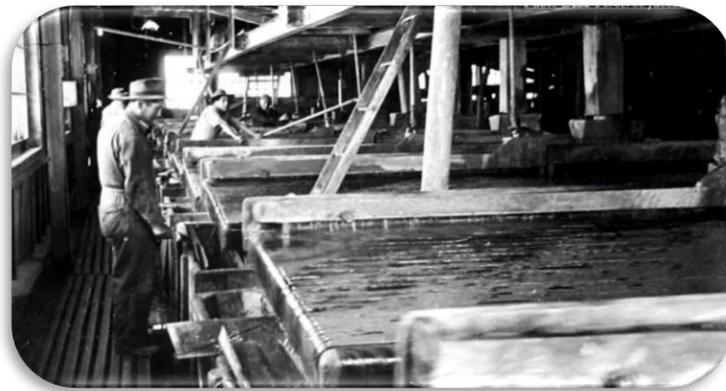


*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llallagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

Esta planta es un espacio a nivel industrial, se dedicaba a recuperar los vestigios del mineral a fuerza de pulmón, para poder subsistir en familia. Esta planta dotada de depósitos de agua e instalaciones para realizar el tratamiento probablemente de la “Lama” residuos que provenían de la Planta Sink And Float a varios kilómetros de distancia y desembocaban en el Lago “Kenko” donde esta Planta remuneratoria entraba en función industrial y masiva.

Las mesas concentradoras son aparatos de concentración gravimétrica con flujo laminar sobre una superficie inclinada. Son principalmente de los tipos con movimiento longitudinal vibratorio, donde las partículas de mineral se diferencian formando bandas en abanico (cejas), según su peso específico (y la granulometría), esto se ve en la figura presentada a continuación

### **Figura 20. Mesas concentradoras**



*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llallagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

En la Empresa Minera Catavi y en la COMIBOL se utilizaron equipos de precisión para determinar las aleaciones que se realizaban en el Ingenio Victoria (Fundición).

## Figura 21. Metalógrafo

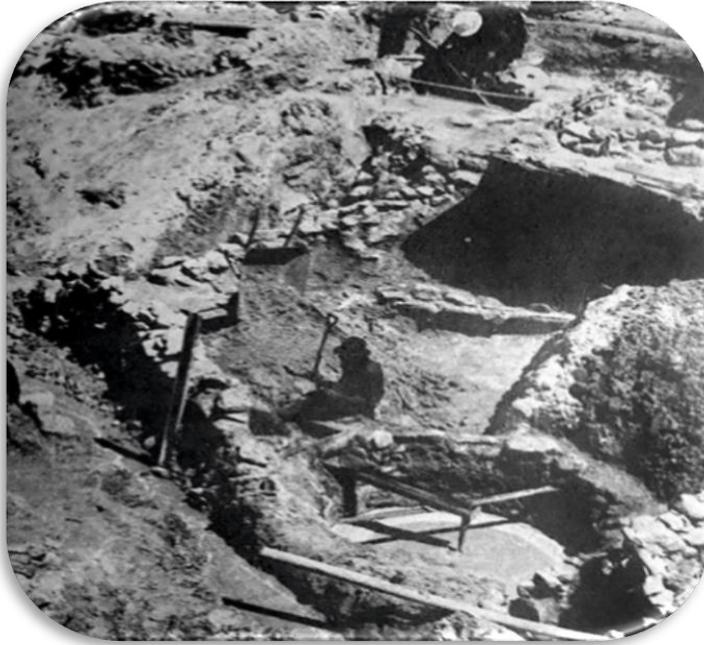


*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

Este instrumento llamado “Metalógrafo” es un Microscopio Metalográfico, Este tipo de microscopio es de uso común (en la minería) para el control de calidad y producción en los procesos industriales. Con ellos, es posible realizar mediciones en los componentes mecánicos y electrónicos, permite además efectuar el control de superficie y el análisis óptico de los metales. De acuerdo al propósito de uso, existen multitud de variedades dependiendo del tipo de objetivos, oculares, aumento máximo permitido, enfoque, etc. Este tipo de microscopio difiere de los biológicos en que el objeto a estudiar se ilumina con luz reflejada, ya que las muestras cristalográficas son opacas a la luz.

Su funcionamiento está basado en la reflexión de un haz de luz horizontal que proviene de la fuente, dicha reflexión se produce, por medio de un reflector de vidrio plano, hacia abajo, a través del objetivo del microscopio sobre la superficie de la muestra. Parte de esta luz incidente, reflejada desde la superficie de la muestra se amplificará al pasar a través del sistema inferior de lentes, llegará al objetivo y continuará hacia arriba a través reflector de vidrio plano; después, de nuevo se amplificará en el sistema superior de lentes (ocular). Estos equipos en su momento fueron tecnología de punta, Hoy en día son obsoletos.

**Figura 22. Los Bubles**



*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llallagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

Llamados así por las formas circulares y que generalmente se utilizaban dos, las cuales eran alimentadas por el agua proveniente de la mina Siglo XX y de la Planta Sink And Float. Aguas premezcladas con mínimas partes de estaño y agua copajira por los químicos usados en su proceso. Entonces esas aguas continuas eran desviadas con destino a los Bubles para tratar de rescatar los restos mínimos del mineral.

Trabajadores “Lameros” eran los encargados en realizar dicha tarea. También eran ayudados en su peor caso con sus familias, Esposas e hijos. El dinero que se ganaba era justo para la alimentación y subsistencia. Así que sacrificaban su tiempo con la familia para ganar algo extra. Esa es su forma de procesar el barro (Sedimentos pesados) que sacaban de la canaleta, con agua más fluida que provenía de la bocamina de Siglo XX, que contenía copajira que, pero servía para su propósito, También fluía por el otro lado de la ferrovía (Vías del Tren) y todo desembocaba en el río hasta andavillque.

**Figura 23. Lamas**

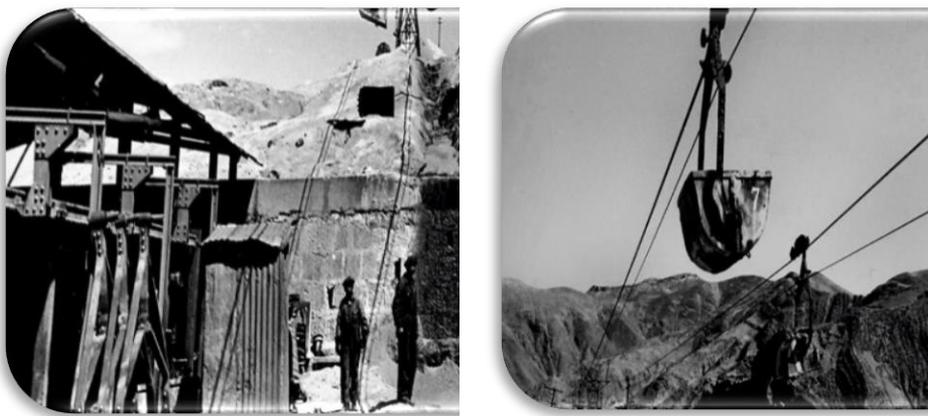


*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llallagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

También llamada “descarte” de la concentración, es el producto fino en lamas-aguas, que ya no podía tratar o beneficiar la Planta Sink And Float, entonces de ahí desembocaba en una canaleta de las inmediaciones del Campamento N° 1, para luego seguir a través de 5 kilómetros hasta el Lago “Kenko”.

En esta canaleta de 5 Km, la Lama se sedimentaba con un determinado porcentaje de Mineral, principalmente en las cabeceras que abarcan unos 100 m, el resto solo contenía leyes bajas. En esos años, estas lamas constituían una especie de Reserva de la Empresa Minera Catavi, y que eran concedidas a gente de bajos recursos económicos (ex-trabajadores de la empresa y familiares de los que fallecieron en las minas y otros sectores de desocupados) Un trabajo “hormiga” y muy sacrificado. No solo este trabajo insalubre estaba destinado a los hombres, Las mujeres también, como esposas, viudas o las más necesitadas se dedicaron a la par de los hombres a extraer los vestigios del mineral de las “lamas”. Un sedimento pesado, mezcla de agua y restos de lo procesado en la Planta Sink And Float.

**Figura 24. Los Andariveles**



*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

Los Andariveles permitían trasladar materiales desde el Ingenio Victoria hasta los desmontes o colinas de Catavi. En la imagen se aprecia el lugar exacto donde partían y regresaban las “cajas metálicas de los Andariveles, además de que la segunda imagen permite apreciar la ida con las cajas metaleras llenas de los deshechos y al regreso vacío.

La Planta Sink And Float fue donde se procesaba los extraído de interior mina y habiéndose triturado las rocas y extraído en bruto el preciado Mineral, los deshechos salían de dicha Planta rumbo a descargarlas en las montañas artificiales, llamados “Desmontes de Siglo XX”. Y lo procesado se enviaba en los “Suchus” (locomotoras Zulzer a diesel) con destino al “Ingenio Victoria” de Catavi para su refinación final.

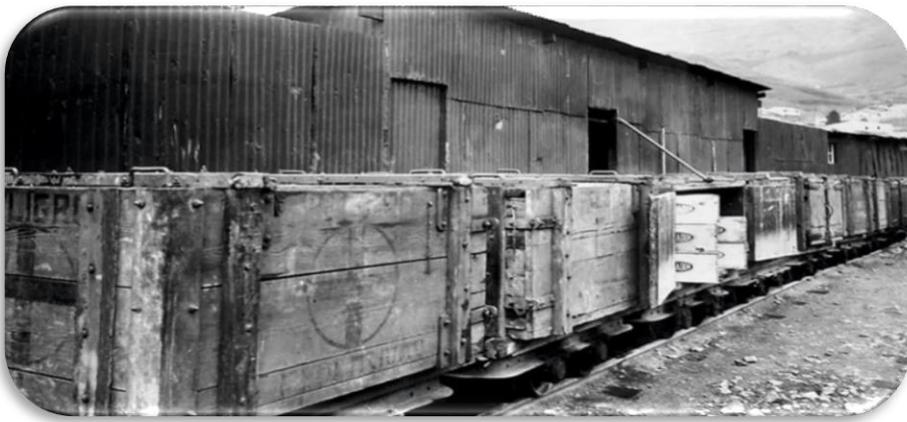
### **Figura 25. Relleno de contenedores metálicos**



*Fuente: Pablo Díaz Terceros – Llallagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

Momento exacto en el que Trabajadores de la Empresa Minera Catavi ayudan a rellenar de “Granza” en uno de los “contenedores metálicos” para luego incluirlo en los “Andariveles” para su respectivo transporte hacia afuera de la Planta Sink And Float, en dirección a los desmontes (montañas artificiales) de Siglo XX. Lo propio se realizaba en el “Ingenio Victoria” de Catavi.

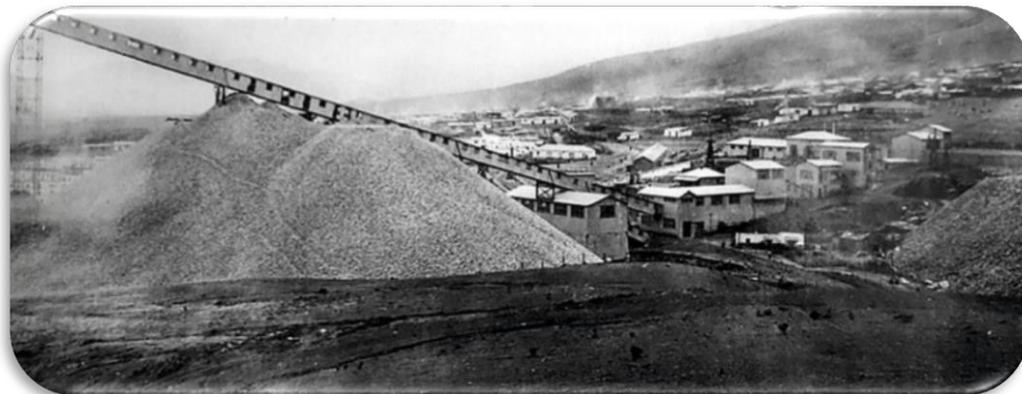
**Figura 26. Ingreso del convoy a la Empresa Minera Catavi**



*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

El cargamento repleto de “Dinamita” (T.N.T), “Mechas” y “Guías” y detonadores. Explosivos que eran potenciados con “Anfo”, para detonarlos en interior mina y conseguir extraer en medio de las rocas el preciado metal.

### **Figura 27. Extracción de Materia de Interior de la Mina**



*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llallagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

Una imponente obra e innovación tecnológica se introdujo en los campos de Siglo XX. En principio se extraía la materia en bruto de interior mina para luego se procesaría el desmenuzamiento y posterior tratamiento y enviarlo al “Ingenio Victoria” para su refinamiento y posterior fundición.

En este proceso se “desechaba” una parte de lo extraído de la montaña para formar otras montañas Artificiales las cuales se llamaban “Desmontes de Granzas” obviamente dichos deshechos aun contenían en mínimas partes restos de mineral de Estaño. En 1945 se instaló la planta Sink&Float (sistema de pre concentración por medio pesado o “heavy médium system”), para mejorar la ley del mineral enviado al ingenio Victoria realizando un descarte del 60%.

Y la necesidad de trabajar económicamente zonas de baja Ley, obligó a introducir el Sistema Masivo de “Hundimiento de Bloques” (Block Caving) en 1948. Entonces la Planta Sink And Float descartaba 3.000 Toneladas, con ellas formando los Desmontes. Y unas 2.000 Toneladas los enviaban al Ingenio Victoria de Catavi.

**Figura 28. Área de Depósito de desechos mineros**



*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llallagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

Cerca de la Planta Sink And Float y al fondo donde se depositaban los “deshechos” de lo procesado, formando pequeños “cerros” los cuales los llamaron con el nombre de “Granzas”.

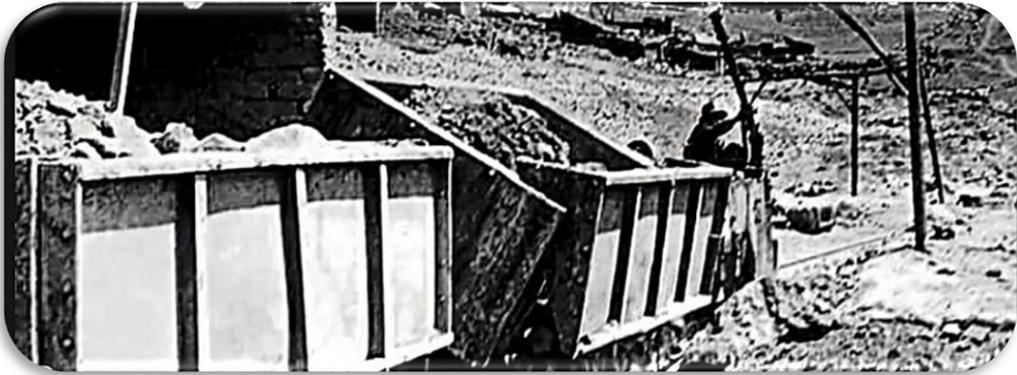
**Figura 29. Planta Sinck And Float**



*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

En el interior de La Planta Sink And Float, También se encontraban las Cintas Transportadoras del Mineral funcionaban sin descanso trasladando su material de las moliendas o Máquinas Trituradoras a los respectivos sitios para su procesamiento. Y que en las siguientes imágenes seguirán su recorrido.

### Figura 30. Obtención de desechos de interior mina



*Fuente: Pablo Diaz Terceros – Llallagua, Siglo XX, Catavi y Uncia*

Otros “deshechos” extraídos de interior mina son volcados en los campos o espacios que existían entre la bocamina y la Planta Sink And Float. Lugares que fueron aprovechados por “Las Palliris” (mujeres armados con combo y cincel picaban las rocas para extraer el mínimo vestigio del mineral que se encontraban en mínimos porcentajes) También luego de la relocalización las Cooperativas que se formaron empezaron con su aprovechamiento dejando innumerables huecos o pozos, así dejando su topografía horriblemente. Como si lo hubieran bombardeado Y así luce en la actualidad.

