



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO

---

**TEMA:** “ESTUDIO DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DENTRO DE UNA MATRIZ DE YESO, PROVENIENTES DEL PROCESO DE REBAJADO DEL CUERO EN LA EMPRESA CURTIDURÍA TUNGURAHUA S.A.”

---

**AUTOR:** CHRISTIAN RAÚL BARRIGA MIÑO

**TUTOR:** ING. M. ENG. MAYRA PAUCAR.

**Ambato - Ecuador**

**2017**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

### CERTIFICACIÓN

En mi calidad de director de tesis de grado, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el Tema; “ESTUDIO DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DENTRO DE UNA MATRIZ DE YESO, PROVENIENTES DEL PROCESO DE REBAJADO DEL CUERO EN LA EMPRESA CURTIDURÍA TUNGURAHUA S.A.”. Realizado por el Sr. Christian Raúl Barriga Miño, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente tesis es original de su autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos.
- Está concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Febrero 2017

EL TUTOR




Ing. M. Eng. Mayra Paucar.

## AUTORÍA

Ambato, Febrero 2017

Yo, Christian Raúl Barriga Miño, expreso que el tema, objetivos, conclusiones, recomendaciones, análisis de los resultados, con excepción de conceptos y definiciones en la presente investigación, previo la obtención del Título de Ingeniero Mecánico son absolutamente originales, auténticos y personales.

EL AUTOR



Christian Raúl Barriga Miño

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación o parte de él realice un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto de Investigación con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto de Investigación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Febrero del 2017

El AUTOR



Christian Raúl Barriga Miño

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: “ESTUDIO DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DENTRO DE UNA MATRIZ DE YESO, PROVENIENTES DEL PROCESO DE REBAJADO DEL CUERO EN LA EMPRESA CURTIDURÍA TUNGURAHUA S.A”, del egresado Christian Raúl Barriga Miño de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Ambato, Febrero del 2017

Para constancia firman

---

Ing. Mg. Luis Escobar

---

Ing. Mg, Susana Valencia

## DEDICATORIA

*“No me elegisteis vosotros a Mí, sino que Yo os elegí a vosotros, y os he puesto para que vayáis y llevéis fruto, y vuestro fruto permanezca; para que todo lo que pidáis al padre en Mi nombre, Él os lo dé”. Juan 15-16*

Dedico el presente trabajo a Dios, ya que sin El, soy incompleto, siempre me ha guiado y cuidado desde el momento que me envió al mundo, hasta el día actual.

A mis Abuelos Víctor y María, quienes me educaron con mucho amor, cariño y decoro.

Mis padres Raúl y Yolanda por ser los cimientos en mi vida, brindándome siempre empuje en momentos difíciles.

A mi compañera de vida Paola por su calidez de mujer, brindándome su sincero apoyo incondicional; su acometividad para alcanzar nuevas metas dentro del campo profesional y personal.

A mi hermano Juan Andrés por ser mi amigo, estar siempre en los mejores momentos como en los peores.

A mi prima Andrea Carolina, por ser un ejemplo de mujer luchadora, siempre preocupada por la familia, sin la ayuda de ella no sería posible la realización de esta investigación.

STILL I RISE

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecido con la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por brindarme la oportunidad de culminar mis estudios de tercer nivel.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Mecánica por compartir sus conocimientos durante toda la carrera.

A la Ing. M. Eng. Mayra Paucar. por su amistad, su gran apoyo durante el desarrollo de este proyecto y su esfuerzo en ser parte de esta investigación.

## ÍNDICE

PORTADA.....	I
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	II
AUTORÍA.....	III
DERECHOS DE AUTOR .....	IV
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
ÍNDICE.....	VIII
RESUMEN EJECUTIVO .....	XII
CAPÍTULO I .....	14
ANTECEDENTES .....	14
1.1 Tema del trabajo experimental.....	14
1.2 Antecedentes .....	14
1.3 Justificación.....	15
1.4 Objetivos .....	17
1.4.1 Objetivo general.....	17
1.4.2 Objetivos específicos .....	17
CAPÍTULO II .....	19
FUNDAMENTACIÓN.....	19
2.1 Fundamentación teórica .....	19
2.1.1 Virutas de cuero .....	19
2.1.2 Yeso .....	20
2.1.3 Compactado del residuo sólido .....	21
2.1.4 Conductividad térmica .....	22
2.1.5 Horno de placa caliente.....	23
2.1.6 Cálculo .....	25
2.2 Hipótesis.....	26
2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis.....	26
2.3.1 Variable independiente.....	26
2.3.2 Variable dependiente.....	26
CAPÍTULO III.....	27
METODOLOGÍA .....	27
3.1 Nivel o tipo de investigación.....	27
3.1.1 Investigación exploratoria.....	27
3.1.2 Investigación experimental .....	27
3.1.3 Investigación bibliográfica.....	27
3.2 Población y muestra .....	27
3.3 Operacionalización de variables .....	29



3.4 Plan de recolección de la información .....	31
3.5 Plan de procesamientos y análisis de la información.....	33
3.5.1 Plan de procesamiento.....	33
3.5.2 Plan de análisis e interpretación de resultados .....	35
CAPÍTULO IV.....	36
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	36
4.1 Recolección de datos.....	36
4.1.1 Placa caliente.....	36
4.1.2 Residuo sólido.....	41
4.1.3 Compactado del residuo sólido .....	42
4.1.4 Matriz de yeso .....	44
4.1.5 Ladrillo de arcilla .....	45
4.1.6 Medición de la conductividad térmica .....	45
4.2 Análisis de resultados.....	51
4.3 Verificación de hipótesis.....	54
CAPÍTULO V .....	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	55
5.1 Conclusiones .....	55
5.2 Recomendaciones.....	56
Bibliografía .....	58
ANEXO 1 FABRICACIÓN DEL MOLDE DE GYPSUM .....	61
ANEXO 2 FABRICACIÓN DE LA MATRIZ, PARA COMPACTAR EL RESIDUO SÓLIDO .....	65
ANEXO 3 PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA MATRIZ DE GYPSUM .....	67
ANEXO 4 PROCESO DEL COMPACTADO DEL RESIDUO SÓLIDO .....	69
ANEXO 5 FABRICACIÓN DEL HORNO DE PLACA CALIENTE .....	72
ANEXO 6 MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DEL LADRILLO .....	75
ANEXO 7 MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LA MATRIZ DE GYPSUM.....	79
ANEXO 8 ANÁLISIS DE HUMEDAD Y pH DEL RESIDUO SÓLIDO .....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensionamiento del horno de placa caliente.....	24
Tabla 2. Operacionalización variable independiente. ....	29
Tabla 3. Operacionalización variable dependiente.....	30
Tabla 4. Plan de recolección de datos .....	31
Tabla 5. Equipos e instrumentos utilizados.....	31
Tabla 6. Voltaje aplicado y potencia .....	37
Tabla 7. Intensidad aplicada y potencia .....	38
Tabla 8. temperatura e intensidad.....	39
Tabla 9. Temperatura y voltaje aplicado .....	40
Tabla 10. Valores de funcionamiento del horno de placa caliente.....	46
Tabla 11. Datos obtenidos de los sensores térmicos durante el ensayo. ....	47
Tabla 12. Valores de trabajo del horno de placa caliente.....	49
Tabla 13. Datos obtenidos durante el ensayo .....	50
Tabla 14. Fabricación del molde de gypsum.....	61
Tabla 15. Fabricación de la matriz, para compactar el residuo sólido .....	65
Tabla 16. Fabricación de la matriz para contener el residuo sólido .....	67
Tabla 17. Proceso de compactado del residuo sólido.....	69
Tabla 18. Fabricación del horno de placa caliente .....	72
Tabla 19. Medición de conductividad térmica horno de placa caliente .....	75
Tabla 20. Medición de conductividad térmica de la matriz de gypsum. ....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Viruta de cuero.....	20
Figura 2. Microestructura del yeso.....	21
Figura 3. Matriz de yeso.....	21
Figura 4. Esquema horno placa caliente.....	22
Figura 5. Recolección de datos de la placa caliente.....	36
Figura 6. Voltaje vs potencia.....	37
Figura 7. Potencia vs intensidad.....	38
Figura 8. Temperatura vs intensidad.....	39
Figura 9. Temperatura vs voltaje.....	40
Figura 10. Desecho sólido.....	41
Figura 11. Contenido de humedad del residuo sólido.....	42
Figura 12. Nivel de pH del residuo sólido.....	42
Figura 13. Compactación del residuo sólido.....	43
Figura 14. Presión de trabajo para el compactado.....	43
Figura 15. Residuo compactado.....	44
Figura 16. Probeta.....	44
Figura 17. Probetas.....	45
Figura 18. Parte interior del horno.....	46
Figura 19. Sensores térmicos colocados en la placa caliente.....	47
Figura 20. Sensores en contacto con la placa fría.....	47
Figura 21. Horno de placa caliente.....	48
Figura 22. Horno de placa caliente.....	49
Figura 23. Datos del horno de placa caliente.....	51
Figura 24. Simulación de la probeta.....	53
Figura 25. Ensayo térmico matriz de yeso.....	54