En las pampas de Catavi, más conocidas con el nombre de Campos de María Barzola, se ejecutó una masacre minera el 21 de diciembre de 1942, cuando las tropas del ejército, por órdenes expresas del gobierno al servicio de la oligarquía minero-feudal, dispararon sus armas contra una masa de manifestantes que, con las banderas desplegadas y un pliego petitorio en las manos, marchaban rumbo a la Gerencia de Catavi, sin otro propósito que pedir la atención a sus justas demandas.

El sindicalismo minero debe su dinamismo y sus cuadros más activos a unas cuantas pocas minas, todas ellas del sector nacionalizado. En primer lugar, a Catavi-Siglo XX que cobija a tres importantes sindicatos, el de Catavi,

el de Siglo XX y el de los “locatarios” de Siglo XX. Se puede atribuir ese papel motor a varias razones. Por un lado, como ya precisamos, se trata del complejo minero más importante de la COMIBOL, el que produce la mayor cantidad del mineral de estaño y emplea el personal más numeroso. Con sus 4,500 a 4,700 asalariados y sus 2,700 subsidiarios, también permite vivir a todo un conjunto de pueblos aledaños, con más de 50,000 habitantes.

Debido a su tamaño y al rosario de poblaciones aledañas que lo constituye, el complejo Catavi - Siglo XX es difícil de controlar por parte de las autoridades gubernamentales, las que necesitarían contar con un personal mucho mayor del que disponen para poder hacerlo. Por otra parte, Catavi-Siglo XX posee una larga y trágica historia: mina de estaño de Patiño (la más rica), ha sido víctima de las más sangrientas masacres (la primera en 1923). Así, las convocatorias a la movilización se nutren, siempre, de la gesta heroica de su larga y permanente resistencia. Con un martirologio tan impresionante, los mineros de Siglo XX deben defender su reputación de valor y audacia. Debido a todas estas razones, Catavi-Siglo XX fue y sigue siendo una especie de escuela de cuadros, un vivero sindical y político. Allí uno encuentra todas las expresiones de la izquierda boliviana, las que se enfrentan mutuamente en una especie de tribuna cerrada y permanecen en constante agitación.

Junto al sindicato de Huanuni, los tres sindicatos de Catavi-Siglo XX congregan a un quinto de los adherentes de la FSTMB. Bien organizados, proporcionan, por tradición, los dirigentes más influyentes y ejercen un peso decisivo en su orientación tanto sindical como política. Los otros sindicatos importantes pertenecen a las restantes más grandes minas de la COMIBOL (Quechisla, Colquiri, Potosí), así como también a ciertas otras minas próximas a las grandes ciudades, San José (COMIBOL), aledaña a Oruro, y Milluni (mina privada), cercana a La Paz. Las que restan, casi una treintena, cuentan con menos de 1,000 adherentes, cada una.

Simón I. Patiño, como todo hombre de negocios de talla internacional, a medida que fue adquiriendo acciones en las minas de Malasia y Canadá. A

medida que invertía en las fundiciones de Inglaterra y Alemania; a medida que creaba oficinas en Nueva York y París, mandó construir, tanto en las márgenes del río como en las laderas de los cerros de Catavi, todo un complejo de edificaciones al servicio de su empresa, donde no faltaban los chalets modernos para sus asesores y empleados, una sede social para el esparcimiento y la vida nocturna, un “baño turco” con aguas termales, que brotaban de las rocas con propiedades curativas, campos deportivos y el primer y más lujoso teatro de la zona, que todavía lleva su nombre en alto relieve y en la parte superior del frontis.

La compañía Patiño Mines & Enterprises Consolidated Inc., ubicada en una llanura polvorienta y pedregosa, fue en la primera mitad de la centuria pasada el bastión de la economía nacional y Simón I. Patiño, que formó parte del “súper estado” minero-feudal, con gobiernos que le servían como perros falderos, amasó fortunas a costa de los trabajadores, quienes sacrificaban sus pulmones para extraer el “metal del diablo” desde las entrañas de la montaña.

Catavi es sinónimo de estaño. Sus orígenes se remontan a fines del siglo XIX, época en la que se explotaba el mineral de manera rudimentaria. La concesión fue adquirida por la Compañía Estañífera de Llallagua, de capitalistas chilenos, que ingresaron a Bolivia después del Tratado de Paz, Amistad y Comercio de 1904, que Chile impuso a Bolivia, arrebatándole el rico territorio de su Litoral, como corolario de una invasión artera, que tenía como objetivo ocupar la provincia de Atacama.

En 1906, se perfeccionó la compra de las propiedades del Cnl. Pastor Sainz, en una suma millonaria cercana al medio millón de libras esterlinas. La compañía chilena eligió Catavi para instalar su cuartel general, alejado dos kilómetros de distancia del socavón de Siglo XX, donde se encontraban sus yacimientos mineros, que le dieron en poco tiempo riqueza sin par, cotizando sus acciones en la bolsa de Santiago de Chile con el denominativo “Llallaguas”. Se puede afirmar que Llallagua valía lo que Potosí en la

Colonia. En 1924, Simón I. Patiño, en magistral golpe de mano, adquirió las acciones de la compañía y se hizo dueño de los yacimientos que sumó a su fabulosa “Salvadora”, ya entrada en decadencia.

Su área de influencia se extendió a Miraflores, Socavón Patiño, Siglo XX, Cancañiri, Catavi, Lupi Lupi y El Tranque, asimilando por inercia a las poblaciones civiles de Llallagua, Uncía y Andavillque. Patiño ingresó al Olimpo de los magnates del mundo, ostentando una riqueza inmensa, situándose detrás de Nelson Rockefeller. Pasó de ser “el iluso de la montaña” (como lo calificaban con sorna los industriales asentados en la región) a “Rey del Estaño” (como lo reconocieron los magnates del mundo entero).

Algunos escritores califican a Patiño como el industrial que realizó la primera nacionalización minera. Nada más alejado de la verdad, pues Patiño dejó atrás su faceta de sacrificado y esforzado minero boliviano, para asumir su nuevo rol como dueño de la empresa transnacional Patiño Mines Enterprises Consolidated, Incorporated, registrada en el Estado de Delaware (Estados Unidos) y con sede de funciones de la Presidencia de la PMCI en París, Ciudad Luz, donde se marchó con su familia. En La Paz situó las oficinas de la Vicepresidencia.

La Patiño Mines contrató los servicios de geólogos de prestigio internacional para administrar la Empresa Minera Catavi. Fue el germen de un desarrollo singular que asombró al mundo entero, pues se impuso un modelo urbano sui generis que dotó de confortables residencias a la planta de geólogos y técnicos, que gozaban de comodidades impensables para Bolivia en esa época, como agua caliente las 24 horas del día, baños de tina, agua potable domiciliaria, salas con chimenea, dormitorios amplios, cocina con alacenas y depósitos con alimentos bien surtidos, cuarto de huéspedes, dependencias para la servidumbre, dos patios y una huerta en la que cultivaban plantas exóticas en invernaderos bien protegidos, así como animales de corral (gallinas, patos, corderos y cerdos), para dosificar la

dieta en el inhóspito centro minero. Estos funcionarios cobraban en libras esterlinas, luego en dólares, y gozaban de beneficios propios de su estatus, con vacaciones pagadas a cualquier punto del planeta.

Médicos, profesores, contadores y una serie de empleados administrativos usaban residencias confortables, sin alcanzar la magnificencia de los jerarcas, pero en todo caso eran decentes y habitables. Patiño mandó construir teatros en Catavi, Siglo XX y Cancañiri, y espacios adaptados para cine en Miraflores y El Tranque, en los que se dispuso de butacas especiales para la jerarquía minera. Se construyeron clubes sociales, con mesas de billar, cantinas con bebida fina importada, un palitroque, canchas de tenis y de golf. Un hospital de tercer nivel, uno de los mejores de Latinoamérica estaba a su disposición. Completó las obras con la erección de un templo católico en Catavi, que corrió por cuenta del constructor Agustín Romero.

Los obreros, en general, fueron relegados a una cueva que, a una residencia, en campamentos dispuestos en hileras que asemejaban a campos de concentración. Una minúscula habitación hacía de cocina y una sala de mediana proporción era empleada como dormitorio colectivo para todos los miembros de la familia minera. Los obreros podían ver películas en los teatros, sentados en largos asientos de madera. Gozaban del servicio médico sin restricciones, educaban a sus hijos en las escuelas de la empresa con materiales educativos y didácticos a cargo de excelentes profesores. En cada campamento se construyeron modestos clubes sociales.

En Catavi y su área de influencia se instaló una industria que desarrolló el capitalismo de enclave. Las relaciones sociales entre el patrón y el obrero estaban marcadas por el salario y la modernidad. En el resto del país, supervivía el feudalismo colonial, con incipiente industria y comercio. Todos ansiaban un puesto en las minas de Patiño.

Patiño no necesitó tomar el poder político para controlar el país. Formó una élite de abogados y economistas, que la historia denominó como “La

Rosca”, con los que compró a autoridades del gobierno y políticos del Congreso. A su poderío económico sumó el poder político, tan necesario y fundamental para aplacar las protestas sociales, emergentes como resultado del sistema de explotación inhumana a la que fueron sometidos los mineros de esa época. En 1923 fueron masacrados los mineros de Uncía. En 1942, los de Siglo XX. En 1965 y 1967 se repitió la masacre con la toma de las minas por parte del gobierno, entonces bajo el mando del general René Barrientos Ortuño.

Muy temprano, como resultado de las extremas condiciones de trabajo, surgió una fuerte conciencia de clase en las entrañas mineras. Una raza de dirigentes sindicales abrazó ideas socialistas y empezaron a señalar otro rumbo en el futuro boliviano. Los mineros, con sus propias mitas, levantaron sus bibliotecas políticas que concentraron el pensamiento socialista del mundo entero. Cada centro minero tuvo su biblioteca, considerada como un instrumento en la lucha política-sindical contra la opresión capitalista.

A la postre, esos mineros ilustrados impusieron la nacionalización de las minas, que abrió horizontes de desarrollo en los centros mineros, que se caracterizaron por educación del más alto nivel, salud única en su género y una pulpería con todos los alimentos de primera necesidad. Los hijos de los mineros y trabajadores de la Empresa Minera Catavi fueron profesionalizándose, para orgullo de sus progenitores. Desde la Gerencia de la Empresa Minera Catavi, rodeada por la pobreza de los campamentos mineros y las comunidades indígenas dispersas, se administró una de las 10 empresas más grandes del planeta y se decidió el destino político del país hasta el estallido de la revolución nacionalista de 1952.

Actualmente la empresa minera Catavi se encuentra ubicado en la calle 6 de agosto a casi al lado del teatro Simón I. Patiño, esto se muestra en la siguiente figura.

**Figura 31. Vista de la calle 6 de agosto en Catavi**



*Fuente: Elaboración Propia*

Pasando el Teatro Simón I. Patiño está ubicado la empresa minera Catavi, esto se presenta a continuación en la siguiente figura.

**Figura 32. Vista frontal de la Empresa Minera Catavi**



*Fuente: Elaboración Propia*

Dentro de la empresa están trabajando a media máquina debido a la renovación de alguno de sus equipos, a continuación, se presenta una foto tomada a la maquinaria actual de la empresa.

**Figura 33. Maquinaria actual de la Empresa Minera Catavi**



*Fuente: Elaboración Propia*

La empresa pretende explotar estas reservas que están en Catavi ya que, en los últimos tres años y medio, la empresa estatal COMIBOL encomendó a un grupo de ingenieros el estudio del aprovechamiento de estas reservas mineras con dos motivos:

- Recuperación del estaño de baja ley para beneficio del Estado y el municipio.
- La disminución y erradicación de la contaminación que provoca estas reservas en las poblaciones urbanas de Catavi, Llallagua y Siglo XX.

Anteriormente COMIBOL lanzó una convocatoria para las empresas interesadas en instalar la planta de tratamiento que rescate el estaño de baja ley de las colas y arenas de Catavi. Sin embargo, con la entrega del

50% de estas reservas a las cooperativas mineras y la promesa de darles el 50% restante a futuro, queda en duda el aprovechamiento estatal de estas reservas y los dineros invertidos en los estudios técnicos.

Actualmente se presentó la abrogación de la Ley N° 1796 de 17 de noviembre de 1997 que transfiere el sindicato de Siglo XX a favor de la Asociación de Ex Trabajadores Mineros de Siglo XX – Catavi. En esta abrogación se cancela la partida N<sup>a</sup> 316, folio N° 157 de un bien inmueble denominado “Club Social Ex Palitroque”

### 3.1.1.3 Características de los minerales que se producen en Catavi

Los principales minerales que producen en Catavi son:

- **El estaño (Sn):** se obtiene principalmente a partir de la Casiterita, o dióxido de estaño ( $\text{SnO}_2$ ), también se obtiene como subproducto a partir de minerales de cobre. Usos del estaño: Fabricación de hojalata, lámina de hierro o acero que es bañada con estaño por las dos caras para otorgarle resistencia a la corrosión. Soldadura: aleada con plomo. Productos químicos, bronce, aleado con cobre. Polvo de estaño etc.
- **El zinc (Zn):** se encuentra en la naturaleza en su mayor parte en forma de sulfuro de Zinc ( $\text{ZnS}$ ), a veces ( $\text{Zn}$ ,  $\text{Cd}$ ) mineral denominado blenda o esfalerita, de color caramelo y marmatita ( $\text{Zn}$ ,  $\text{Fe}$ ) de color negruzco por la presencia de hierro.
- **Extracción del zinc:** El proceso se inicia con la concentración por flotación del mineral de zinc, luego este concentrado es transportado a una fundición y refinería. El concentrado es oxidado a la forma de ( $\text{ZnO}$ ) en hornos de tostación y el producto se denomina calcina. La calcina es luego lixiviada o disuelta mediante ácido sulfúrico para formar una solución de sulfato de zinc ( $\text{ZnSO}_4$ ), esta solución pasa a la etapa de purificación donde el sulfato de zinc en solución es

separado de otros elementos no deseables precipitándolos como sulfatos insolubles. La solución purificada se somete a un electro deposición, en que al suministrarse corriente directa los iones zinc se adhieren al cátodo, que es una plancha de acero inoxidable formando una lámina de zinc de alta pureza. Estas láminas se retiran, funden y moldean en lingote para su comercialización.

- **Usos del zinc:** Este metal se emplea principalmente para recubrir el acero mediante el proceso de galvanización para protegerlo de la corrosión atmosférica. El producto galvanizado puede ser utilizado en diferentes formas, calaminas para techos, alambres galvanizados para cables tuberías y conexiones. El óxido de zinc se emplea en la fabricación de cemento dental, pasta dental, esmaltes, vidrio, pinturas, objetos cerámicos y productos de goma como llantas y cámaras y en medicina como antiséptico combinado con talco.
- **Aleaciones de zinc:** con pequeñas adiciones plomo y cadmio se utiliza como envoltura de las pilas eléctricas y forma el polo negativo. Con la adición de pequeñas cantidades de aluminio, magnesio y cobre se obtiene una aleación importante denominada ZAMAK, el cual se utiliza en las piezas de una nueva planta cubra y sobrepase la demanda en más de la mitad (64%).

*“Aunque es complicado el cálculo, de acuerdo con la cantidad de clientes que no logramos atender, tenemos un aproximado de 4,000 m<sup>3</sup> por mes que no se está cubriendo. Para solucionar esto asumiremos medidas paliativas como la construcción de una planta”,* dijo el jefe regional de Hormigón y Áridos, Christian Lara.

### **3.1.2 Clasificación de la información obtenida.**

Para clasificar la información obtenida debe considerarse de acuerdo a la forma que se obtuvo y al grado de accesibilidad, es por eso que conviene esto de acuerdo a la gestión de la seguridad de la información con la norma ISO 27001, en este caso se puede clasificar la información anteriormente

obtenida de la siguiente manera. Primero se presenta la información de carácter confidencial, en este caso no se presenta este aspecto ya que toda la anterior información fue obtenida de fuentes secundarias y algunas de fuentes primarias, además considerando lo que menciona la ISO 27001 se identifica los siguientes pasos:

- Paso 1. Se especificó que la información exacta que se posee es la relacionada con la parte geográfica, demográfica, tipos de minerales, etc. No es tan exacta lo relacionado con el número de habitantes ya que eso puede variar según las fuentes consultadas, a lo cual se hizo una estimación. Además, se parte de información clasificada que se obtuvo de distintos formatos y medios, como, por ejemplo: Los documentos de carácter electrónico. Bases de datos. Documentos en formato papel. Medios de almacenamiento e Información verbal.
- Paso 2. Se procedió a la clasificación de la anterior información siguiendo el criterio de investigación, esto para cumplir el objetivo del estudio, esto no presentará cierta complejidad de anterior información y la información no será restringida ya que se tendrá que publicar el estudio junto con sus resultados ya que pueden ser usados a nivel público y privado.
- Paso 3. La forma de presentación será en base a un documento de investigación oficial que tendrá la numeración respectiva.
- Paso 4. En este paso se puede considerar que el documento del estudio tendrá la marca de agua de la UPEA y de la carrera de Ingeniería en Producción Empresarial. Además, que este documento se presentaras en formato físico ya sea como un documento empastado o un libro de investigación, además que la presentación en forma digital será con todas las protecciones para el posible copiado o plagio.

## **3.2 DESARROLLO DE HERRAMIENTAS PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES**

En este punto se desarrollan los siguientes puntos:

### **3.2.1 Recolección de normas que ayuden a controlar la fabricación del pre moldeado.**

Actualmente no se presente en forma específica una norma de calidad para la fabricación de los Pre moldeados, es por eso que se tomara en cuenta la norma boliviana para la elaboración del hormigón como base para el control en la fabricación, esto se refiere a la Norma Boliviana CBH 87, considerando a ICS 91.080.40 Estructuras de hormigón como base para la elaboración.

Esta norma proporciona las prescripciones de obligatorio cumplimiento en el país y que deben ser observadas en el proyecto ejecución que puede ir tanto edificaciones públicas como privadas, para conseguir la seguridad, durabilidad y adecuación a las condiciones de utilización, requeridas en este caso. Se puede considerar que es aplicable a las estructuras y elementos estructurales de hormigón armado, y en el estudio de los Pre moldeados fabricados con materiales que cumplan las prescripciones contenidas en el mismo.

Puede también servir de base para la construcción de obras especiales o que vayan a estar expuestas a condiciones particulares (zonas sísmicas, temperaturas sensiblemente distintas de las normas, etc.). Pero en estos casos deberá ser complementado o modificado con las reglamentaciones específicas aplicables a los mismos o con las medidas o disposiciones derivadas de las características de la propia obra y /o de su utilización. Respecto al campo de aplicación se puede mencionar que esta norma incluye lo siguiente:

- las estructuras y elementos de hormigón en masa
- las estructuras y elementos de hormigón pretensado
- las estructuras construidas con hormigones especiales, tales como los ligeros, pesados, refractarios, etc.
- las que hayan de estar expuestas a temperaturas superiores a los 70 °C, o inferiores a - 10 °C
- las armadas con perfiles metálicos
- las mixtas de hormigón y perfiles metálicos

### 3.2.1.1 Componentes del Hormigón

Entre la base de componentes del hormigón se pueden mencionar los siguientes elementos:

**a) Cemento:** Los cementos que son utilizables para la elaboración de distintos tipos de hormigones deben ser los que cumplan las exigencias de las normas bolivianas referentes al Cemento Portland (NB 2.1-001 hasta NB 2.1-014). En ningún caso se deben utilizar cementos desconocidos o que no lleven el sello de calidad otorgado por el organismo competente. En los documentos de origen figurarán el tipo, la clase y categoría a que pertenece el cemento, así como la garantía del fabricante de que el cemento cumple las condiciones exigidas por las NB 2.1-001 hasta 2.1-014. El fabricante proporcionará, si se solicita, copia de los resultados de análisis y ensayos correspondientes a la producción de la jornada a que pertenezca la partida servida.

Se recomienda que, si la manipulación del cemento se va a realizar por medios mecánicos, su temperatura no exceda de 70 °C: y si se va a realizar a mano, no exceda del mayor de los dos (2) límites siguientes:

- Cuarenta grados centígrados (40 °C).
- Temperatura ambiente más cinco grados centígrados (5 °C).

Cuando la temperatura del cemento exceda de 70 °C, deberá comprobarse con anterioridad a su empleo, que éste no presenta tendencia a experimentar falso fraguado: de otro modo su empleo no está permitido, hasta que se produzca el enfriamiento. Cuando el suministro se realice en sacos, el cemento se recibirá en obra en los mismos envases cerrados en que fue expedido de fábrica y se almacenará en sitio ventilado y protegido, tanto de la intemperie como de la humedad del suelo y de las paredes. Si el suministro se realiza a granel, el almacenamiento se llevará a cabo en silos o recipientes que lo aíslen de la humedad.

Si el periodo de almacenamiento ha sido superior a un mes, se comprobará que las características del cemento continúan siendo adecuadas. Para ello, se realizarán los oportunos y previos ensayos de fraguado y resistencias mecánicas a tres y siete días, sobre una muestra representativa del cemento almacenado, sin excluir los terrones que hayan podido formarse de cualquier modo, salvo en los casos en que el nuevo período de fraguado resulte incompatible con las condiciones particulares de la obra, la sanción definitiva acerca de la idoneidad del cemento en el momento de su utilización vendrá dada por los resultados que se obtengan al determinar, de acuerdo con lo prescrito en el numeral 16, la resistencia mecánica, a 28 días, del hormigón con él fabricado.

**b) Aguas:** En general, podrán ser utilizadas tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra, todas las aguas consideradas como aceptables por la práctica. Toda agua de calidad dudosa, deberá ser sometida a análisis previos en un laboratorio legalmente autorizado. Respecto a las Especificaciones y ensayos del agua, tanto para el amasado como para el curado del hormigón, debe ser limpia y deberán rechazarse las que no cumplan una o varias de las siguientes condiciones:

**Tabla 7. Especificaciones y ensayos de agua**

Descripción	Condición	Observación
Exponente de hidrógeno pH	$\geq 5$ g/L	Determinando según la norma NB/UNE 7234
Sustancias disueltas	$\leq 15$ g/L	Determinadas según la norma NB/UNE 7130
Sulfatos, expresados en SO <sub>4</sub>	$\leq 1$ g/L	Determinados según la norma NB/UNE 7131
Ion cloro Cl	$\leq 6$ g/L	Determinado según la norma NB/UNE 7178
Hidratos de carbono	0 g/L	Determinados según la norma NB/UNE 7132
Sustancias orgánicas solubles en éter	$\leq 15$ g/L	Determinados según la norma NB/UNE 7235

*Fuente: Elaborado con base en la NB/UNE*

La toma de muestra para estos ensayos, se hará según la norma NB/UNE 7236. La temperatura del agua para la preparación del hormigón será superior a los 5 °C.

**c) Aditivos:** Podrá autorizarse el empleo de aditivos, siempre que se justifique, mediante los oportunos ensayos realizados en laboratorio legalmente autorizado, que la sustancia o sustancias, agregadas en las proporciones y en las condiciones previstas, produce el efecto deseado sin riesgos para la resistencia y la durabilidad del hormigón o la durabilidad de las armaduras. Se llama la atención, expresamente, sobre los riesgos que puede ocasionar la utilización del cloruro cálcico como aditivo en el hormigón armado. En ningún caso podrá utilizarse como aditivo el cloruro sódico o cualquier producto que lo contenga. Los aditivos deberán transportarse y almacenarse de forma que su calidad no resulta afectada por influencias físicas o químicas. Cuando estos productos estén constituidos por la mezcla de varios componentes que se suministren por separado, será preciso mezclarlos y homogeneizarlos antes de su utilización. Tanto la calidad como las condiciones de almacenamiento y utilización, deberán aparecer claramente especificadas en los correspondientes envases, o en los documentos de suministro, o en ambos.

**d) Adiciones:** Podrán utilizarse adiciones, añadiéndolas al hormigón en cantidades limitadas, para modificar favorablemente alguna de sus

propiedades o conseguir ciertas características especiales tales como aislamiento térmico o acústico, determinada coloración, etc. Las adiciones de naturaleza orgánica sólo podrán utilizarse previa justificación mediante estudios detallados. Deberá comprobarse, mediante ensayos previos, la eficiencia de las adiciones, que no producen daños al hormigón ni a las armaduras y que son compatibles con ambos materiales. Respecto al transporte y almacenamiento de las adiciones, deberán cumplirse las mismas prescripciones que para los aditivos se han señalado.

### **3.2.1.2 Componentes del pre moldeado en forma de Ladrillo**

Considerando además de lo anterior la norma de calidad de la elaboración de los ladrillos se tiene lo siguiente. Las normas bolivianas contienen disposiciones que al ser citadas en el texto, constituyen requisitos de la norma. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda, a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas bolivianas citadas:

- NB 399 Sistema Internacional de Unidades - SI
- NB 1211001 Ladrillos cerámicos - Ladrillos huecos - Clasificación y requisitos
- NB 1211002 Ladrillos cerámicos - Métodos de ensayo
- NB/ISO 2859-1 Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos - Parte 1:
- Planes de muestreo para las inspecciones lote por lote, tabulados según el nivel de calidad aceptable (NCA)

Los ladrillos macizos se clasifican por su uso, propiedades y resistencia a la compresión.

**Tabla 8. Clasificación de ladrillos macizos en función de su uso y propiedades**

Clase	Propiedades y Usos
A	Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones que requieren condiciones de servicio muy rigurosas
B	Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones que requieren condiciones de servicio muy rigurosas
C	Resistencia y durabilidad medias. Apto para construcciones de uso general.
D	Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones que requieren condiciones de servicio moderadas

*Fuente: Elaborado con base en la NB 1211001*

**a) Condiciones Generales:** Entre las condiciones se pueden citar a los siguientes

- **Fabricación:** El ladrillo cerámico es moldeado básicamente con arcilla y cocido a una temperatura que le confiere al producto final características especificadas en esta norma.
- **Identificación:** Cada ladrillo debe tener la identificación del fabricante, sin que ésta perjudique su uso.
- **Textura:** Toda modificación a la textura de la superficie de las unidades, tales como estrías y grabados, se debe realizar preferiblemente sobre el producto crudo o por cualquier método que no produzca debilitamiento de la misma.

**b) Requisitos Obligatorios:** Para la elaboración de ladrillos se puede citar a los siguientes requisitos obligatorios.

- **Características geométricas:** La determinación de las dimensiones, se efectuarán como se indica en 3.1 de la norma NB 1211002. Las tolerancias son indicadas en la tabla siguiente.

**Tabla 9. Tolerancia para las características geométricas**

Característica geométrica		Tolerancia
Dimensiones nominales	Largo	± 3%
	Alto	± 4%
	Ancho	± 3%

*Fuente: Elaborado con base en la NB 1211001*

- **Resistencia a la compresión:** Los ladrillos cerámicos macizos que se ensayan según 3.2 de la norma NB 1211002, deben cumplir con los requisitos mínimos de la tabla siguiente.

**Tabla 10. Resistencia a la compresión**

Clase	Resistencia mínima a la compresión, área bruta , en MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )
A	20.0 (203.90)
B	12.0 (122.40)
C	4.0 (40.80)
D	1.5 (15.30)

*Fuente: Elaborado con base en la NB 1211002*

- **Absorción de agua:** En los ladrillos cerámicos macizos que se ensayen según 3.3 de la norma NB 1211002, se aceptará una absorción de agua, no menor a 8%, ni mayor a 20%.
- **Eflorescencia:** El ensayo de eflorescencia será un requisito para los ladrillos a cara vista y se realizará según 3.4 de la norma NB 1211002, debiendo obtener la calificación de no eflorecido para ser aceptado.

**c) Requisitos Opcionales:** Se pueden citar los siguientes.

- **Desviación con relación a la escuadra y planicidad:** La desviación con relación a la escuadra no debe exceder del 2% y será determinada según 3.1.2 de la norma NB 1211002; la desviación de la planicidad de las caras no será superior a los 3 mm y será determinada según 3.1.3 de la norma NB 1211002.
- **Fisuras:** Este requisito debe ser establecido por acuerdo entre partes.
- **Heladicidad:** La heladicidad se determinará según lo especificado en 3.5 de la norma NB 1211002. Los ladrillos deben ser calificados como no heladizos para su aceptación.
- **Inclusiones calcáreas – Caliche:** Los ladrillos se someterán al ensayo de determinación de inclusiones calcáreas - caliche, establecido en 3.6 de la norma NB 1211002, debiendo cumplir con:
  - ✓ el número de piezas con desprendimientos que produzcan cráteres, no será superior a una (1).
  - ✓ el desprendimiento de un ladrillo de cara vista no será superior o igual a 7 mm.
  - ✓ el desprendimiento de un ladrillo para revestir no será superior o igual a 15 mm.

### **3.2.2 Identificación de leyes y artículos que permiten establecer las características de los pre moldeados.**

Para la identificación de leyes es necesario tomar en cuenta la Ley No 755 promulgada el 28 de octubre de 2015, denominada la LEY DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS. En esta ley se puede encontrar muchos aspectos que ayudan a la elaboración de los Pre moldeados, que en su primer artículo prioriza la prevención para la reducción en la generación de residuos, ya sean estos industriales y tóxicos. Mediante esto el estudio se apoyará para que no tenga obstáculos ya que se pretende aprovechar los residuos de manera tal que se formen Pre moldeados para la construcción.

Además, dentro de dicha ley se establece que es un Gestión Integral de Residuos que procede de actividades del sector minero como una actividad que puede ser regida por dicha ley. También, que en su artículo 4 presenta el aspecto genérico de la clasificación de residuos que será por sus características y su origen. También se señala en su artículo 7 que la Gestión Integral de Residuos como un sistema conformado por procesos de planificación, desarrollo normativo, organización, sostenibilidad financiera, gestión operativa, ambiental, educación y desarrollo comunitario para la prevención, reducción, aprovechamiento y disposición final de residuos, en un marco de protección a la salud y el medio ambiente.

En el capítulo II de dicha Ley se señala que la prevención de residuos es el conjunto de medidas destinadas a evitar o reducir su generación en cantidad y peligrosidad, mediante la transformación de los modelos de producción, la modificación en los hábitos de consumo y la utilización sostenible de los recursos naturales en un marco de protección a la salud y medio ambiente. Además, que dentro del artículo 13 señala que se debe priorizar la cantidad que se genera de residuos por su peligrosidad mediante aplicación de buenas prácticas, así como el empleo de materias primas e insumos que provengan de materiales reciclables.

Lo más importante en este análisis es que en la sección II se establece las pautas necesarias para el aprovechamiento de residuos. Esto como la

reincorporación al ciclo productivo de los diferentes recursos presentes, además que se debe aprovechar los residuos mediante la separación y recolección diferenciada, asimismo que en su artículo 15 presenta las responsabilidades del que genera y produce, además que en el artículo 17 señala que toda persona natural o jurídica, que tenga como actividad la recuperación o acopio de residuos reciclables, deberá contar con los registros y autorizaciones que corresponda, de acuerdo a los criterios emitidos por la autoridad competente. Considerando esto se debe establecer los trámites necesarios para que la elaboración de los Pre moldeados está dentro de un marco legal. Ya que estos residuos deben incorporarse a la cadena de reciclaje

En la sección V y precisamente en el artículo 24 señala que los recursos para proyectos de tratamiento de residuos sólidos, residuos industriales y tóxicos, se ejercerán y gestionarán en el marco de la Constitución Política del Estado y la normativa vigente, en este punto se especifica que cualquier proyecto que engloba al tratamiento de los residuos sólidos apoyara.

Dentro del artículo 26 señala la Gestión Operativa de Residuos, el cual comprende las siguientes etapas:

- ✓ Separación.
- ✓ Almacenamiento.
- ✓ Recolección.
- ✓ Transporte.
- ✓ Transferencia.
- ✓ Tratamiento.
- ✓ Disposición final.