## RESUMEN EJECUTIVO

En el presente proyecto se determinó la conductividad térmica del residuo sólido proveniente del proceso de rebajado del cuero bovino aislado en una matriz de yeso, estableciendo su comportamiento como un material aislante. Se planteó los parámetros tanto para la elaboración del horno de placa caliente, como para la medición de la conductividad térmica.

Se fabricó el molde de acero A36 debido a su bajo costo y maleabilidad obteniendo un modelo de yeso o gypsum conocido en inglés, este material tiene un pH neutro, buenas propiedades mecánicas, acústicas y no es inflamable. Se seleccionó el espesor de cinco centímetros, lo que dimensiona tanto el horno como la probeta siendo sus medidas 30x30x5 *cm*. El residuo sólido proveniente del proceso de rebajado, fue secado en un tiempo de 13 días expuesto al medio ambiente y protegido del sol, con resultados de un pH que no sufrió alteraciones siendo el valor de la muestra húmeda 3,39 y la muestra seca 3,38 esto nos indica que el proceso de secado fue el correcto, además que la presencia del agua no influye sobre el mismo. Se realizó el compactado de las virutas de cuero, durante un tiempo de 15 min, tiempo óptimo para que las fibras de adhieran una con otras, sin necesidad de adicionar aglutinantes. Las matrices fueron selladas con el mismo yeso y se determinó su peso en 8.8 lb.

Para el horno se comenzó realizando pruebas de funcionalidad de la placa caliente expuesta al medio ambiente, para obtener valores de temperatura y voltaje. El horno se elaboró bajo la norma ASTM C177-13, cumpliendo con las dimensiones de las probetas, incluido el espesor de las guardias aislantes del horno siendo la medida mínima de 7.5 *cm*. Para el funcionamiento de la placa fría la alimentación es directa con agua del sistema de la red, se utilizó el método volumétrico para determinar el caudal requerido, obteniendo un caudal de 1.25 *l/min*, el mismo que permitirá mantener una temperatura constante en la placa fría.

Para determinar la conductividad térmica se necesitó que transcurra un tiempo de 40 min, los valores obtenidos se compararon con las investigaciones y libros utilizados como referencia, arrojando un error del 2% en el horno y, la conductividad térmica de la matriz de gypsum contenedora de viruta de cuero que se obtuvo es de 0.589 W/m°C.

## SUMMARY

This project identified the thermal conductivity of solid residue from the process of thinning of the cowhide isolated on a gypsum matrix, establishing their behavior as an insulating material. Arose as to the parameters for the preparation of hot plate oven as well as for the measurement of the thermal conductivity.

Mould of A36 steel due to its low cost and malleability obtaining a plaster or gypsum known model was manufactured, this material has a neutral pH, mechanical, acoustic properties and is non-flammable. The five centimeters thick, was selected what dimensions both the oven and the specimen being its measures 30 x 30 x 5 cm. From solid residue from the process of thinning, was dried in a time of 13 days exposed to the environment and protected from the Sun, with outcomes of a pH not suffered alterations being the value of the wet sample 3.39 and dry sample 3.38 this tells us that the drying process was correct, that the presence of water does not influence on it. The compacted chips of leather, performed during a time of 15 min, optimal time for fibers of adhere one with others, without having to add binders. Matrices were sealed with the same cast and determined its weight in 8.8 lb.

Oven began testing of functionality of the hot plate exposed to the environment, to obtain values of temperature and voltage. He oven is developed low the standard ASTM C177-13, complying with the dimensions of them specimens, included the thickness of them guards insulating of the oven being it measure minimum of 7.5 cm. For the operation of the cold plate feeding is direct with water from the network, the volumetric method to determine the required flow rate, with a flow rate of 1.25 l/min, which will allow to maintain a constant temperature in the cold plate.

To determine the thermal conductivity he is needed that it may take a time of 40 min, values obtained were compared with research and books used as reference, throwing an error of 2% in the oven, and the thermal conductivity of the matrix containing gypsum of chip of leather which was obtained is 0.589 W/m°C.

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES

### 1.1 Tema del trabajo experimental

“ESTUDIO DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DENTRO DE UNA MATRIZ DE YESO, PROVENIENTES DEL PROCESO DE REBAJADO DEL CUERO EN LA EMPRESA CURTIDURÍA TUNGURAHUA S.A.”

### 1.2 Antecedentes

Para el presente proyecto se tomó como referencia investigaciones publicadas en bases de datos internacionales como Scopus, Springer y Science Direct, de las cuales se analizó la metodología utilizada, conclusiones y recomendaciones sobre este tema de investigación.

De la revista Construction and Building Materials, se tomó el estudio experimental sobre el Tema: “EFFECT OF WET BLUE CHROME SHAVING AND BUFFING DUST OF LEATHER INDUSTRY ON THE THERMAL CONDUCTIVITY OF CEMENT AND PLASTER BASED MATERIALS” del año 2012, Autores: H. Lakrafi, S. Tahiri, A. Albizane, M.E. El Otmani, en el cual instruye parámetros de manejo y manipulación del desecho: Brindando pautas para el proceso de secado del desecho del residuo sólido proveniente del proceso de rebajado del cuero bovino. [1].

De la revista Construction and Building Materials, se analizó el estudio experimental sobre el Tema: “EXPERIMENTAL STUDY OF THERMAL CONDUCTIVITY OF LEATHER AND CARPENTRY WASTES” del año 2013, Autores: H. Lakrafi, S. Tahiri, A. Albizane, M. Bouhria, M.E. El Otmani, en el cual se enfoca en el potencial del desecho sólido del proceso de rebajado del cuero bovino conjuntamente con los desperdicios de la industria de la carpintería, donde este nuevo material puede reemplazar a los materiales aislantes del mercado actual [2].

De la revista ENTAC2006, se consideró el estudio sobre el Tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE PLACA CALIENTE PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA” del año 2006, Autores: María Aeberhard, Juan Corace, Pablo Martina. en el artículo se establece los parámetros para la fabricación de un horno de placa caliente, como medidas de la placa caliente, ancho de la guarda, tomando en cuenta la norma ASTM C177-13 [3].

De la revista Journal of Hazardous Materials, se contrastó el estudio experimental sobre el Tema: “LEATHER WASTE—POTENTIAL THREAT TO HUMAN HEALTH, AND A NEW TECHNOLOGY OF ITS TREATMENT” del año 2008, Autores: K. Kolomaznik, M. Adamek, I. Andel, M. Uhlirova, este artículo indica bajo qué posibles parámetros el material de desecho del proceso de rebajado de la curtiembre puede volverse tóxico, pero a la vez establece los valores de pH para que el residuo mantenga un comportamiento estable [4].

### **1.3 Justificación**

En el ámbito de la construcción, los materiales de aislamiento están siendo usados con el propósito de reducir la transferencia de calor, ya sea por conducción, radiación o convección y se está empleando combinaciones, para lograr un resultado deseado, con el propósito de reducir el consumo de energía y brindar un confort térmico. Hoy en día existe diferentes tipos materiales aislantes usados para proporcionar edificaciones eficientes, tales como: el poliestireno, poliuretano, poliéster, algodón, madera, lana de piedra y arcilla. Diversos grupos de científicos tienen orientado sus investigaciones al estudio de la termofísica de propiedades livianas para materiales de construcción y de varios productos como el reciclado de celulosa de residuos de embalaje, del papel, madera, corcho, aerogeles de sílice, residuos particulados de caucho, barro y cáscara de maíz [2].

La producción con material reciclado es ambientalmente amigable, ahorra energía; siendo parte clave de la investigación por décadas. La contaminación ambiental por parte de los residuos industriales es uno de los grandes problemas que está enfrentando la humanidad. Se están realizando esfuerzos para solucionar este inconveniente, por

medio del reciclaje de residuos. Entre estos están, residuos sólidos procedentes de la industria del cuero [1].

Según el Ingeniero Marco Buestan, miembro de la empresa Curtiduría Tungurahua S.A., y perteneciente al área de "Relación Comunidad y Ambiente" manifestó que durante el proceso de curtido aproximadamente el 88% de la materia prima se transforma en cuero, el 12% restante se considera como residuo: los recortes de cuero que son utilizados en procesos de calzado y la viruta que al momento no tienen ningún uso, se comprime y posteriormente se desecha. Además, la empresa produce 900 pieles diariamente de 25kgc/u, en 200 días laborables se tiene 4500 toneladas, obteniendo 600 toneladas al año de residuo sólido provenientes del proceso de rebajado, que no es aprovechados y son desechados a los rellenos sanitarios contaminando el medio ambiente.

Es importante mencionar que este residuo no puede ser utilizado como material de construcción sin un previo proceso de pirolisis y/o hidrólisis [5], el cual evita que del CrIII se oxide en CrVI.

El residuo sólido proveniente de proceso de rebajado de cuero bovino tiene una estructura altamente organizada en forma de fibras  $\varnothing = 100nm$ , las cuales se encuentran en paralelo y muy juntas, tienen un importante porcentaje de proteína (78.64 – 78.00%) y cromo trivalente (3 – 3.3%) [1]. La misma que según varios manuales de toxicidad no representan un riesgo potencial, si no se inhala ni se ingiere; sin embargo, es necesario mencionar que este residuo tiene una posibilidad de oxidación de CrIII a CrVI. La lluvia ácida puede filtrar a los residuos con CrIII de rellenos sanitarios llevándolos a oxidarse; otra posibilidad de oxidación es por el aire en un rango amplio de pH. Según la ley de energía libre de Gibbs, puede ocurrir la oxidación espontánea en un medio ácido o alcalino [4]. Donde se menciona la posibilidad de oxidación de CrIII a CrVI, mas no se han realizado pruebas experimentales que confirmen esta hipótesis.

En el ámbito térmico para que exista una oxidación de CrIII a CrVI, se requiere que la temperatura sea mayor o igual a 850°C [5]. Este dato es muy importante y debe considerarse a la hora de realizar ensayos térmicos.



La compañía NIKE maneja el desecho proveniente del proceso de rebajado del cuero bovino con aditivos químicos, elevando el pH a un estado alcalino (12), con ácido fosfórico lo lleva a un pH 9 y con enzimas e hidrólisis lo ajusta a un pH neutro, se lo evapora al vacío y se retira el material sólido, que pueden ser utilizado como un fertilizante orgánico [4]. Debido a que en un pH neutro el residuo se comporta estable, bajo este criterio se va a utilizar el yeso, conocido químicamente como sulfato de calcio dihidratado. Debido a que la viruta de cuero bovino se oxida en un medio alcalino o ácido, el yeso posee un pH neutro [6]. El yeso es un aislante acústico, debido a que es incombustible es una protección contra incendios, equilibra la humedad y los picos de calor [7]. Por lo tanto se propone elaborar una matriz rectangular de yeso, la misma que será la encargada de contener en su interior el residuo del proceso de rebajado, evitando que el ambiente actúe sobre el residuo de rebajado de cuero bovino, con el objetivo de brindar un uso a este desecho que diariamente es depositado en rellenos sanitarios evitando la contaminación del medio ambiente y a su vez obtener una propiedad térmica que nos permitan tener sistemas constructivos energéticamente eficientes, dando solución a una problemática medioambiental de las curtidurías en general para el manejo de estos residuos de rebajado de cuero bovino.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Determinar la conductividad térmica del material de desecho que proviene del proceso de rebajado dentro de una matriz de yeso.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Seleccionar las dimensiones de la probeta de yeso
- Elaborar la matriz de yeso.
- Compactar el residuo del proceso de rebajado del cuero bovino.
- Elaborar un horno de placa caliente, que permita evaluar la conductividad térmica.
- Elaborar un ladrillo de arcilla, para identificar la precisión del horno de placa caliente.

- Ejecutar el análisis de la conductividad térmica de la probeta
- Realizar un modelo de elementos finitos del compuesto para optimizar su rendimiento térmico.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTACIÓN

#### 2.1 Fundamentación teórica

La industria de la curtiembre cuenta con varias etapas para la obtención del cuero. Cada etapa cumple sus objetivos, aumentando el grado de transformación de la piel, dependiendo siempre de las materias primas como el agua, compuestos químicos, energía, etc. Como en todo proceso de transformación de materia siempre se va a generar residuos; pueden estar en estado líquido, gaseoso y sólido. Estos desechos necesitan un grado de tratamiento para disminuir el impacto ambiental.

El residuo sólido es generado en las etapas de curtido y recurtido, las principales fracciones de este desecho se generan en la producción de *wet blue* (virutas y recortes) [8]. En la actualidad ninguna curtiembre posee un uso a este residuo y es desechado a los rellenos sanitarios.

##### 2.1.1 Virutas de cuero

Las virutas de cuero (VC) son pedazos pequeños de cuero bovino, desechadas del proceso de rebajado, buscando la uniformidad del grosor de la piel. Estos residuos poseen una alta estructura organizada en forma de fibras ( $\varnothing = 100nm$ ) las mismas se encuentran en paralelo y juntas una a la otra. Tienen un importante porcentaje de proteínas (78.64% – 78.00%) y de cromo (3 – 3.3%) [2]. Las VC necesitan ser secadas al aire libre y almacenadas en fundas de plástico. Para la obtención de la humedad del residuo VC se calcula a partir del peso de la muestra humada, conjuntamente con el peso después de ser secada a 105°C.