En esta parte se debe considerar que los residuos minerales están comprendidos como residuos no peligrosos. Respecto a la recolección y

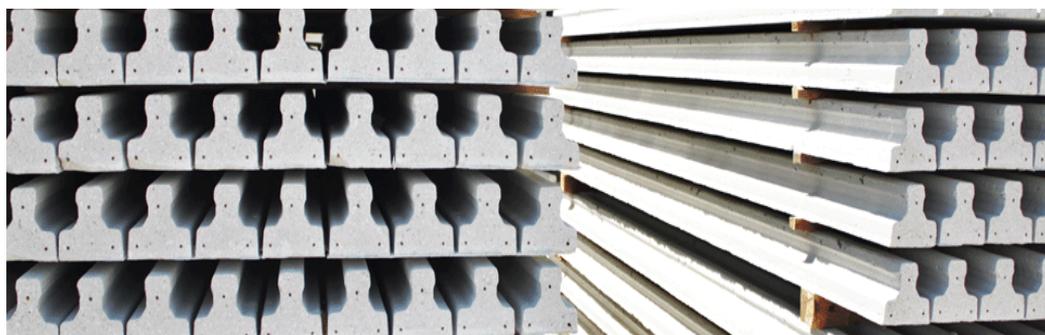
transportes este debe contar con las condiciones técnicas que los hagan seguros y eficientes, además que el transporte de residuos generados dentro del país, está permitido con fines de aprovechamiento, tratamiento o disposición final, con las autorizaciones correspondientes y los debidos controles.

En el artículo 29 se señala que las instalaciones de almacenamiento para el acopio o transferencia de residuos, deben ubicarse de acuerdo a normas técnicas y contar con la infraestructura y equipamiento adecuado, cumpliendo las condiciones ambientales y de seguridad durante su construcción, operación y cierre, establecidas por la autoridad competente

### **3.2.3 Clasificación de las particularidades que deberá tener el producto.**

El producto en sí se puede clasificar de acuerdo a su uso, en este caso se puede considerar como un artículo de construcción. Como todas las técnicas de urbanismo; la construcción de los techos ha sido desarrollada hasta el punto en reducir a horas la labor que antes tomaba días, todo gracias a los techos pre-moldeados o pretensados. La idea siempre ha sido hacer construcción más económica y rápida.

**Figura 34. Techos pretensados**



*Fuente: Elaboración Propia*

Se puede decir que los Pre moldeados presenta una revolución modular ya que no solo es más rápida sino más segura y económica. Además, que servirá por su durabilidad y resistencia para las diferentes construcciones o separaciones, en el mercado se ve que hay muchos materiales parecidos al producto a elaborar, esto debido a su gran utilidad para el levantamiento de muros o que sea parte de los techos.

Hay figuras ya definidas que se los pueda adoptar en el proyecto, como se ve en la figura anterior que son parte de los soportes en las edificaciones, específicamente en los techos, pero también hay para la realización de modulares que pueden ayudar a la canalización de algunos fluidos, como se ve a continuación.

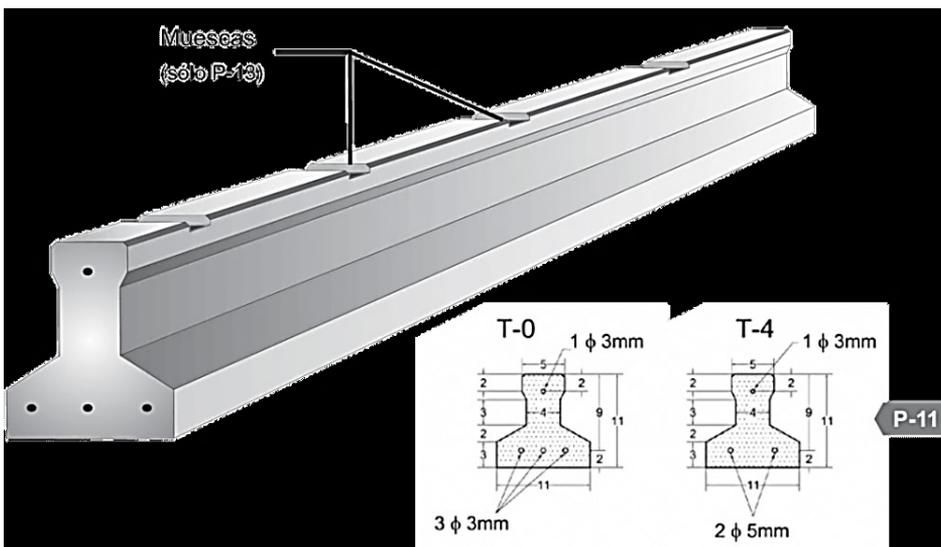
**Figura 35. Modulares**



*Fuente: Elaboración Propia*

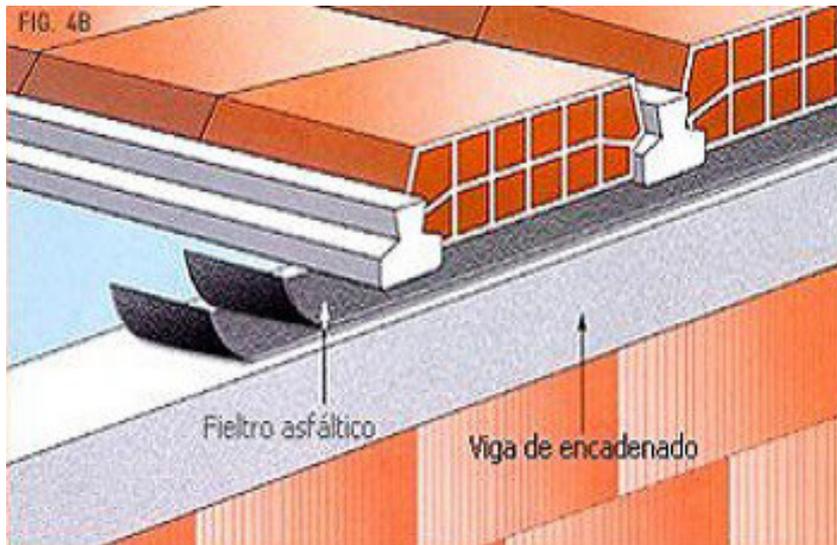
Incluso ya se está elaborando en otros lugares ya gradas para escenarios deportivos, ya que ayuda mucho en el tiempo de presentación de la obra. Además, son mucho más sanas para el ambiente; esto se debe a que se utiliza mucho menos cemento y se levanta menos polvo que puede afectar el ecosistema entorno. Una viga Pre moldeados puede tener las siguientes particularidades.

Figura 36. Particularidad de una viga pre moldeada



Fuente: Elaboración Propia

Desde hace mucho tiempo se sabe que los techos se estaban construyendo de manera mediocre. No es lógico que la fórmula de concreto que se aplica a la columna sea la misma que la que se aplica a los cimientos, a una losa o a una zona en la que hay una cantidad de acero importante. En el medio se usa mucho las estructuras pre moldeadas de un techo que como se dijo ayuda al tiempo de entrega, las particularidades se las puede mostrar a continuación.

**Figura 37. Particularidad de un techo pre moldeado**

*Fuente: Elaboración Propia*

Se ve que se usa como un soporte para la estructura, no se debe olvidar que cada proyecto es diferente del otro, pues cada vigueta debería ser hecha entonces a medida. La construcción modular evalúa el diseño no sólo desde la perspectiva del ingeniero civil sino también desde un punto de vista arquitectónico. Gracias a las viguetas pretensadas hay ahora obras más limpias; con menos elementos descolgados como las vigas. Esto permite tener luces más amplias para tener espacios más amplios; con el sistema modular nuevo que se maneja en construcción se pueden lograr esos espacios immaculados para poder destinarlos a lo que se prefiera. Las mejores alternativas son aquellas que se elaboran con pre-forzado, recuerda que:

- La pieza es prefabricada
- El anclaje ya se ha dado por adherencia
- La acción del pre-esfuerzo es interna
- Las piezas son por lo general simplemente apoyadas, son elementos estáticos
- El acero tiene trayectoria recta

Es decir, el trabajo ya se ha realizado y la mano de obra requerida será mínima, además de la maquinaria. Armar un techo prefabricado cuyas vigas han usado el método del pre-forzado es similar a armar una casa de LEGOS; solo que estarás trabajando con concreto.

**Figura 38. Vigas pre moldeadas**



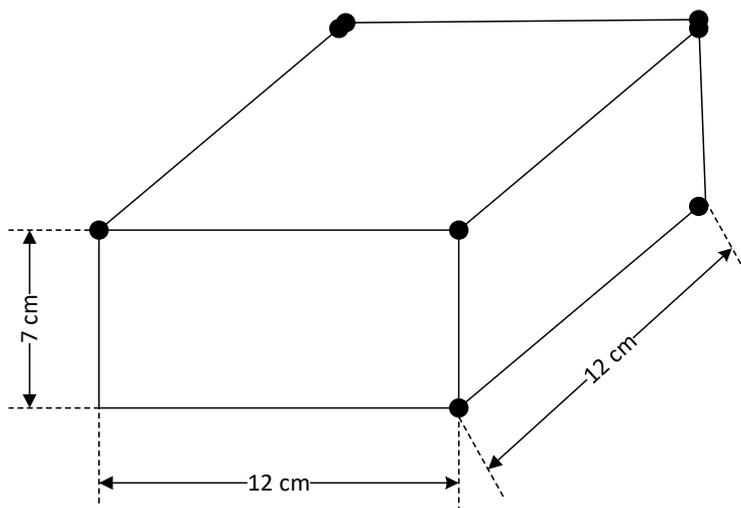
En edificaciones pequeñas como lo es el techo de una casa que hará de función de un segundo suelo para la planta superior, las cargas ya han

sido calculadas; la única maquinaria presente debería ser la que vaciará el hormigón sobre los canales de las viguetas y el acero. El concreto debe haber sido correctamente curado, por esa razón, aunque se requiera de una obra hecha en tiempo récord; si las viguetas han sido hechas a medida del diseño específico, se debe esperar el tiempo prudencial para evitar exponerlas a daños a causa de las vibraciones durante el viaje.

Muchas contratistas encargadas de transportar las viguetas de techo pre-forzado usan alambre para sujetarlas. No permita que su techo pre-moldeado viaje en dichas circunstancias. El alambre es el principal factor que causa fracturas en las viguetas; sobre todo la fragilidad puede causar terribles accidentes cuando se vacía el hormigón a causa del uso de los alambres. Por esa razón, verifique las garantías del fabricante y acuda a una compañía de transportes responsable. Siguiendo esos sencillos lineamientos podrá esperar el mejor material para la construcción.

Para el proyecto se determinó las siguientes características, esto más que todo se coordinó las dimensiones y forma con el Instituto de Ensayo de Materiales de la Universidad Mayor de San Andrés, la forma que tendrá el producto será de la siguiente forma:

**Figura 39. Forma propuesta del Pre moldeado**



*Fuente: Elaboración Propia*

### **3.3 EVALUAR LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS.**

En este punto se presenta los siguientes puntos:

#### **3.3.1 Identificación de las características de los residuos mineros.**

Desde un punto de vista técnico, el término “*residuo de minería*” es un término genérico que engloba todos los residuos y subproductos provenientes de la actividad minera, estén estos o no englobados en depósitos específicos. Por residuos de mina se identifica comúnmente a la fuente más importante de impacto ambiental para muchos proyectos mineros, de tal forma que si su disposición no está diseñada y gestionada adecuadamente puede dar lugar a la contaminación del medio ambiente. En este sentido, hay que tener en cuenta que los depósitos de residuos son a menudo susceptibles a la erosión eólica e hídrica, y por lo tanto son tendentes a afectar y contaminar a los sistemas naturales y antrópicos de su entorno.

Un **residuo** es cualquier material que su productor o dueño considera que no tiene valor suficiente para retenerlo, o todo elemento que está considerado como un desecho al cual hay que eliminar y que se supone que no tiene valor económico. Así, describe el material que pierde utilidad tras haber cumplido con su misión y/o servido para realizar un determinado trabajo. El concepto se emplea como sinónimo de basura por hacer referencia a los desechos que el hombre ha producido. Actualmente se someten a procesos de reciclaje, que consisten en recuperar a los residuos para transformarlos en un objeto con nueva vida útil. Existen diversos tipos de residuos tomando en cuenta el hecho de que pueden ser domiciliarios, comerciales, industriales, hospitalarios y urbanos. Si se tiene en cuenta su composición pueden ser residuos orgánicos, inorgánicos y peligrosos:

- **Residuo Orgánico**, es aquel que está compuesto por desechos de origen biológico.
- **Residuo Inorgánico**, los que no tienen origen biológico sino industrial o artificial.
- **Residuos Peligrosos**, son aquellas sustancias (minerales, químicas de tipo corrosivo, ácidos, radiactivas, etc.) que deben ser tratadas con especial cuidado pues pueden poner en peligro la salud de los ciudadanos y los ecosistemas

A la hora de entender los distintos tipos de residuos hay que tener en cuenta los lugares y procesos mediante los cuales se producen los mismos. Así, los residuos se generan en la propia mina, sea esta subterránea o a cielo abierto, en las canteras, en las graveras o en las plantas de concentración (plantas de tratamiento físico-químico) del mineral. Estos residuos, una vez generados, se almacenan en las denominadas “instalaciones de residuos mineros” y pueden ser de tres tipos:

- **Escombreras**: son las instalaciones de residuos mineros construidas para el depósito de residuos mineros sólidos en superficie.

- Balsas: son las instalaciones de residuos mineros naturales o construidas para la eliminación de residuos mineros de grano fino junto con cantidades diversas de agua libre, resultantes del tratamiento y beneficio de recursos minerales y del aclarado y reciclado del agua usada para dicho tratamiento y beneficio.
- Presas mineras: son estructuras diseñadas y construidas para contener agua o residuos mineros en una balsa.

Las características dependen del origen de la actividad minera. En el caso de los áridos, de los minerales industriales, de las rocas ornamentales (granito, mármol), etc., sus residuos suelen incluirse en aquellas categorías consideradas como inertes. Por su parte, en el caso de la minería metálica gran parte de sus residuos se corresponden, tras verificar sus características, con categorías recogidas como peligrosas en la Lista Europea de Residuos. Para minimizar el gran volumen de residuos que se produce en cualquier explotación minera, se aplican métodos y técnicas de prevención. Estas técnicas son de especial relevancia en la fase de investigación (geofísica, sondeos, etc.), ya que permiten evitar la apertura de los frentes de explotación que por contener óxidos, fracturas, etc., sería necesario abandonar con la consiguiente producción de residuos. En la fase de operación o explotación se aplican las tecnologías más avanzadas o mejores técnicas disponibles, que permiten racionalizar y aprovechar mayores concentraciones de mineral.

Desde el punto de vista de la gestión de los residuos dentro de una explotación minera, con carácter general se distinguen dos tipos de residuos: los inertes y los peligrosos. Aquellos residuos que se consideran inertes pueden disponerse prácticamente sin problemas ambientales dentro de la explotación. Caso muy diferente es el de los residuos peligrosos, ya que estos se consideran que tienen riesgos para la salud, y también pueden ocasionar graves problemas al medio ambiente como consecuencia de presentar alguna característica de peligrosidad (toxicidad aguda, toxicidad crónica, toxicidad extrínseca, inflamabilidad, reactividad, corrosividad, etc.),

por lo que en este caso la gestión y manejo ha de seguir planes específicos de minimización de riesgos

Los residuos mineros también son los conocidos como colas (tailings), relaves o jales; los cuales son generados durante los procesos de recuperación de metales a partir de minerales metalíferos tras de moler las rocas originales que los contienen y mezclar las partículas que se forman con agua y pequeñas cantidades de reactivos químicos que facilitan la liberación de los metales. A manera de ilustración, un mineral típico puede contener alrededor de 6 % de zinc y 3 % de plomo, que al ser concentrados generan alrededor de 850 kg de residuos sólidos y una cantidad equivalente de agua conteniendo cerca de un kilogramo de sustancias químicas residuales, por cada tonelada de mineral procesado. Al producto concentrado se le llama cabeza y al residuo se le denomina cola.

La mayoría de los relaves o jales se encuentran en forma de lodos o de una mezcla líquida de materiales finos que en cierta manera se comporta como un suelo, por lo que aplican para su caracterización los principios de la mecánica de suelos; a condición de que se reconozcan los procesos de consolidación que tienen lugar y la forma en que fluyen los lodos. Entre las diferencias que tienen estos residuos con respecto de los suelos comunes, se encuentran el hecho de que su densidad y cuerpo son inicialmente bajos y crecen con el tiempo.