Figura 1. Viruta de cuero

Fuente: [2]

Estudios realizados en el año 2008, señalan que existe una remota posibilidad de oxidación de Cr III hacia Cr VI, desde un amplio rango de pH del aire, lluvia ácida y por la energía libre de Gibbs. Pero del mismo modo que plantea el problema, existe una solución la cual estabiliza el estado de oxidación; la compañía de zapatos NIKE trabaja con una tecnología híbrida la cual se desarrolla en 3 pasos, en la primera etapa: se coloca resina sintética (poliuretano) es descompuesta en un ambiente alcalino con hidróxido de potasio (pH 12), obteniendo una emulsión fuerte y estable, la misma no puede ser rota por la estabilización por los productos de hidrólisis. La segunda etapa: es ajustar el pH a 9 por medio del uso de ácido fosfórico. La tercera etapa es nuevamente ajustar el pH a 7 mediante hidrólisis, en este pH neutro es importante mencionar que el residuo VC se encuentra estable y sin posibilidad de oxidación [4].

### **2.1.2 Yeso**

El yeso (Gypsum conocido en inglés) posee varios beneficios y usos como por ejemplo en la agricultura, para regular el pH del suelo, esto gracias a que el Gypsum posee un pH neutro [6].

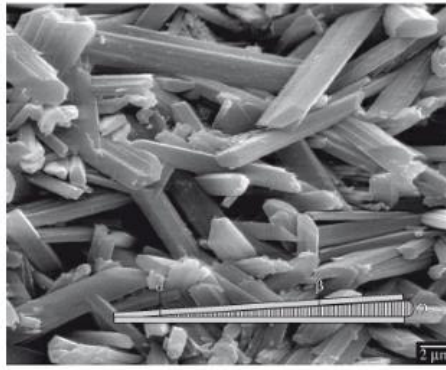


Figura 2. Microestructura del yeso.

Fuente: [9]

Las Propiedades térmicas y mecánicas de los materiales de construcción son de importancia para el rendimiento de las casas. La conducción térmica de los materiales tiene un efecto directo sobre dos aspectos muy importantes, la eficiencia energética y el confort ambiental de una edificación [9].

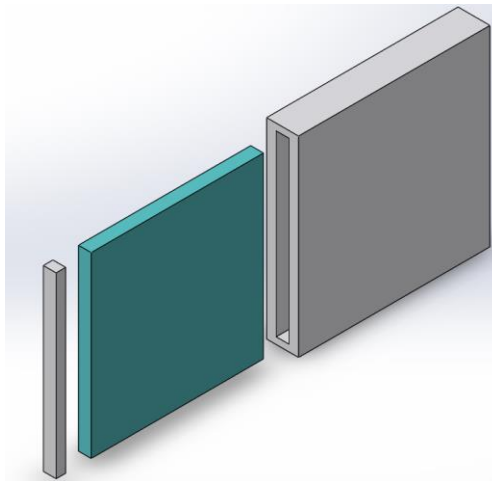


Figura 3. Matriz de yeso.

Fuente: Autor

### 2.1.3 Compactado del residuo sólido

En estudios realizados con este desecho se establece que, con una presión de 17237,57 KPa, se obtiene un compactado del residuo, con el que se puede trabajar [10].

### 2.1.4 Conductividad térmica

La conductividad térmica, se define como la cantidad de calor que se transmite en una dirección, por unidad de tiempo y de superficie, cuando el gradiente de temperatura es unitario (norma Iram 11.549 Acondicionamiento térmico de edificios). La determinación de la conductividad térmica de los materiales es un componente fundamental para realizar diseños.

Bajo la ley de Fourier de la conducción, una vez que se ha alcanzado el régimen permanente, la velocidad de transferencia calórica a través de un muro es:

$$Q = k * A * \frac{dt}{dx}$$

Ecuación 2.1 velocidad de transferencia del calor [3].

Donde:

Q: es la velocidad de transferencia del calor a lo largo del espesor medida en  $W$

k: es la conductividad térmica del material en  $W/m^{\circ}C$

A: es la sección del material, perpendicular al flujo del calor, medida en  $m^2$

dt: es la variación de temperatura, se mide en  $^{\circ}C$

dx: es el espesor en la dirección x y se mide en metros

La norma indica que para el cálculo de la conductividad térmica (k), se necesita la fabricación del horno de placa caliente.

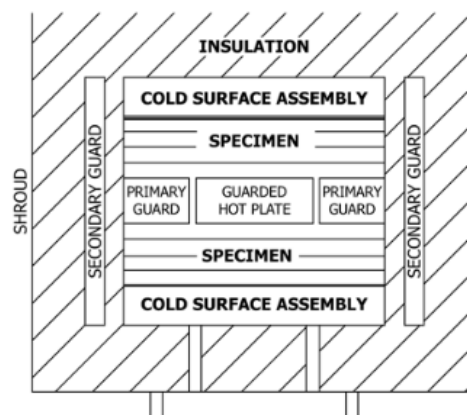


Figura 4. Esquema horno placa caliente

Fuente: [11]

### 2.1.5 Horno de placa caliente.

La figura 4 ilustra los principales componentes del sistema: dos superficies isotérmicas frías y una guarda de placa caliente. Es posible que algunos aparatos contengan más de una guarda. La guarda de placa caliente se compone de una sección dosificada térmicamente, además proporciona el poder (flujo de calor por unidad de tiempo) [11].

El propósito de la superficie caliente es producir un estado estacionario, unidimensional de calor de reflujo a través de las probetas. La intención del aislamiento de borde, es restringir las pérdidas de calor. Los conjuntos de superficies frías se ajustan de manera que mantengan la misma temperatura [11].

La conductividad térmica de la probeta a ensayar deberá ser menor a  $16 \frac{W}{m^2K}$  [11].

El material utilizado en la construcción de la superficie caliente se elige cuidadosamente después de cumplir los siguientes criterios.

- Estabilidad de temperatura, se seleccionan para las placas y calentadores de superficie, que posean dimensiones simétricas y estas sean químicamente estables y resisten la deformación y distorsión cuando se aplica una fuerza de sujeción [11].
- Chapas de control de calor, conjuntos de superficies utilizados a temperaturas modestas que han sido fabricados a partir de cobre y aluminio, aleaciones de níquel de alta pureza, se han utilizado para aplicaciones de temperatura más altas [11].
  - Conductividad térmica, para reducir la temperatura en los laterales, se fabrica placas de superficie a partir de materiales que poseen una alta conductividad térmica. El cobre y el aluminio son excelentes opciones [11].
- Capacidad de calor: la capacidad térmica de calor del conjunto de superficie tendrá un impacto en el tiempo requerido para conseguir un equilibrio termal. La selección de materiales con una baja especificidad de calor aumentará la capacidad de respuesta del aparato [11].

- El espesor de las placas de superficie debe ser considerado cuidadosamente; las placas gruesas ayudan en la reducción de las distribuciones de temperatura laterales, evitando pérdidas de calor. [11].
- Los serpentines de calentamiento de la sección de medida y elementos de calefacción, deberán estar diseñados para crear una temperatura uniforme a lo largo del perímetro del hueco [11].
- El área de la sección medida será determinada por mediciones con el centro de la brecha que rodea esta zona [11].
- Cualquier conexión entre la sección de medida y placa de guardia deberá ser diseñado para reducir al mínimo el flujo de calor, se debe fabricar con materiales que tienen una alta resistencia térmica [11].
- La localización de sensores térmicos a lo largo de la brecha debe considerar las posiciones más representativas para detectar el valor medio de una placa cuadrada, tomando una distancia de las esquinas igual a un cuarto de la cara del área de medición. Las esquinas y los ejes deben ser evitados. Para una placa redonda, los sensores deben estar espaciados por igual alrededor del hueco [11].

### 2.1.5.1 Preparación de las muestras y acondicionamiento

Para la selección de muestras se consideró sólo aquellas probetas con factores importantes para el rendimiento del equipo. Los factores relacionados con las propiedades térmicas de las probetas se describen típicamente en las especificaciones de material. Cuando se requieren dos muestras, deben ser seleccionadas con similares en características de espesor y térmicas como sea posible [11].

En la tabla 1 se muestra los parámetros de dimensionamiento de un horno de placa caliente.

Tabla 1. Dimensionamiento del horno de placa caliente.

Grosor máximo de probeta a ensayar (cm)	Medidas mínimas de la superficie de la fuente de calor (cuadrada o circular) en cm		Distancia máxima entre resistencias (parte central y anillo de guarda) (mm)
	Parte central de la fuente de calor	Ancho del anillo de guarda alrededor de la placa caliente	
2,5	10	5	10
5	15	7,5	15
6,25	30	7,5	20
10	30	15	20

Fuente: [3]



El Espesor: De acuerdo a la tabla 1, la muestra máxima que se puede medir a una precisión dada depende de varios parámetros incluyendo el tamaño del aparato, resistencia térmica de la muestra, y la precisión deseada [11].

El Tamaño: La probeta a ensayar debe dimensionarse para cubrir la totalidad de la sección medida y el área de protección. Es deseable cubrir la brecha entre la placa caliente y la guarda. [11].

Homogeneidad: Las muestras que exhiben inhomogeneidades apreciables en el reflujo de calor no se someterá a ensayo con este método. Hay dos problemas potenciales en el intento de determinar el calor de reflujo a través de muestras muy homogéneas. Uno está relacionado con la interpretación y aplicación de los datos resultantes. El otro es la degradación en el rendimiento del aparato. Si la muestra es altamente no homogénea, es decir, el calor de reflujo varía apreciablemente sobre la sección de medida. La distribución de temperatura de la placa puede desviarse apreciablemente en condiciones isotérmicas que, a su vez, pueden causar grandes incertidumbres en la diferencia media de temperatura medida de la probeta. El aumento de las variaciones de temperatura en la placa puede también conducir a un aumento de las pérdidas de calor [11].

### **2.1.6 Cálculo**

Los datos necesarios para este ensayo incluyen energía eléctrica, temperaturas de las superficies, el área y espesor. De éstos, sólo el espesor es generalmente una cantidad medida directamente. Los otros valores son obtenidos mediante dispositivos eléctricos [11].

#### **2.1.6.1 Potencia**

Esto es igual a la potencia generada por la sección del calentador [11].

$$Q = E * I \quad \text{Ecuación 2.2 potencia [11].}$$

### **2.1.6.2 Flujo de calor.**

Se obtiene de la relación del flujo de calor Q y el área total de la sección de medida A, y es calculado como:

$$q = \frac{Q}{A} \quad \text{Ecuación 2.3 flujo de calor. [11]}$$

### **2.1.6.3 Temperatura**

Para la obtención de los distintos valores de temperatura ya sean en la placa caliente o la placa fría, se utilizan sensores térmicos durante el ensayo. Los sensores de temperatura, los termistores, termopares, diodos y termómetros de resistencia de precisión pueden ser utilizados para la medición de las temperaturas en el equipo. Los termopares son el detector más ampliamente utilizado debido a su amplia gama de aplicación y la precisión [11].

## **2.2 Hipótesis**

Analizar el comportamiento térmico del material de desecho proveniente del proceso de rebajado aislado en una matriz yeso, para determinar si posee características aislantes o conductoras.

## **2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis**

### **2.3.1 Variable independiente**

Desechos provenientes del ejercicio de rebajado del cuero bovino.

### **2.3.2 Variable dependiente**

Conocer el comportamiento térmico del residuo sólido dentro de una matriz de yeso.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Nivel o tipo de investigación**

##### **3.1.1 Investigación exploratoria**

Exploratoria, porque se busca dar una solución de ingeniería al manejo de los residuos sólidos, centrandó la investigación en conocer las propiedades térmicas del material, la forma correcta de secar el desecho evitando la generación de lixiviados provenientes del residuo sólido.

##### **3.1.2 Investigación experimental**

Experimental porque se realizó un estudio experimental que permita la medición de la conductividad térmica, con el fin de analizar el comportamiento térmico de este desecho dentro de una matriz de yeso.

##### **3.1.3 Investigación bibliográfica**

Bibliográfica con el propósito de investigar sobre el tema presente, se buscó información de libros, artículos científicos, normas, catálogos e internet, los mismos permitieron el desarrollo del tema propuesto.

#### **3.2 Población y muestra**

La población para este proyecto experimental se tomará los datos de manufactura de la empresa Curtidora, la misma tiene una producción diaria de 900 pieles, de 25 kg c/u. En 200 días laborables se tiene 4500 toneladas de piel curtida, se obtiene 600 toneladas de residuos sólidos al año, provenientes del proceso de rebajado.

Se conoce que la empresa desecha 3 toneladas diarias, acumulando semanalmente 15 toneladas de desecho sólido, con estos antecedentes se realizó ejercicios estadísticos para conocer el tamaño de la muestra, aplicando el Método de la Varianza, el cual permitirá trabajar con una confianza del 95%.

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2 * N}{e^2(N-1) + Z^2 * \sigma^2} \quad \text{Ecuación 3.1 Muestra por Fisher y Navarro.}$$

Donde:

$n$  = tamaño de la muestra.

$Z$  = valor normal del intervalo de la confianza.

$\sigma$  = desviación estandar.

$e$  = error de muestreo.

Datos:

$N$  = 15000 kg/semanal.

$Z$  = 95% → 1.96.

$\sigma$  = 5% → 0.05

$e$  = 1 – 5% = 0.05

$$n = \frac{(1.96)^2 * (0.05)^2 * 15000}{0.05^2(15000 - 1) + 1.96^2 * 0.05^2}$$

$$n = 3.5 \text{ kg}$$

### 3.3 Operacionalización de variables

**Variable independiente:** Desechos provenientes del ejercicio de rebajado del cuero bovino.

Tabla 2. Operacionalización variable independiente.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS - INSTRUMENTOS
Estos residuos poseen una alta estructura organizada en forma de fibras ( $\emptyset = 100nm$ ) las mismas se encuentran en paralelo y juntas una a la otra. Tienen un importante porcentaje de proteínas (78.64% – 78.00%) y de cromo (3 – 3.3%) [1].	Producto	Porcentaje bajo de humedad. Uniformidad	Textura ○ Apariencia ○ Homogeneidad	Observación directa Investigación bibliográfica.

Fuente: Autor

### Variable dependiente

Comportamiento térmico del residuo sólido dentro de una matriz de yeso.

Tabla 3. Operacionalización variable dependiente.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS - INSTRUMENTOS
La transferencia de calor trata de la rapidez de transferencia de energía térmica. Tiene una amplia área de aplicación que va desde los sistemas biológicos hasta aparatos domésticos comunes, pasando por los edificios residenciales y comerciales. La conductividad térmica k es una medida de la capacidad de un material para conducir calor.	Conductividad térmica Control de tiempo Control de voltaje Control de temperatura	Material que resiste el paso a través a través del mismo, de una cantidad de energía sobre unidad tiempo.	Material aislante $0.034 a 0.173 \frac{W}{m} \circ K$ [2]	Observación directa.

Fuente: Autor

### 3.4 Plan de recolección de la información

Enfocado a poseer una base de información, la cual sea lo suficiente para el progreso de la investigación, se enlistó a criterio del autor lo necesario para detallar las vicisitudes más significativas, con el objetivo de registrar los sucesos.