Frecuentemente, para conservar y reusar el agua de proceso, así como para concentrar los lodos, se suele someterlos a un proceso de deshidratación hasta que alcancen una consistencia tal que facilite su transporte hacia las instalaciones de depósito, lo que ocurre cuando el contenido de sólidos es de 40 a 50% y el de agua de 150 a 100%, respectivamente; lo cual constituye un lodo con propiedades de fluido. Los lodos son transportados a las presas o depósitos mediante ductos, ya sea por gravedad o con ayuda de bombeo, y a través de descargas sub aéreas o por métodos de descarga por inyección sub acuosa, bajo el agua superficial. También, puede ocurrir que se remueva agua adicionalmente, para crear una descarga engrosada

o densa. La forma en que se depositan los relaves en las presas influye de manera importante en su comportamiento y en la constitución de capas con diferente grosor de partículas y humedad.

A medida que las partículas de los relaves se empaquetan bajo el efecto de la gravedad, se provoca el fenómeno de consolidación, el cual aporta tres beneficios: aumento de sólidos que pueden ser almacenados en un volumen dado; aumento del cuerpo del suelo por eliminación de agua; y disminución de la cantidad de filtraciones hacia el subsuelo. Cuando el proceso se completa, es común encontrar contenidos de 20% de agua unida a las partículas, aún en medios muy áridos con elevada evaporación. La permeabilidad de los relaves depositados en una presa es utilizada como un indicador de consolidación y potencial de filtraciones. Como resultado del depósito segregado de partículas por influencia de la gravedad, la permeabilidad es mayor cerca del punto de depósito y disminuye progresivamente.

- **Residuos de las actividades extractivas no metálicas.** En la mayoría de los casos, los residuos mineros generados son mezclas de materiales de composición física y química distinta, tal y como ocurre en la minería del carbón y metálica. Por su parte, en el caso de los residuos originados por la explotación de rocas ornamentales los residuos tienen la misma composición que la de las rocas que se explotan. Las industrias extractivas que mayor volumen de residuos producen son por un lado los residuos de minería no metálica (la de rocas ornamentales como granito, mármol, y pizarras de techar, así como la del carbón), y por otro lado los residuos de minería metálica. Los residuos generados por minería no metálica son los que mayores aplicaciones tienen. Así, por ejemplo, los residuos del granito se utilizan como áridos para la construcción de carreteras, tras un proceso de trituración en planta, y los lodos del aserrado del granito como materiales impermeables y para terraplenes.
- **Residuos de las actividades extractivas metálicas.** En relación a los residuos hay que tener en cuenta que los depósitos de residuos de la minería metálica suelen presentar altos contenidos

en elementos traza de carácter tóxico, razón por la que actúan como una fuente potencial de contaminación. De forma adicional, un gran problema ambiental es el de la generación de drenajes ácidos y aguas sulfatadas con una importante concentración de elementos contaminante surgidos de la disolución oxidativa de los sulfuros (Salomons, 1995; Fernández-Caliani et al., 2009), que se acaban depositando en distintos emplazamientos y puestos a disposición de los agentes meteorizantes para su dispersión (García et al., 2008). Estos residuos de minería metálica, que en España han dejado un importante pasivo ecológico en forma de residuos minerales acumulados en balsas y escombreras, suponen un grave problema de contaminación de suelos, cuya evaluación y recuperación resulta prioritaria en nuestro país (Alberruche del Campo et al., 2014). Los impactos ambientales que pueden derivarse de un suelo contaminado son muy graves puesto que éstos no solo afectan a la calidad del suelo, sino que también afectan o pueden afectar a las aguas subterráneas y superficiales, a la salud humana, a la fauna y flora, e incluso puede afectar a la calidad del aire circundante.

En este sentido, la contaminación derivada de las actividades mineras resulta de especial interés puesto que éstas son focos de emisión de la mayoría de los elementos considerados más problemáticos en términos de contaminación ambiental y toxicidad. Entre estos elementos se encuentran el plomo, el arsénico, el antimonio, el cadmio y el talio, elementos que en su mayoría no tienen función biológica conocida y de elevada toxicidad tanto para los organismos vegetales como para los animales. De acuerdo a su origen y tipología, y tomando como ejemplo el antiguo distrito minero de Cartagena-La Unión (García, 2004), es posible diferenciar nueve tipos distintos de residuos minero-metalúrgicos:

- **Estériles de corta:** son los materiales estériles procedentes del desmonte realizado en una corta minera. Se acumulan en depósitos denominados localmente “vacíos”, que corresponde al término de escombreras, los cuales se ubican alrededor de las cortas.

- **Estériles de gravimetría:** se corresponden con el apilamiento de los materiales estériles resultantes del proceso de concentración de los minerales por el método gravimétrico, incluidos el cribado, balsa de arroyo y rumbo. Producidos desde tiempos prerromanos hasta mediados del siglo XX, momento en el que se sustituye éste método por el de flotación diferencial.
- **Estériles de mina:** son aquellos materiales estériles que se han arrancado en la mina y se han acumulado en el exterior, en la terrera de la mina
- **Estériles de pozos:** son los materiales estériles procedentes de la profundización de los pozos mineros, acumulados en superficie alrededor de la boca de estos, y que constituyen sus escombreras.
- **Estériles de granulometría:** son los estériles que proceden de un proceso de pre concentración, el cual se realizaba dentro del ciclo de flotación diferencial y que se acumulan en depósitos. Dado que los sulfuros se concentraban preferentemente en la fracción fina, se realizaba un corte granulométrico del todo-uno mediante cribas, y se eliminaba la fracción superior a 30 mm, con lo que se obtenía un importante ahorro en los costes económicos en el proceso del lavadero.
- **Óxidos:** de la cobertera de los yacimientos de sulfuros reciben el nombre de “gossan”. Se trata de minerales que por encontrarse prácticamente en estado de óxidos, no pueden concentrarse por los procedimientos industriales conocidos, y se han acumulado en vacíos específicos hasta tanto no se resuelva el problema de su tratamiento.
- **Lodos de flotación en tierra:** son los materiales estériles (lodos) procedentes de los lavaderos de flotación diferencial. Los lodos de flotación causan en el medioambiente tanto impactos como riesgos.

Así, estos lodos son el producto en forma de pasta, torta o hidro mezcla, generado en el proceso de tratamiento, con relación sólido/líquido concreto para cada caso, y con tamaño de grano generalmente comprendido entre arena y limo (2 a 0.0625 mm). Estos se acumulan en balsas de lodo constituidas por un hueco en la superficie del terreno, de origen natural o artificial, en el que se acumulan los lodos producidos en el proceso de tratamiento de rocas o minerales. El pH de estos lodos de flotación es muy variable y depende del depósito o manto de mineral que se explote. El pH varía desde un rango ácido a alcalino; así, los lodos de flotación resultante del manto piritoso se caracterizan por un pH ácido ( $\text{pH} < 6.5$ ), mientras que, si se explotan depósitos ubicados en las zonas de materiales carbonatados, o si se ha extraído la pirita para la producción de ácido sulfúrico, el pH presenta valores de neutro ( $\text{pH} = 6.5 - 7.5$ ) a alcalino ( $\text{pH} > 7.5$ ). El peso específico de las partículas sólidas da un valor medio de 3.11. La granulometría muestra que, en condiciones húmedas, el material presenta una granulometría limo-arenosa, con predominio de la fracción limo. En el caso de realizar el ensayo en seco, el material presenta una granulometría gravo-arenosa, con predominio de la segunda. Esta diferencia se debe a que el material forma agregados, que en condiciones de secado al aire libre no se rompen y dan un valor erróneo de esta propiedad. El 80% de las partículas tiene un tamaño comprendido entre 0.4 y 0.01 mm; en tanto que el 50% lo está entre 0.1 y 0.01mm.

- **Lodos de flotación en mar:** están compuestos por los millones de toneladas de todo-uno extraídos en las cortas mineras desde un lavadero y vertidas directamente al mar. Estos materiales están formados por varias fases minerales, en la que el mineral predominante es el cuarzo seguido de la caolinita, hematites, pirita y magnetita. En menor medida, aparecen la clorita, moscovita, calcopirita, blenda, así como trazas de otros minerales.

- **Escoria de fundición:** son los depósitos de las “gachas” procedentes de los hornos de fundición, las cuales se acopian en escombreras denominadas localmente “gacheros”. Estos materiales son de naturaleza silicatada, textura vítrea y granulometría gruesa.

Los estudios de laboratorio muestran que el material sólido que constituyen cada uno de los nueve tipos de residuos minero - metalúrgicos se caracterizan por tener una granulometría muy variable, condicionada por el origen de cada uno de ellos. En estos materiales se pueden apreciar residuos con partículas desde tamaño bloque hasta la fracción arcilla.

Las diferentes operaciones llevadas a cabo durante la explotación minera y las características del yacimiento determinan la presencia de elementos más o menos discernibles en el espacio alterado, como pueden ser las escombreras, huecos o frentes abandonados. Algunos de estos elementos sólo presentan en superficie pequeñas acumulaciones o bolsas de materiales terrosos (frentes o antiguos bancos de explotación). Sin embargo, en una gran parte de los casos predominan en extensión superficial los materiales sueltos, los cuales a pesar de que mayoritariamente puedan estar dominados por elementos gruesos, incluyen también finos y pueden ser considerados materiales tipo suelo, al menos en el sentido de la ingeniería de suelos. Así, están formados por materiales minerales fragmentados, compuestos de partículas -de muy variados tamaños-, más o menos móviles, que encierran una cantidad variable de agua, aire, materia orgánica y otras substancias (Spangler y Handy, 1982).

Las zonas de materiales carbonatados, o si se ha extraído la pirita para la producción de ácido sulfúrico, el pH presenta valores de neutro ( $\text{pH} = 6.5 - 7.5$ ) a alcalino ( $\text{pH} > 7.5$ ). El peso específico de las partículas sólidas da un valor medio de 3,11. La granulometría muestra que, en condiciones húmedas, el material presenta una granulometría limo-arenosa, con predominio de la fracción limo. En el caso de realizar el ensayo en seco, el material presenta una granulometría gravo-arenosa, con predominio de la

segunda. Esta diferencia se debe a que el material forma agregados, que en condiciones de secado al aire libre no se rompen y dan un valor erróneo de esta propiedad. El 80% de las partículas tiene un tamaño comprendido entre 0.4 y 0.01 mm; en tanto que el 50% lo está entre 0.1 y 0.01mm.

Finalmente, indicar que los residuos de la minería metálica se suelen presentar en los suelos como concentraciones de metales que generalmente están ligados químicamente a otros elementos, entremezclándose con minerales no-metálicos y material rocoso. Los depósitos de mono minerales son escasos. Generalmente, pueden extraerse uno o más metales simultáneamente.

La proporción de mineral/residuos varía entre los yacimientos, pero generalmente la fracción residual resulta ser más abundantes. En términos generales, deben procesarse de 5 a 30 TM de mineral para obtener 1 ton de concentrado que contiene el metal deseado (García, 2004). Cuando estos residuos no producen aguas ácidas, pueden ser depositados separadamente en escombreras para utilizarlos posteriormente según sus propiedades físico-químicas en distintos usos tales como áridos para carreteras, balasto para vías de ferrocarril, usos industriales, etc. Sin embargo, en el caso de los residuos de la minería metálica que sí pueden llegar a generar aguas ácidas, no es posible el reciclado de los mismos para estos usos.

Se considera de vital importancia las características que debe tener los residuos mineros, esto será la base para la elaboración de calidad de los Pre moldeados, se puede considerar en este caso que los residuos mineros como los áridos que se mezclaran con los demás elementos para formar el producto final. Se considera la naturaleza de los Áridos<sup>10</sup> y su preparación serán tales que permitan garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón, así como las demás características que se exijan a éste en el Pliego de Especificaciones Técnicas.

---

10 Se entiende por áridos a los materiales granulares inertes formados por fragmentos de roca o arenas utilizados en la construcción (edificación e infraestructuras) y en numerosas aplicaciones industriales. Coloquialmente son conocidos como arena, grava y gravilla, entre otros. En el estudio será considerado a los residuos como el material árido para la producción de Pre moldeados.

Considerando como áridos en el estudio a los residuos de los minerales que pueden ser usados de acuerdo al análisis realizado en laboratorio. En este caso se desechan los residuos que contengan o puedan contener materias orgánicas, piritas o cualquier otro tipo de sulfuros e impurezas. Se entiende por “arena” o “árido fino”, el árido o fracción del mismo que pasa por el tamiz de 5 mm de malla (tamiz 5 NB/UNE 7050) por “grava” o “árido grueso”, el que resulte retenido por dicho tamiz; y por “árido total” (o simplemente “árido” cuando no haya lugar a confusiones), aquel que, de por sí o por mezcla, posee las proporciones de arena y grava adecuadas para fabricar el hormigón necesario en el caso particular que se considere (de acuerdo con las normas NB/UNE 41110, NB/UNE 41111 y NB/UNE 41112). Al menos el 90 %, en peso, del árido grueso será de tamaño inferior a la menor de las dimensiones siguientes:

- Los cinco sextos ( $5/6$ ) de la distancia horizontal libre entre armaduras independientes, si es que dichas aberturas tamizan el vertido del hormigón, o de la distancia libre entre una armadura y el paramento más próximo.
- La cuarta ( $1/4$ ) parte del ancho, espesor o dimensión mínima de la pieza que se hormigona.
- Un tercio ( $1/3$ ) de la altura libre de los nervios de los entrepisos.
- Un medio ( $1/2$ ) del espesor mínimo de la losa superior en los entrepisos.

Respecto a las Especificaciones y ensayos, la cantidad de sustancias perjudiciales que pueden presentar los áridos, no excederá de los límites que se indican en la tabla siguiente:

**Tabla 11. Cantidad máxima de sustancias perjudiciales que pueden presentar los desperdicios mineros (árido).**

Sustancias perjudiciales	Cantidad máxima en % del peso total de la muestra	
	Árido fino	Árido grueso
Terrones de arcilla (determinados con arreglo al método de ensayo indicado en la norma ND/UNE 7133)	1.00	0.25
Partículas blandas (determinados con arreglo al método de ensayo indicado en la norma ND/UNE 7134)		5.00
Finos que pasan por el tamiz 0,080 NB/UNE 7050 (determinados con arreglo al método de ensayo indicado en la norma ND/UNE 7135)	5.00	1.00
Material retenido por el tamiz 0,063 ND/UNE 750 y que flota en un líquido de masa específica 2,0 (determinados con arreglo al método de ensayo indicado en la norma ND/UNE 7144)	0.50	1.00
Compuestos de azufre expresados en SO <sub>4</sub> referidos al árido seco (determinados con arreglo al método de ensayo indicado en la norma ND/UNE 7145)	1.20	1.20

*Fuente: Elaborado con base en ND/UNE 7144 y ND/UNE 7145*

No se utilizarán aquellos áridos finos que presenten una proporción de materia orgánica tal que, ensayados con arreglo al método indicado en la norma NB/UNE 7082 produzcan un color más oscuro que el de la sustancia patrón.

Los desperdicios no presentarán reactividad potencial con los álcalis del cemento. Realizado el análisis químico de la concentración de Si O<sub>2</sub>= y determinada la reducción de la alcalinidad R, de acuerdo con el método de ensayo indicado en la norma NB/UNE 7137, el árido será considerado como potencialmente reactivo sí:

- para  $R \geq 70$ , la concentración del Si O<sub>2</sub>= resulta  $> R$
- para  $R < 70$ , la concentración de Si O<sub>2</sub>= resulta  $> 35 + 0.5 R$

La pérdida de peso máxima experimentada por los áridos al ser sometidos a cinco (5) ciclos de tratamiento con soluciones de sulfato sódico o sulfato magnésico (método de ensayo de la norma NB/UNE 7136) no será superior a la que se indica en la tabla siguiente.