Tabla 4. Plan de recolección de datos

TÉCNICA	INSTRUMENTO
Análisis directo	Ficha de campo
Investigación bibliográfica	Libros, internet, catálogos

Fuente: Autor

Tabla 5. Equipos e instrumentos utilizados

NOMBRE	DETALLE	FUNCIÓN
Cronómetro		Permite conocer el tiempo del ensayo de las probetas, para su estudio de la conductividad térmica.
Balanza		Permite conocer el peso de los distintos materiales a ensayar.
Termocupla tipo K		Permite determinar la temperatura de las superficies de las placas.
Amperímetro		Permite determinar la corriente eléctrica.

<p>Multímetro</p>		<p>Permite conocer las principales medidas eléctricas como el voltaje, resistencia eléctrica y corriente.</p>
<p>Regulador de voltaje AC</p>		<p>Permite alimtar la placa caliente a diferentes voltajes de salida en corriente alterna.</p>
<p>Pirómetro</p>		<p>Permite determinar la temperatura mediante IR</p>
<p>Prensa Hidráulica</p>		<p>Permite compactar el residuo sólido.</p>

Fuente: Autor



### **3.5 Plan de procesamientos y análisis de la información**

Durante un proceso de recolección de datos, es necesario aplicar filtros, con el objetivo de eliminar la información errónea o inconclusa; buscando tener valores reales, mejorando la comprensión de las probetas.

#### **3.5.1 Plan de procesamiento**

##### Determinación Temperatura Vs. Voltaje, en placa caliente.

a) Instrumentos para la recolección de datos:

- Termocupla.
- Variador de Voltaje AC.
- Multímetro.
- Cronometro.

b) Toma de datos:

Se procede a energizar el variador de voltaje AC, conectando las salidas del mismo a la placa caliente, dentro de una habitación a puerta cerrada, con una temperatura ambiente de 18°C. Con el multímetro se ajusta el voltaje deseado, posteriormente con la ayuda de un cronometro se toma el tiempo aproximadamente 5 min, para que la placa caliente consiga una temperatura estable, con la termocupla se obtiene el valor de la temperatura.

##### Determinación Temperatura vs. Corriente eléctrica, en placa caliente.

a) Instrumentos para la recolección de datos:

- Termocupla.
- Variador de Voltaje AC.
- Multímetro.
- Amperímetro.
- Cronómetro.

b) Toma de datos.

Se energiza el variador de voltaje AC, conectando sus salidas a la placa caliente, dentro de una habitación a puerta cerrada, con una temperatura ambiente de 18°C. Con el multímetro se ajusta el voltaje deseado, posteriormente con la ayuda de un cronometro se toma el tiempo aproximadamente 5 min, para que la placa caliente consiga una temperatura estable, inmediatamente con el amperímetro se conoce la corriente que circula por la placa caliente, obteniendo con la termocupla el valor de la temperatura.

#### Determinación del peso.

a) Instrumentos para la recolección de datos:

- Balanza digital.

b) Toma de datos.

La muestra de residuo sólido proveniente del proceso de rebajado, una vez secada, se va a proceder a pesar de acuerdo al volumen que va a ocupar dentro de la matriz de yeso.

#### Determinación de la conductividad térmica.

c) Instrumentos para la recolección de datos:

- Termocupla.
- Variador de Voltaje AC.
- Multímetro.
- Cronometro.

d) Toma de datos.

Dentro del horno de placa caliente se colocó las probetas a ensayar, incluyendo los sensores tipo K, ubicándolos en la cara fría y caliente de las probetas, con la ayuda del variador de voltaje AC se procede a alimentar a la placa caliente, inmediatamente se mide el valor de voltaje, con la ayuda del cronómetro dejamos al horno trabajar por 45

minutos. De este modo se obtienen los valores de temperatura, tanto en la cara caliente como en la fría, posteriormente se reemplazará dichos valores en la ecuación 2.1 de la conductividad térmica.

### **3.5.2 Plan de análisis e interpretación de resultados**

Después de realizar cada uno de estas pruebas, con los datos son: temperatura, voltaje, corriente, tiempo y peso; recolectando un margen amplio de información.

Se realizaron 10 ensayos de funcionalidad para la placa caliente, los cuales se ejecutaron en una habitación a puerta cerrada sin que exista la presencia de una posible convección ya sea natural y/o forzada.

Con los valores derivados de este ensayo se procedió a calcular la potencia de la placa caliente, además se realizó la tabulación de los valores obtenidos y la obtención de gráficas para una mejor comprensión.

Mediante la ecuación de la conductividad térmica, se obtiene el valor de la conductividad térmica del nuevo material, conociendo así su propiedad térmica.

Se compara el valor de conductividad térmica de la probeta con investigaciones del gypsum.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Recolección de datos

En este capítulo se va a representar los análisis como la evaluación de la placa caliente, contenido de humedad y pH del residuo sólido proveniente del proceso de rebajado del cuero, presión de compactación de dicho residuo y el horno de placa caliente mediante: tablas, gráficas, ilustraciones.

##### 4.1.1 Placa caliente

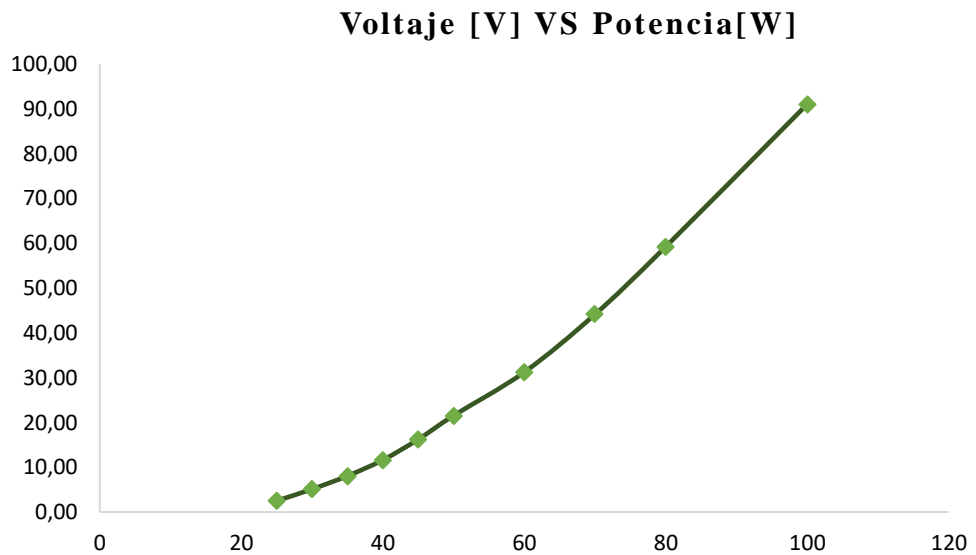
Para el análisis e interpretación del funcionamiento de la placa caliente, se utilizó una resistencia para nevera Samsung de serie DHR-10744C, la cual fue sometida a estudio, se utilizó un cronómetro, un sensor de temperatura, un regulador de voltaje en AC.



Figura 5. Recolección de datos de la placa caliente.

Fuente: Autor

Con el uso de un regulador de corriente alterna se aplicó distintos valores de voltaje, como se muestran en la tabla 6. Con la intención de obtener valores referentes a la potencia, se puede mencionar que a medida que se incrementa el voltaje gradualmente la potencia también aumenta como se observa en la figura 6.



**Figura 6.** Voltaje vs potencia

**Fuente:** Autor

**Tabla 6.** Voltaje aplicado y potencia

Voltaje aplicado [V]	Potencia [W]
25	2,50
30	5,10
35	8,05
40	11,60
45	16,20
50	21,50
60	31,20
70	44,10
80	59,20
100	91,00

**Fuente:** Autor

Suministrando corriente eléctrica a la placa caliente cuyos valores se encuentran en la tabla 7, se obtuvo datos de potencia, y se graficó representados en la figura 7. Observando que mientras se aumenta la corriente eléctrica aumenta su potencia gradualmente.

### Potencia [W] VS Intensidad [A]

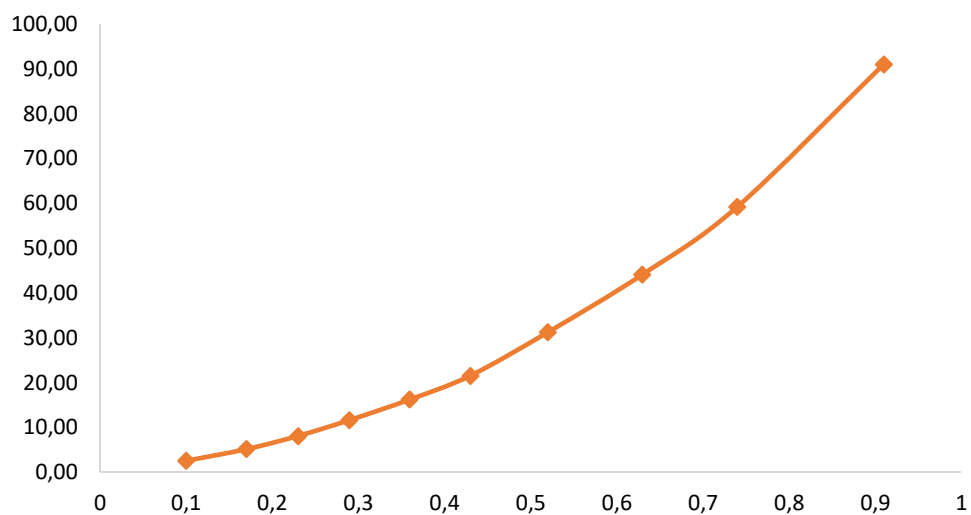


Figura 7. Potencia vs intensidad.

Fuente: Autor

Tabla 7. Intensidad aplicada y potencia

Intensidad aplicada [A]	Potencia [W]
0,1	2,50
0,17	5,10
0,23	8,05
0,29	11,6
0,36	16,2
0,43	21,5
0,52	31,2
0,63	44,1
0,74	59,2
0,91	91

Fuente: Autor

Con la ayuda de las termocuplas tipo K se recolectó datos referentes a la temperatura, estos se encuentran en la tabla 8. Aplicando diferentes magnitudes de corriente eléctrica. Con los datos antes mencionados se elaboró la figura 8, la cual nos muestra el comportamiento de la placa caliente, incrementando la corriente eléctrica aumenta la temperatura de la placa.

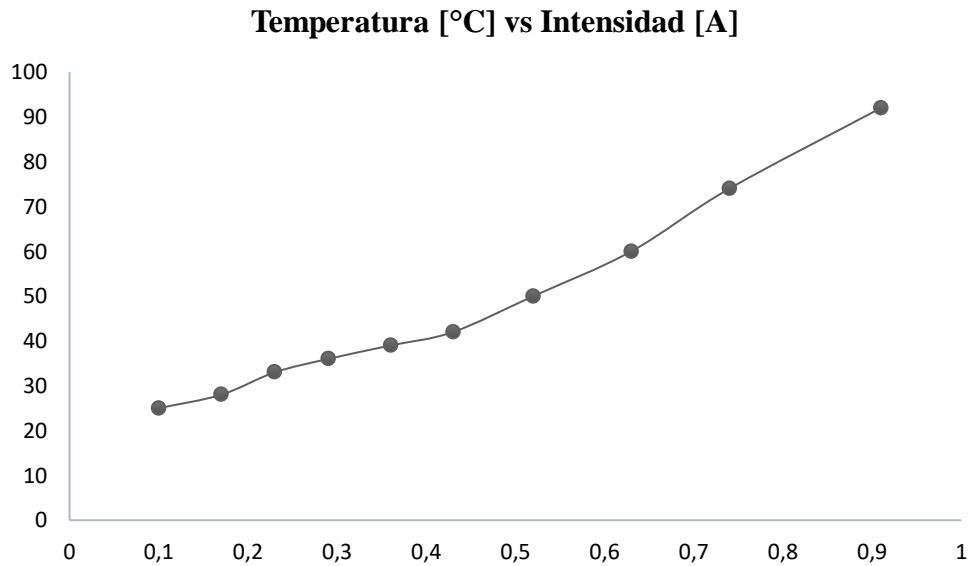


Figura 8. Temperatura vs intensidad.

Fuente: Autor

Tabla 8. temperatura e intensidad

T [°C]	Intensidad aplicada [A]
25	0,1
28	0,17
33	0,23
36	0,29
39	0,36
42	0,43
50	0,52
60	0,63
74	0,74
92	0,91

Fuente: Autor

Para la obtención la figura 9 se aplicó diferentes valores de voltaje de los cuales se midió la temperatura los datos se encuentran en la tabla 9. A medida que se incrementa el voltaje es proporcional a la temperatura generada por la placa caliente.

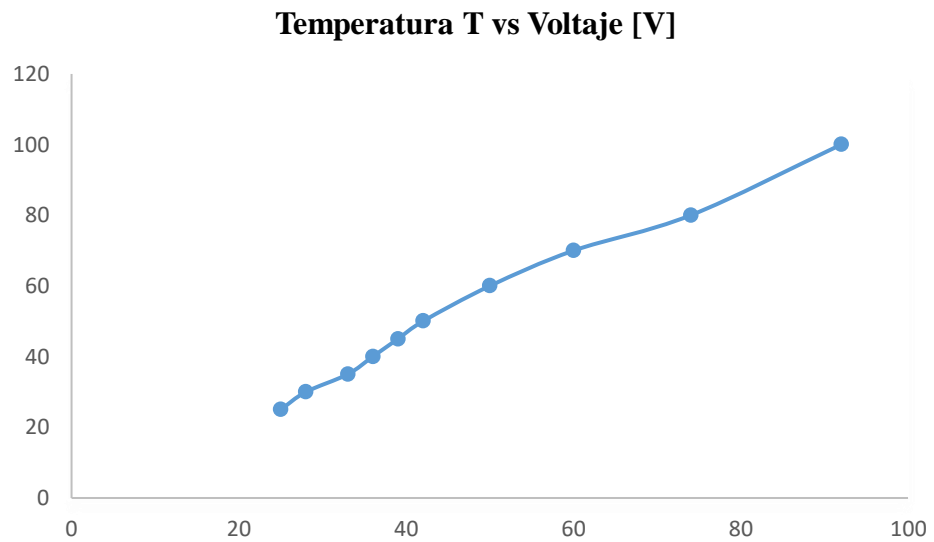


Figura 9. Temperatura vs voltaje  
Fuente: Autor

Tabla 9. Temperatura y voltaje aplicado

T [°C]	Voltaje aplicado [V]
25	25
28	30
33	35
36	40
39	45
42	50
50	60
60	70
74	80
92	100

Fuente: Autor



Es importante mencionar que este ensayo se elaboró con la finalidad de vislumbrar el comportamiento de la placa caliente, siendo ensayada al medio ambiente, es decir sin aislamiento o guardias.