**Tabla 12. Valores máximos de la pérdida de peso experimentada por los desperdicios mineros (árido).**

Áridos	Pérdida de Peso	
	Con sulfato sódico	Con sulfato magnésico
Finos	10%	15%
Gruesos	12%	18%

*Fuente: Elaborado con base en ND/UNE 7144 y ND/UNE 7136*

Este doble ensayo sólo se realizará cuando así lo indique el Pliego de Especificaciones Técnicas. El coeficiente de forma del árido grueso, determinado con arreglo al método de ensayo indicado en la norma NB/UNE 7230, no debe ser inferior a 0.15. En caso contrario, el empleo de ese árido vendrá supeditado a la realización de ensayos de resistencia previos en laboratorio.

Bajo la acción del agua, los áridos no deben reblandecerse, entumecerse de forma inadmisibles, disgregarse, ni producir ningún tipo de reacción perjudicial con el cemento o sus productos de hidratación (como ocurre, por ejemplo, con los áridos básicos). De igual modo, y en función de su utilización y de las necesidades que deban satisfacerse, los áridos deberán cumplir determinadas exigencias respecto a su granulometría, limpieza, resistencia, características superficiales, etc. Los áridos deberán almacenarse de tal forma que queden protegidos de una posible contaminación por el ambiente, y especialmente por el terreno, no debiendo mezclarse de forma incontrolada los distintos tamaños. Deberán también adoptarse las necesarias precauciones para eliminar en lo posible la segregación, tanto

durante el almacenamiento como durante su transporte.

Los residuos mineros por lo general tienen un porcentaje del 67% de sílice además de otros materiales como el Plomo y el Arsénico. Entre las Ventajas en el uso de este material como materia prima para la elaboración de materiales de construcción o pre moldeados son las siguientes:

- Se estima que los pre moldeados elaborados a base a residuos tienen un costo de entre el 20% y 30% menos que el de los materiales fabricados con materia prima normal, debido a su composición (65% de Residuos y 35% de Arcilla)
- Tienen una mayor resistencia mecánica.
- Menor porosidad.
- Menor permeabilidad respecto a los de elaboración normal.
- En la elaboración de residuos de minería se utilizan procesos que hacen que la materia prima utilizada sea más estable luego de ser tratada lo que ocasiona la detención de los procesos contaminantes a causa de la erosión eólica provocada por el viento que hace desprender los metales causando en la población efectos adversos a la salud, especialmente a la vista y al sistema respiratorio.
- El proceso de reutilización de los residuos toma material residual de los procesos mineros y los pone en un ámbito de servicio para la construcción, lo que hace que se reduzca los niveles de contaminación cada vez que aumenta la producción de estos materiales.

### **3.3.2 Estimación de la cantidad de los residuos mineros que se pueda aprovechar.**

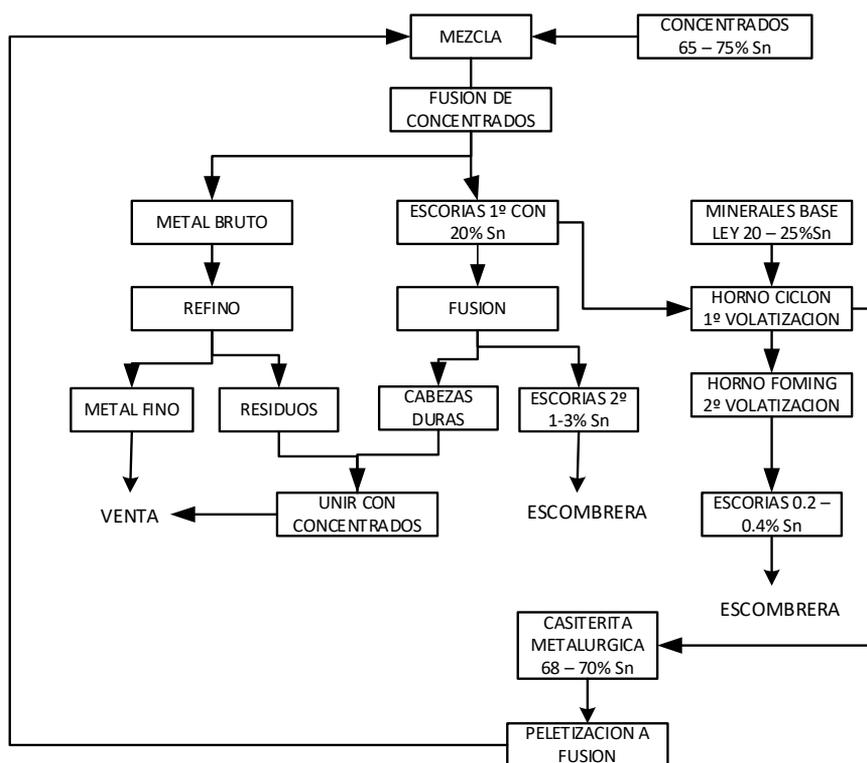
Durante la conversación con el Gerente General de la Empresa Minera Catavi, se pudo apreciar que el material que se deja de aprovechar es mayoritario, es por eso que el Ingeniero Collazos<sup>11</sup>, obsequio cerca de 10

<sup>11</sup> Gerente General de la Empresa Minera Catavi

kilogramos de residuos el cual se notó que inicialmente está húmedo debido a que se estaba regando los residuos para que no se produzca polvareda en las instalaciones, una vez en la ciudad de La Paz se consideró secarlo y esto tardo como cerca de 4 días.

Según lo que se pudo apreciar el aprovechamiento de la cantidad de residuos que se obtuvo fue de acuerdo al proceso tradicional que se describe a continuación.

**Figura 40. Proceso tradicional de la extracción del mineral de Estaño (Sn)**



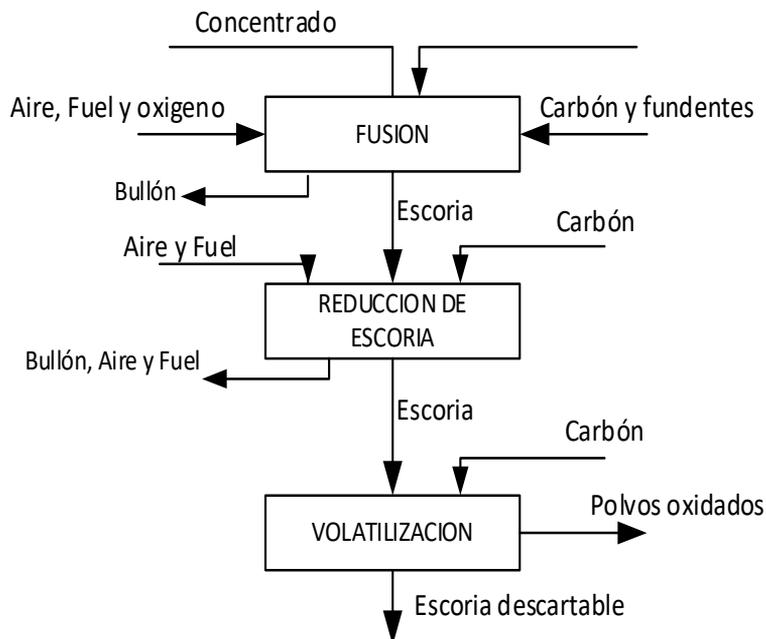
Fuente: Elaboración Propia

Según la figura se calcula que de un estimado de 100 Kg de mezcla se puede obtener un aproximado de 70 Kg de Sn, que están con una escoria de primer grado en 20%, es decir que 14 Kg son de escoria de primer grado, al separar la primera escoria se queda 56 kg para ser tratados en los hornos para ser volatizados, de ahí se extrae un aproximado del 0.3% de escorias de segundo grado, es decir que se obtendrá 0.17 Kg de escoria. Ahora si se considera que una parte de la escoria de primer grado va a un tratamiento de fusión y se puede formar escorias de segundo grado en un aproximado de 2% y eso se va a los escombros. Considerando esto se puede afirmar que se puede emplear un aproximado de 33.63 Kg se va a escombros tanto por fusión y por los hornos.

### **3.3.3 Clasificación de los residuos para la fabricación del pre moldeados.**

Considerando las escorias que se obtienen por el tratamiento del mineral mezclado se puede afirmar que los escombros o residuos se obtienen tanto de la fusión como de los hornos de proceso, ahora es en menor cantidad considerando el horneado ya que pasa por dos tipos que con el horno ciclo y horno Foming, esto permite reducir la escoria o desechos minerales, a continuación, se muestra el proceso general para estos hornos.

**Figura 41. Proceso del horno para la reducción de escoria o desechos de Estaño (Sn)**



*Fuente: Elaboración propia*

En base a este proceso se puede mencionar que los residuos o escoria que se usara más es la que proviene de los hornos esto se estima que será aproximadamente el 60% del monto total.

**Figura 42. Muestra de residuos minerales de la Empresa Minera Catavi**



*Fuente: Elaboración propia*

Considerando, se estimó que un aproximado de 33.63 Kg se va puede aprovechar, de donde hay dos vertientes de este residuo, solo se usara el 20.18 Kg aproximadamente. Esta impureza de acuerdo al sitio donde se obtiene puede variar en su composición y afecta el grado de impureza del estaño fino, esto se muestra a continuación.

**Tabla 13. Influencias de las impurezas en el estaño fino.**

ELEMENTO	CONTENIDO (%)	CONSECUENCIAS
Hierro (Fe)	1.00	Pierde Blandura, menos terso, quebradizo, obscuro
Cinc (Zn)	0.01	Más blanco, duro y quebradizo
Cobre (Cu)	1.0 – 1.5	Más duro, menos maleable, disminuye la fluidez
Antimonio (Sb)	> 0.50	Muy quebradizo, textura cristalina
Bismuto (Bi)	> 0.50	Muy quebradizo, textura cristalina
Ástato (At)	0.10	Perjudica estructura
Azufre (S)	0.01	Lo hace quebradizo
Cadmio (Cd)	0.01	Toxico

*Fuente: Elaboración propia*

### **3.4 DESARROLLAR MÉTODOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PRODUCTO DE INVESTIGACIÓN.**

#### **3.4.1 Investigar los procesos productivos para la fabricación de pre moldeados.**

Para este caso se hizo pruebas iniciales para ver las opciones más adecuadas para la fabricación de pre moldeados, de acuerdo a la Figura 39, se procedió a realizar el molde con madera que se fue usada en otro medio de construcción, esto para disminuir los costos, donde 60 tablones de 7x40 cm se adquirieron a un costo de 15 Bs, en el caso que se industrialice este proyecto el costo no será igual pero se reduciría mucho en caso de compra maderas a gran cantidad, en base a eso se elabora el molde para la obtención del pre moldeado, en este caso se considera necesario cuantificar todos los materiales que son necesarios para posteriormente identificar el costo que se necesita por unidad de pre moldeado.

**Figura 43. Molde base para la fabricación de los pre moldeados**

*Fuente: Elaboración propia*

Se recopiló material para construir el molde inicial, de acuerdo a las especificaciones investigadas se sugirió un volumen de cerca de 1,000 cc (1,008 cc para ser más exactos), este molde tendrá que ser la base para construir los demás moldes, para esto se consideró las siguientes muestras iniciales.

**Figura 44. Muestras para el mezclado de los premoldeados**



*Fuente: Elaboración propia*

Estas muestras se consideraron inicialmente para las pruebas respectivas, en un inicio se estableció los siguientes pesos.

**Figura 45. Muestra de residuo mineral**



*Fuente: Elaboración propia*

El peso inicial que se consideró para las pruebas respecto a los residuos es de 222 gramos, ahora estableciendo la relación que por cada gramo de cemento se necesita tres gramos de agregados (residuos).

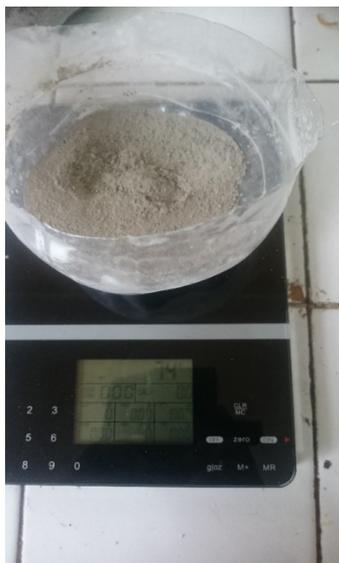
**Figura 46. Esquema de proporcionalidad de dosajes**



*Fuente: Talleres de Desarrollo de Componentes Constructivos para el Mejoramiento Habitacional y Urbano*

Siguiendo este esquema de proporcionalidad de dosajes la relación que cada unidad en peso de cemento se necesita tres unidades de árido o en este caso residuo mineral, por esto se consideró el siguiente peso para el cemento que se muestra en la siguiente figura.

### Figura 47. Muestra de cemento



*Fuente: Elaboración propia*

Considerando la relación anterior, se consideró 74 gramos de cemento para realizar la mezcla inicial de la producción del pre moldeado. En esta etapa se tomó en cuenta que el flujo de agua es importante en el mezclado y la obtención del pre moldeado, el agua debe ser bueno para el pre moldeado, no contener sustancias que lo ataquen, en general se puede usar agua potable que será de buena ayuda para la preparación del mezclado.

El cemento necesita una cantidad de agua determinada para su reacción química y toda la que se agregue por encima de esa cantidad, contribuye a disminuir la resistencia y compacidad del pre moldeado. La cantidad de agua es pues una función de tipo de molde y de la manera de llenarlo.

Para las pruebas iniciales se consideró dos tamaños en el mezclado, ya que al unir las proporciones se obtuvo 168 gramos de mezclado, esto se separó en aproximadamente la mitad (57%). Al primer mezclado se mezcló y añadió 285 mililitros de agua, en este caso se vio que la mezcla era muy acuosa, aunque se mezcló adecuadamente el agua no reacciono

completamente y se tenía agua encima de la mezcla, el resultado de esto se obtuvo en la siguiente figura.

**Figura 48. Primera Muestra en la obtención del pre moldeado**



*Fuente: Elaboración propia*

Se pudo observar que la reacción del cemento y el residuo con el agua fue homogénea pero muy acuosa lo que se dedujo que se debería usar menos cantidad de agua. Es por eso que en la segunda muestra se agregó 215 mililitros de agua y se obtuvo una mezcla menos acuosa que la anterior pero que de igual manera no se estabilizó la parte sólida, ya que en algunos lugares mientras se mezclaba se tenía grumos que no

### Figura 49. Segunda Muestra en la obtención del pre moldeado



*Fuente: Elaboración propia*

Como ninguna de las muestras iniciales reacciono bien con la mezcla debido al exceso de agua se procedio a preparar otra mezcla que tenia 118 gramos de residuo y 72 gramos de cemento, en esto se uso una proporción de 62% de residuo y 38% de cemento y no se considero lo anterior.

A esta ultima mezcla se le añadio 200 mililitros de agua, en este caso al mezclar se tuvo cuidado para que se reaccionara en su totalidad y no sea una mezcla muy acuosa, este resultodo inicial se vio mas consistente y el resultado fue la que se muestra en la figura siguiente.

**Figura 50. Tercera Muestra en la obtención del pre moldeado**

*Fuente: Elaboración propia*

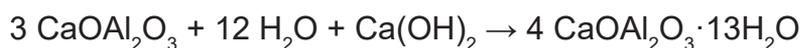
El tiempo de reposo para las mezclas para todos son de un día. En estos casos se vio que la relación entre los sólidos con lo líquido en los primeros casos es de 1.49 ml/gr, en el último caso la relación fue de 0.92 ml/gr.

### **3.4.2 Determinación del mejor proceso de producción para la obtención del pre moldeado en función de sus características y usos**

El cemento usado para las pruebas y obtención del pre moldeado tiene una composición del tipo: 64 % óxido de calcio; 21 % óxido de silicio; 5,5 % óxido de aluminio; 4,5 % óxidos de hierro; 2,4 % óxido de magnesio; 1,6 % sulfatos y 1 % otros materiales, entre los cuales principalmente agua.

Cuando el cemento Portland se mezcla con agua se obtiene un producto de características plásticas con propiedades adherentes que solidifica en algunas horas y endurece progresivamente durante un período de varias semanas hasta adquirir su resistencia característica. El endurecimiento inicial es producido por la reacción del agua, yeso y aluminato tricálcico, formando una estructura cristalina de calcio-aluminio-hidrato, estringita y monosulfato.

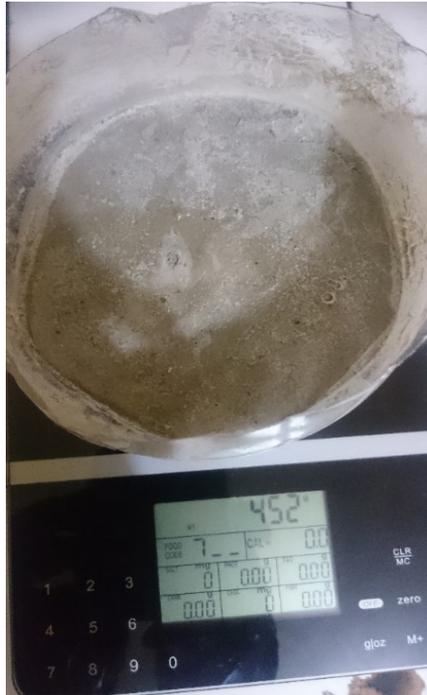
El sucesivo endurecimiento y el desarrollo de fuerzas internas de tensión derivan de la reacción más lenta del agua con el silicato tricálcico formando una estructura amorfa llamada calcio-silicato-hidrato. En ambos casos, las estructuras que se forman envuelven y fijan los granos de los materiales presentes en la mezcla. Una última reacción produce el gel de sílice ( $\text{SiO}_2$ ). Las tres reacciones generan calor. Las reacciones de hidratación, que forman el proceso de fraguado son:



Estas reacciones son todas exotérmicas. La más exotérmica es la hidratación de  $\text{CaOAl}_2\text{O}_3$ , seguida de la de  $\text{CaOSiO}_2$ , y luego  $\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$  y finalmente  $\text{CaOSiO}_2$ .

El agua es importante en la formación final de los pre moldeados, en la primera muestra que se realizó se obtuvo lo siguiente.

### Figura 51. Primera Muestra obtenida para la elaboración del pre moldeado



*Fuente: Elaboración propia*

La combinación del cemento (42 gr)+ residuo de minerales (126 gr) + agua(280 ml) obtuvo un peso total de 452 gramos de producto, en este primer ensayo se dedujo que por el efecto de la reacción se perdió aproximadamente un 15% de agua, en esto se ve que el producto tiene un base sólida aunque aparece pequeños agritamientos que puede ser por el curado a la interperie.

El color que se obtuvo es un predominante gris casi Similar al color del cemento, se puede considerar que es sólido y consistente ya que las pequeñas rajaduras no afectan del todo al producto final.

El agua en el segundo ensayo fue menos que el anterior (70 mili litros menos), se realizó se obtuvo lo siguiente.

**Figura 52. Segunda Muestra obtenida para la elaboración del pre moldeado**



*Fuente: Elaboración propia*

En este ensayo se ve mas claramente que presenta rajaduras, y que no reacciono correctamente la mezcla de cemento (32 gr) + residuos minerales (96 gr) + agua (220 ml), el peso final es de 345 gramos, lo que quiere decir que aproximadamente se evaporo un 15% del agua inicial que se administro. No se considero esta prueba ya que se ve rajaduras mas marcadas, y que no da el carácter de solidificacion y resistencia que se requiere en un pre moldeado.

Respecto a la ultima prueba que se realizo se vio que el resultado que se muestra tiene más consistente que las anteriores, ademas no presenta ninguna rajadura y es más solida en su integridad.

La mezcla cemento (72 gr) + residuos minerales (118 gr) + agua (200 ml) dio un total de 391 gramos, es decir que de los 200 mili litros se evaporo un aproximado del 15%, lo de mas fue producto de la reaccion que en su estado final se considera más cosistente, esto se presenta a continuacion.

**Figura 53. Tercera Muestra obtenida para la elaboración del pre moldeado**



*Fuente: Elaboración propia*

En este ensayo se ve mas claramente que no presenta ninguna rajaduras y es la adecuada para ser utilizada en la produccion del pre moldeado. Al determinar ya el mejor proceso productivo se procede a elaborar el pre moldeado, con base a las figuras 39 y 43 se considero el llenado del molde construido,

**Figura 54. Elaboración del pre moldeado (prueba piloto)**



*Fuente: Elaboración propia*

En la muestra final se usó 540 gramos de cemento, 880 gramos de residuos minerales y 900 mililitros de agua, se dejó de igual manera para la reacción respectiva un lapso de 24 horas hasta obtener el producto final.

**Figura 55. Elaboración del pre moldeado (prueba piloto)**

*Fuente: Elaboración propia*

En el producto final, en el pesado se ve que tiene un valor de 2.145 gramos, es decir que en este proceso de tuvo una reacción que produjo una evaporación de aproximadamente el 19% del agua, ya que se introdujo a la mezcla de cemento y árido 900 cc.

#### **3.4.4 Evaluar las características técnicas de pre moldeado.**

A fin de determinar la utilidad de este material para fines de pre moldeados, se procede a determinar las características técnicas de compresión de la muestra elaborada: los principales valores a determinar son los siguientes:

- Carga de Rotura
- Tensión de Rotura

Esto a fin de evaluar la capacidad del material para resistir una determinada carga y presión sobre este y verificar así su resistencia a la rotura.

En tal sentido, la muestra obtenida fue preparada con las dimensiones adecuadas para ingresar a los equipos del Laboratorio de Ensayo de Materiales del Instituto de Ensayo de Materiales de la Universidad Mayor de San Andrés, para ello la muestra se tuvo que cortar sus lados a las siguientes dimensiones; lado A: 55.4 y lado B: 53.4 mm.

Realizado los ensayos solicitados se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 14. Ensayo de Compresión de la Muestra**

N° de Probeta	Dimensiones (mm)	Carga de Rotura (N)	Tensión de Rotura (MPa)
1	A: 55.4	44090	14.9
	B: 53.4		

*Fuente: Elaborado con base en los resultados proporcionados en los Ensayo de Materiales*

Los resultados obtenidos del ensayo de compresión realizada a la muestra se observa que el bloque pre moldeado tiene una resistencia a la compresión de 14.9 MPa. Por tanto, esto permite indicar que la muestra pertenece a la Clase B de la clasificación de la NB 1211002 debido a que la Resistencia a la compresión de la muestra supera la resistencia mínima a la compresión indicada en la norma de 12.0 MPa.

**Tabla 156. Comparación de los Ensayos de Resistencia a la compresión con la NB 1211002**

Clase	Resistencia mínima a la compresión, área bruta , en MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ensayo de Compresión de la Muestra (MPa)
A	20.0 (203.90)	
B	12.0 (122.40)	14.9
C	4.0 (40.80)	
D	1.5 (15.30)	

*Fuente: Elaborado con base en NB 1211002*

En consecuencia, se puede indicar que los residuos de molienda de las minas de Catavi si pueden ser utilizadas como productos pre moldeados para la construcción y bloques para pisos.

### 3.5 ESTIMAR LOS BENEFICIOS POR LA OBTENCIÓN DEL PRODUCTO.

Se puede considerar los siguientes puntos para el cálculo de los beneficios del producto.

#### 3.5.1 Estimar los costos en que incurre el proceso productivo.

Para el cálculo de costos se estimó los siguientes materiales:

- **Maderas:** se usó maderas de tipo pino de dimensiones 50 x 07 x 02 cm, que en una caja de 60 unidades se adquirió a 15 Bs, haciendo un valor unitario de 0.25 Bs, esto por tratarse de madera ya usada para otra actividad de construcción.
- **Clavos:** Se utilizó clavos de 1 pulgada y media, la caja de este material es de 35 Bs y contiene 500 clavos, haciendo un valor unitario de aproximadamente 0.07 Bs.

- **Cemento:** Se usó cemento Portland de Viacha cuyo valor es de 46 bolivianos, el peso de esta bolsa de cemento es de 50 Kilogramos, dando un valor unitario de 0.92 Bs/ Kg.
- **Residuos:** En este caso no se gastó en residuos de minerales, ya que el Gerente de la Empresa Minera Catavi proporciono en forma gratuita los residuos, en este caso se considera como un costo aproximado el de la Arenilla que por su parecido puede usarse, el valor en el mercado es de 105 Bs/m<sup>3</sup>, esto tendrá un valor cercano a 0.00010 Bs por cada kilogramo.
- **Agua:** El costo considerado para este punto, es el valor doméstico en la ciudad de La Paz, que es de 10.72 Bs/m<sup>3</sup>, esto da un valor de 0.01172 Bs/cc de agua.

En la siguiente tabla se ve reflejado el costo total por cada pre moldeado que se elabora, esto también puede disminuir si se lo realiza a escala industrial.

**Tabla 167. Resumen de costos para la elaboración del pre moldeado.**

MATERIALES	UNIDAD	BS/UNIDAD	TOTAL (BS)
Maderas (m <sup>2</sup> )	2.63	0.25000	0.66
Clavos (u)	8.00	0.07000	0.56
Cemento (Kg)	0.54	0.92000	0.50
Residuos (Kg)	0.88	0.00009	0.00
Agua (ml)	900.00	0.00001	0.01
<b>TOTAL</b>			<b>1.72</b>

*Fuente: Elaboración propia*

El costo estimado es de 1.72 Bs/unidad, lo que ayuda a ver que a nivel industrial y con una producción en serie este valor puede ser menor.

### 3.5.2 Estimar los márgenes de ganancia.

El producto debe tener un margen de ganancia acorde al mercado, ahora como no se tiene el producto en sí para comercializar, se puede comparar con un bloque pre fabricado que es de 8.06 Bs/unidad, considerando la siguiente formula de la determinación del precio.

$$Pv = Cu(1 + Mg)$$

Dónde: Pv: Precio unitario de venta [Bs/u]

Cu: Costo unitario de Venta [Bs/u]

Mg: Margen de Ganancia [%]

Despejando el margen de ganancia de la formula se tiene lo siguiente:

$$Mg = \frac{Pv}{Cu} - 1$$

Actualmente en el mercado se presenta el producto de un bloque pre fabricado cuya dimensión es de 40x20x15 cm<sup>12</sup>, con resistencia normalizada R<sub>10</sub> (10 N/mm<sup>2</sup>), para revestir, con juntas horizontales y verticales de 5 mm de espesor, recibida con mortero de cemento confeccionado en obra, con 300 kg/m<sup>3</sup> de cemento, color gris, dosificación 1:5, suministrado en sacos, con piezas especiales tales como medios bloques, este producto se presenta a continuación:

<sup>12</sup> [http://www.bolivia.generadordeprecios.info/obra\\_nueva/calculaprecio.asp?Valor=1|0\\_0\\_0\\_1\\_0\\_0\\_2|FEA020|-fea\\_020:c5\\_0\\_50c12\\_0\\_272\\_0\\_43\\_0\\_45\\_0\\_0\\_86c18\\_0\\_590c6\\_0\\_3\\_1450c3\\_0\\_1\\_0\\_1\\_0](http://www.bolivia.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=1|0_0_0_1_0_0_2|FEA020|-fea_020:c5_0_50c12_0_272_0_43_0_45_0_0_86c18_0_590c6_0_3_1450c3_0_1_0_1_0)

**Figura 56. Bloque pre fabricado (Bloque esquina)**



*Fuente: <http://www.bolivia.generadordeprecios.info>*

Como se ve en la figura este bloque pre fabricado tiene una forma de un paralelepípedo con orificios o aberturas, por lo que no se usó mucho material en su elaboración, el precio en el mercado es de 8.06 Bs/unidad, realizando un análisis comparativo se puede especificar que con un molde en el cual no haya aberturas de dimensión de 17x16x15 cm (4,080 cc), incluso en este producto se debe considerar para las dos aberturas dando un total de 8,160 cc que no tiene material, como se dijo este material se deberá considerar por lo que por una dimensión solida de 40x20x15 cm (12,000 cc) como el total del volumen sin considerar las aberturas se tendría un costo en el mercado de 25.19 Bs. Considerando una dimensión similar a la que se realizó el pre moldeado (12x12x7 cm) tendría un costo de 2.12 Bs/unidad.

Considerando como valor referencial este monto se puede calcular el margen de ganancia de la siguiente manera:

$$Mg = \frac{2.12}{1.72} - 1 = 22.81\%$$

Se tendría un margen de ganancia del 22.81%, del cual se puede realizar estrategias en los precios como disminuir este margen a un 15%<sup>13</sup> en cuyo caso el precio de venta sería de 1.98 Bs/unidad de pre moldeado que sería más bajo que el producto similar que hay en el mercado.

### 3.5.3 Estimar el beneficio posible considerado una simulación de escenarios.

Considerando la utilidad o Beneficio con la siguiente formula

$$B = I - C$$

$$B = Pu * Q - Cu * Q$$

Dónde:      B = Beneficio o utilidad [Bs]  
                   I = Ingreso [Bs]  
                   C = Costo [Bs]  
                   Q = Cantidad vendida o producida [u]

Como no se tiene datos concretos de demanda de pre moldeados se puede considerar la utilidad por cada unidad vendida, en este caso se considera lo siguiente:

$$B = 1.98 \left[ \frac{Bs}{u} \right] * 1 [u] - 1.72 \left[ \frac{Bs}{u} \right] * 1 [u] = 0.26 \left[ \frac{Bs}{u} \right]$$

<sup>13</sup> Se puede tomar como valor superior de este margen 22.81% para tener el mismo valor de mercado que el producto de Bloque pre fabricado, pero por estrategia puede tomarse un valor inferior para tener un precio menor y atraer compradores en el mercado.

Es decir que se tendría una utilidad o beneficio de 0.26 Bs por cada unidad vendida de pre moldeados. Ahora también se puede establecer escenarios en los cuales se construye las mejores estrategias para la elaboración de pre moldeados, esto considerando que se vende sin contar la parte impositiva (venta sin factura).

Considerando un escenario pesimista en el cual en forma aleatoria se consideró un aumento de costos en 1.00% de cada escenario y el ingreso disminuye en la misma cantidad, esta simulación de escenarios se presenta a continuación, donde la celda inicial está el valor de la utilidad y los valores dentro de la tabla representan los valores de la utilidad.

**Tabla 18. Escenarios para las variaciones en la utilidad de la elaboración del pre moldeado (Sin factura).**

		0.00%	1.00%	2.00%	3.00%	4.00%
	0.26	1.72	1.74	1.76	1.77	1.79
0.00%	1.98	0.26	0.24	0.21	0.15	0.08
1.00%	1.96	0.06	0.04	0.00	- 0.06	- 0.14
2.00%	1.94	- 0.18	- 0.20	- 0.24	- 0.30	- 0.39
3.00%	1.92	- 0.45	- 0.47	- 0.52	- 0.59	- 0.69
4.00%	1.90					
-	0.77	- 0.79	- 0.84	- 0.92	- 0.92	- 1.03

Fuente: Elaboración propia

Acá se ve que el escenario peor es cuando los costos aumentan en un 3% y el ingreso disminuye en 1%, en este caso la utilidad sería de 0.0 [Bs/u], esto considerando que el margen de ganancia permanece tiene un valor de 11.52%.

En caso que el costo se incrementa en un 4.0% y el ingreso no cambia de 1.96 [Bs/u], la utilidad será negativa de 0.06 [Bs/u], es decir que ya se tendría pérdida en la elaboración de pre moldeados, acá se puede deducir que hay más tolerancia en el margen de variación del costo. También se puede mencionar que este valor da un margen de ganancia del 10.53%, pero no sería suficiente para compensar los costos unitarios del pre moldeado.

Considerando un escenario con factura en las ventas, lo cual cambiaría la fórmula para encontrar el precio de venta de la siguiente manera:

$$Pv = Cu * (1 + Mg) * (1 + 14.94\%)$$

Reemplazando los valores obtenidos se tendría lo siguiente:

$$Pv = 1.72 * (1 + 15\%) * (1 + 14.94\%) = 2.28 \left[ \frac{Bs}{u} \right]$$

Como no se tiene datos concretos de demanda de pre moldeados se puede considerar la utilidad por cada unidad vendida, en este caso se considera lo siguiente:

$$B = 2.28 \left[ \frac{Bs}{u} \right] * 1 [u] - 1.72 \left[ \frac{Bs}{u} \right] * 1 [u] = 0.55 \left[ \frac{Bs}{u} \right]$$

Es decir que se tendría una utilidad o beneficio de 0.55 Bs por cada unidad vendida de pre moldeados considerando que la parte impositiva se la carga al comprador (14.94%). Ahora también se puede establecer escenarios en los cuales se construye las mejores estrategias para la elaboración de pre moldeados, esto considerando que se vende contando la parte impositiva (venta con factura).

Considerando un escenario pesimista en el cual en forma aleatoria se consideró un aumento de costos en 1.00% de cada escenario y el ingreso disminuye en la misma cantidad, esta simulación de escenarios se presenta a continuación, donde la celda inicial está el valor de la utilidad y los valores dentro de la tabla representa los valores de la utilidad.

**Tabla 179. Escenarios para las variaciones en la utilidad de la elaboración del pre moldeado (Con factura).**

		0.00%	1.00%	2.00%	3.00%	4.00%
	<b>0.55</b>	1.72	1.74	1.76	1.77	1.79
0.00%	2.28	0.55	0.54	0.50	0.45	0.38
1.00%	2.25	0.35	0.33	0.30	0.24	0.16
2.00%	2.23	0.11	0.09	0.05	-0.02	-0.11
3.00%	2.21	-0.17	-0.20	-0.24	-0.31	-0.41
4.00%	2.19	-0.50	-0.52	-0.57	-0.65	-0.76

*Fuente: Elaboración propia*

Acá se ve que el escenario peor en cuando los costos se aumentan en un 2% y el ingreso disminuye en 2%, en este caso la utilidad sería de 0.05 [Bs/u]. Esto considerando que el margen de ganancia ya no permanece constante y tiene un valor de 27%.

En caso que el costo se incrementa 3.0% y el ingreso disminuye en 2.0%, la utilidad será negativa de 0.02 [Bs/u], es decir que ya se tendría perdida en la elaboración de pre moldeados, acá se puede deducir que hay más tolerancia en el margen de variación del costo. También se puede mencionar que este valor da un margen de ganancia del 25.77%, pero no sería suficiente para compensar los costos unitarios del pre moldeado.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

Una vez finalizada la investigación se puede concluir lo siguiente:

- Se realizó una exhaustiva recolección de información, debido a que este no se presenta de manera directa, en dicha información se obtuvo que el lugar en donde se obtuvo la materia prima presenta un ambiente que no es industrializado en su totalidad, los minerales que se tienen en son el estaño, zinc y sus aleaciones. También se presentó información de las plantas industriales que presentan productos similares como el hormigón premezclado, Viguetas, casas prefabricadas, durmientes, etc. Dentro de esta información se vio por conveniente la clasificación de acuerdo a la gestión de a seguridad de la información con la norma ISO 27001, es cual ya da un análisis importante de que información es la más relevante en este estudio.
- Se desarrolló herramientas que ayudaron a la selección de materiales, en este caso se consideró como base la elaboración del hormigón la norma boliviana CBH 87 ya que permite la adecuada seguridad en las estructuras, además de identificar los elementos necesarios en la composición como ser el cemento que debe ser Portland (NB 2.1 – 001 hasta NB 2.1 – 014), además que se estableció que no se debe exceder 70 °C, además que si el almacenamiento es superior a un mes las características deben ser las adecuadas. Otro elemento principal es el agua, que debe tener un componente de un mínimo de 5 PH, esto considerando la norma NB/UNE 7234, además que la temperatura del agua es superior a los 5°C. se pudo establecer que las medidas más estándar para la elaboración del pre moldeado son de 12 x 12 x 7 cm, que equivale a 1,008 cc de material para usarse.

Para evaluar los elementos necesarios para el tratamiento de residuos, en este caso se considera estériles o residuos de mina ya que no tienen ningún otro beneficio; además que se identificó la

cantidad máxima de sustancias perjudiciales que pueden presentar los desperdicios mineros, en este caso se clasifico en áridos finos y gruesos, para la investigación se pudo obtener los finos sin ninguna proporción de materia orgánica. Incluso se pudo identificar los valores máximos de la pérdida de peso de los desperdicios mineros (áridos) que en la investigación se presenta con sulfato magnésico. El proceso para la reducción de desechos involucra que, de un total de 100 kilogramos de mezcla, se obtiene en promedio 33.63 Kilogramos libres de algún tipo de material aprovechable.

- En el desarrollo de métodos para la elaboración del producto de investigación, se realizó de acuerdo a investigaciones que por cada proporción de cemento se necesitaría tres proporciones de áridos o residuos en una relación de 1:3, en esa dosificación se consideró dos tipos de mezclas, la primera con un peso de 452 gramos en el cual se vio que la superficie tenía una leve rajadura, la segunda con un peso de 345 gramos en el cual se ve una rajaduras en la superficie y no se puede considerar como un producto final por la poca solidez y en una tercera prueba con un peso de 391 gramos se tuvo un producto más consistente por lo que se tomó en cuenta esa prueba en el cual de concluye que para la mezcla debe tener un 38% de cemento y 62% de residuos minerales, esto sin tomar en cuenta la cantidad de agua que se debe considerar, para esta relación se consideró que por cada gramo de mezcla debe agregarse cerca de 90 mililitros de agua
- También se vio que la cantidad de agua es recomendable usar un volumen similar a los residuos utilizados, en la última prueba se usó 900 cc de agua y en la mezcla estaba 875 gramos de residuo, al reaccionar tuvo que evaporarse o desprenderse un 19% del líquido.
- Se cuantifico los materiales usados para elaborar un pre moldeado, esto se puede repetir para varias unidades, el costo por unidad es de 1.72 Bs, este valor puede reducirse más si se industrializa la obtención del pre moldeado.

- Se consideró inicialmente que el margen de ganancia será calculado en base al valor referencial de un producto similar que en el mercado es de un bloque prefabricado de dimensiones parecidas, en este caso el margen de ganancia es de 22.81%, pero considerando un margen del 15% el precio del producto sería menor al de la competencia (1.98 Bs/u).
- La utilidad que se encontró es de 0.26 [Bs/u], al realizar una simulación de escenarios se puede decir que el costo tendría una mayor tolerancia a los cambios, esto considerando que el precio no es afectado por la parte impositiva.
- La utilidad considerando la parte impositiva (precio con factura) sería de 0.55 [Bs/u], al realizar una simulación de escenarios se puede decir que el costo tendría una mayor tolerancia a los cambios.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere tomar en cuenta la investigación, ya que permitirá aprovechar material que es desechado en la empresa Minera Catavi y así tener la posibilidad de incentivar una nueva actividad conjunta con la parte minera.
- Se sugiere que se tenga más acceso a entidades que estén involucrados o en cierta manera que haya convenios con los centros mineros para que sea una ayuda en forma conjunta.
- Se recomienda que la ejecución que engloba los trámites administrativos sean los más adecuados respecto al tiempo, para que se dispongan de manera óptima los fondos que ayudaran al cumplimiento de los objetivos del proyecto.
- Se debe tomar en cuenta que este proyecto debe ser parte de un avance sobre los posibles convenios entre la Universidad Pública de El Alto (UPEA) y la empresa Minera Catavi, ya que la investigación será beneficiosa para ambos.
- Se debe tener vinculaciones o convenios directos con empresas estratégicas a nivel nacional, ya sean estas en el sector público o privado y en diferentes rubros para que puedan ayudar a posteriores investigaciones.
- También debe tomarse en cuenta que los auxiliares deben tener un papel importante en la parte operativa y que coadyuven con el docente investigador las acciones para mejorar las acciones dentro de la investigación, en este punto se debe realizar un compromiso con los docentes investigadores para que los auxiliares puedan ser colaborados y colaborar con los mismos docentes.
- Se sugiere la adquisición de insumos para la elaboración de pre moldeados de manera tal que se permita economizar la elaboración de pre moldeados, en este caso se sugiere que los moldes pueden realizarse con madera reciclada o comprar maderas a gran escala

para economizar costos.

- Se debe recomendar que la comparación debe realizarse con productos del mismo rubro, los pre moldeados son usados en el área de la construcción y en la investigación se presenta una similar aplicación con los bloques pre fabricados.
- Se sugiere realizar pruebas de laboratorio para comprobar la calidad del pre moldeado, ya que en esta gestión por los conflictos sociales no se pudo acceder al laboratorio del Instituto de Ensayos de Materiales de la UMSA, ya que está ubicado en Cota Cota y por los conflictos estaba cerrado y una vez normalizado, se vio la parte del tiempo que ocupara la realización de las pruebas respectivas, y por el trabajo que se tenía pendiente no se accedió a este medio.

## 5. REFERENCIAS INFORMATIVAS

### 5.1 BIBLIOGRAFÍA

- FÁBRICA DE POSTES DE HORMIGÓN. Carlos Oscar Carossio. Córdoba. 2015
- MORTEROS Y HORMIGONES. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Rosario
- PREFABRICADOS DE HORMIGÓN. Análisis de Sistemas Aplicados a Vivienda. Facultad de Arquitectura. Montevideo, 2015.
- PROBLEMÁTICA DE LA REACTIVACIÓN DE LA MINERÍA EN EL NORTE DE POTOSÍ (2000 – 2009). Waldan Arano Vargas

### 5.2 WEB GRAFÍA

- <http://datos.ine.gob.bo/binbol/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=CPV2012COM&lang=ESP>
- [http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/fdc/v11n48/v11n48\\_a14.pdf](http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/fdc/v11n48/v11n48_a14.pdf)
- <https://books.openedition.org/ifea/3438?lang=es>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Catavi>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Concreto>
- [http://www.energiabolivia.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2197&Itemid=113](http://www.energiabolivia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=2197&Itemid=113)
- <http://www.mineria.gob.bo/revista/pdf/20170817-10-14-39.pdf>
- [https://www.researchgate.net/publication/303962263\\_CONTAMINACION\\_MINERA\\_EN\\_BOLIVIA](https://www.researchgate.net/publication/303962263_CONTAMINACION_MINERA_EN_BOLIVIA)

ALTERNATIVAS\_DE\_REMEDIACION\_DE\_AGUAS\_ACIDAS/  
link/5760630908ae2b8d20eb60da/download

- [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2519-53522017000200001&lng=es&nrm=iso](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522017000200001&lng=es&nrm=iso)
- [http://biblioteca.unmsm.edu.pe/redlieds/Recursos/archivos/MineriaDesarrolloSostenible/MedioAmbiente/f\\_bolivia.pdf](http://biblioteca.unmsm.edu.pe/redlieds/Recursos/archivos/MineriaDesarrolloSostenible/MedioAmbiente/f_bolivia.pdf)
- <http://ambiental.net/wp-content/uploads/2016/05/AndreucciGruberGestionSocioAmbientaMineraBolivia16.pdf>
- [http://open\\_jicareport.jica.go.jp/661/661/661\\_702\\_11525037.html](http://open_jicareport.jica.go.jp/661/661/661_702_11525037.html)
- [http://www.ingenieria.unam.mx/~luisscr/licenciatura\\_ic/1444\\_pcee/1444\\_material/aditivospresen.pdf](http://www.ingenieria.unam.mx/~luisscr/licenciatura_ic/1444_pcee/1444_material/aditivospresen.pdf)
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Cemento\\_Portland](https://es.wikipedia.org/wiki/Cemento_Portland)
- [https://www.eldia.com.bo/index.php?cat=1&pla=3&id\\_articulo=219379](https://www.eldia.com.bo/index.php?cat=1&pla=3&id_articulo=219379)

## FICHA DE CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO

A continuación, se muestra la ficha que caracteriza y describe los elementos principales del proyecto

**Tabla 18. Ficha de caracterización del proyecto**

<b>1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	
1.1 DESCRIPCIÓN	El proyecto se trata de aprovechar los residuos sólidos que genera el proceso de extracción de minerales de las empresas mineras ubicadas en Catavi.
1.2 NOVEDAD DEL PROYECTO	El uso de los residuos sólidos que contiene elementos aptos para usarlos en la fabricación de pre moldeados
1.3 RESULTADOS ESPERADOS	La fabricación de material de construcción en base a pre moldeados
1.4 DIVULGACIÓN DE RESULTADOS	Presentación en base a texto científico o libro
1.5 RIESGOS Y OBSTÁCULOS	La distancia al lugar de origen es un principal obstáculo y además los que conciernen a la recolección de datos que en muchos casos no se encuentran disponibles.
<b>2 INSTITUCIÓN O DEPENDENCIA EJECUTORA</b>	
2.1 DATOS GENERALES	Instituto de Investigación y Posgrado - IPE
2.2 ANTECEDENTES DE LA INSTITUCIÓN	Año de funcionamiento del instituto fue en 2016
<b>3 INFORMACIÓN DEL PROYECTO</b>	
3.1 TIPO DE PROYECTO	Según su fuente de capital se trata de un Proyecto Público. Según el grado de experimentación se trata de un Proyecto Experimental. Según el sector se trata de un Proyecto industrial. Según su orientación se trata de un Proyecto de Investigación.
3.2 NOMBRE DEL PROYECTO	INVESTIGACIÓN PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PRE MOLDEADOS CON RESIDUOS DE MOLIENDA DE MINERALES EN CATAVI
3.3 UBICACIÓN DEL PROYECTO, ÁREAS DE INFLUENCIA	El proyecto estará ubicado en Catavi.
3.4 DEPARTAMENTO, PROVINCIA Y MUNICIPIO	Departamento: Potosí; Provincia: Rafael Bustillos y Municipio: Llallagua;

3.5 EJE Y TEMA PRIORITARIO	Aprovechamiento de los residuos sólidos que se obtiene por la extracción de minerales en Catavi.
3.6 DURACIÓN DEL PROYECTO	El tiempo del desarrollo del proyecto es de 9 meses calendarios.
3.7 COSTO ESTIMADO DEL PROYECTO	El costo estimado es de 18.033 Bs
3.8 APOORTE INSTITUCIONAL	El aprovechamiento de residuos para ampliar la cadena de producción en el campo de la construcción.

*FUENTE: Elaboración Propia*



# **ANEXO A**

## **RESULTADO DEL ENSAYO DE MATERIALES**





**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL  
**INSTITUTO DE ENSAYO DE MATERIALES**  
 "ING. HUGO MANSILLA ROMERO"



LABORATORIO DE MATERIALES				
INF. LAB. MAT. Nro. 99 / 2020				
CLIENTE: UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO				
DIRECCIÓN: Av. Sucre s/n				
PROCEDENCIA DE MUESTRAS: sin Información				
PROYECTO: Procesos de fabricación de premoledados con residuos de molienda de minerales				
DIRECTOR DE OBRA: sin información				
SUPERVISOR: sin información				
FECHA DE RECEPCIÓN DE PROBETA: 17 de noviembre de 2020				
FECHA DE ENSAYO DE PROBETA: Del 18 al 19 de noviembre de 2020				
ENSAYO: COMPRESIÓN DE ADOQUIN A BASE DE COLAS DE MINERÍA				
Nº de Probeta	Dimensiones (mm)	Carga de Rotura (N)	Tensión de Rotura (MPa)	Rótulo en la probeta
1	A: 55,4	44090	14,9	
	B: 53,4			
NOTAS: La probeta fue cortada de un bloque entregado al Laboratorio por el cliente, por tanto el muestreo no es responsabilidad del I.E.M. El resultado es representativo únicamente de la probeta ensayada. El dato de PROYECTO fue proporcionado por el cliente en el Formulario de Solicitud de Servicio. Cualquier borrón o enmienda anula la validez del presente informe.				
La Paz, 19 de Noviembre de 2020				
 Ing. Jorge Echazú Córtez AREA DE MATERIALES		Vo.Bo.	 M.Sc. Ing. Angel Ramos Maiza DIRECTOR	
Los resultados del presente informe de laboratorio son válidos únicamente en el documento original.				



Direcciones: Av. Muñoz Reyes \* Calle N° 30 Campus Universitario - Cota Cota Telf/Fax: (591)(2)2-772111  
 Av. Villazón N° 1995 \* Telf/Fax: (591)(2)2-444086 - E-mail: iem@umsa.bo - www.iem.umsa.bo  
 La Paz - Bolivia