#### 4.1.2 Residuo sólido

El desecho emanado del proceso de rebajado se lo recibió en sacos de lona, como se puede observar en la figura 10:



Figura 10. Desecho sólido.

Fuente: Autor

Siguiendo a la investigación de Lakraflí H. bajo el título *“Effect of wet blue chrome shaving and buffing dust of leather industry on the thermal conductivity of cement and plaster based materials”*, recomienda que para el secado del residuo debe estar a temperatura ambiente, en un espacio protegido del sol en un tiempo estimado de 13 días y almacenado en sacos de plástico antes de ser usado.

Se recolectaron dos muestras del desecho sólido; la primera muestra denominada WET fue tomada directamente en la fábrica, con un peso de 294 gr. De igual manera una segunda muestra fue extraída después del proceso de secado, se la denominó DRY.

En la figura 11 se representan los valores obtenidos del análisis de la humedad de la VC, se puede observar que su contenido de agua se redujo a la mitad.

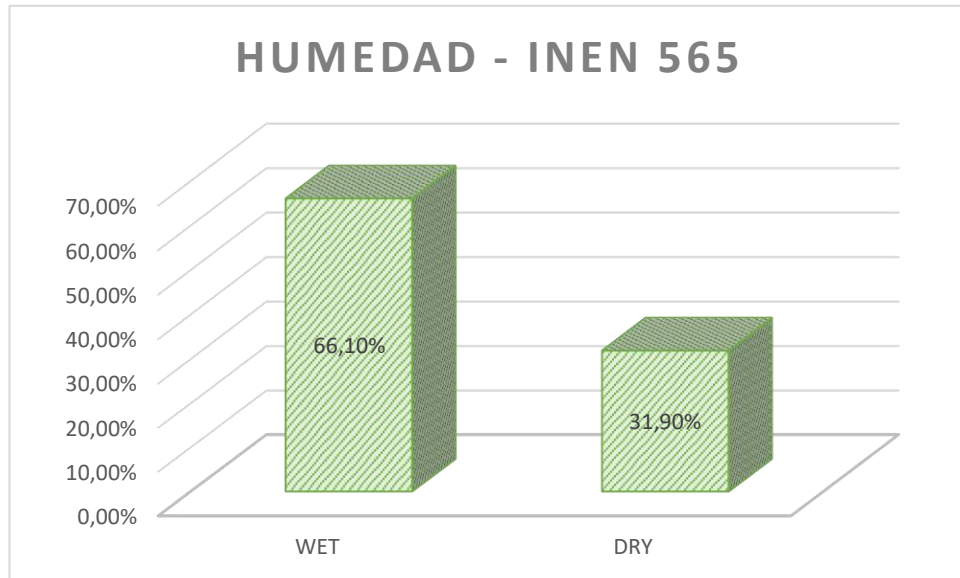


Figura 11. Contenido de humedad del residuo sólido.

Fuente: Autor

El pH del desecho sólido proveniente del proceso de rebajado de cuero bovino se realizó con dos muestras, una húmeda y otra seca los valores se encuentran en la figura 12, lo que indica es que el contenido de agua en el desecho no tiene mayor influencia en su pH.

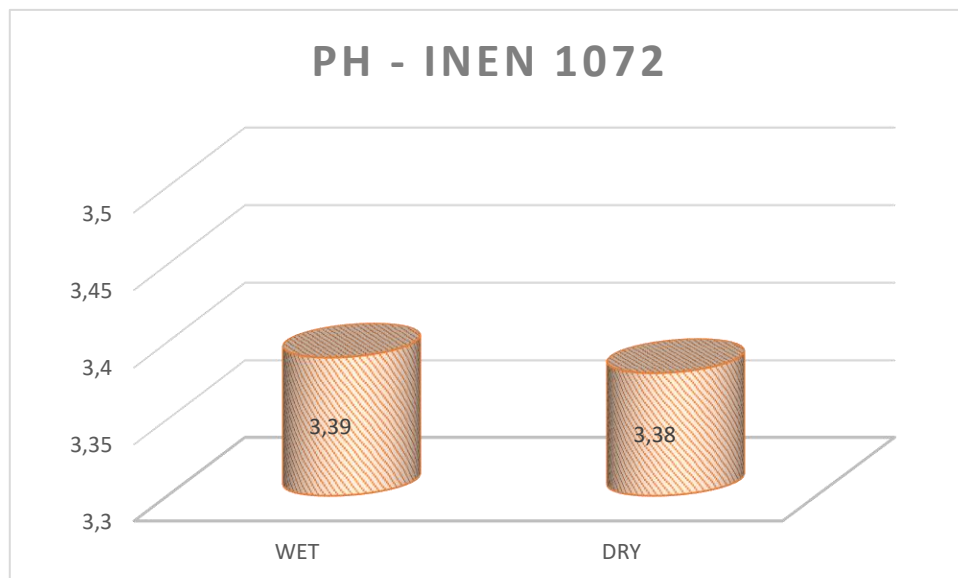


Figura 12. Nivel de pH del residuo sólido.

Fuente: Autor

Como dato adicional a estos resultados, es importante mencionar que, los análisis se llevaron a cabo en condiciones ambientales, con una temperatura de 19°C y 49%HR.

#### 4.1.3 Compactado del residuo sólido

Para realizar este ejercicio se emplea una prensa hidráulica, de marca ENERPAC con una capacidad de 1000 bar.

Se colocó el residuo sólido seco dentro la matriz de compactación, como se indica en la siguiente figura 13.



Figura 13. Compactación del residuo sólido.

Fuente: Autor

El valor presión de trabajo es de 172.37 bar [10], como se muestra en la figura 14. Obteniendo una fuerza de 1656,53 *KN*



Figura 14. Presión de trabajo para el compactado.

Fuente: Autor

Se obtiene un residuo compactado como se puede observar en la figura 15.



Figura 15. Residuo compactado.

Fuente: Autor

#### 4.1.4 Matriz de yeso

Para la elaboración de la matriz de yeso se necesitó 8 libras de yeso, 3 litros de agua. Con un tiempo de fraguado de 4 min y secado en un lapso de 13 días. Su peso es de 8.8 lb.



Figura 16. Probeta

Fuente: Autor

#### 4.1.5 Ladrillo de arcilla

Se elaboró un ladrillo de arcilla cuyas dimensiones estén dentro de los parámetros del horno de placa caliente las cuales son  $30 \times 30 \times 4.8 \text{ cm}$ , su peso es de  $10.5 \text{ lb}$ . En la figura 17 se encuentran la probeta de yeso y la probeta de ladrillo.



Figura 17. Probetas  
Fuente: Autor

#### 4.1.6 Medición de la conductividad térmica

Para la determinación de la conductividad térmica se trabajó de acuerdo la norma ASTM C177-13, siendo lo más relevante lo siguiente:

- Espesor máximo de la probeta  $6.25 \text{ cm}$ .
- Área cuadrada mínima  $30 \text{ cm}^2$ .
- Ancho del anillo de guarda  $7.5 \text{ cm}$ .
- Distancia máxima entre resistencia y anillo de guarda  $20 \text{ mm}$ .

Para el cálculo del caudal para la placa fría, se utilizó el método volumétrico, el mismo consiste en llenar un recipiente de volumen conocido, anotando el tiempo [12].

##### 4.1.6.1 Conductividad térmica de la matriz de yeso

El horno de placa caliente se construye bajo la norma ASTM C177-13, el cual consta de dos probetas de yeso contenedoras de VC, una placa caliente localizada en el centro

del horno y dos placas frías en los extremos, todo esto recubierto con Poliéstireno expandido (espuma flex) como se muestra en la figura 18.

A continuación en la tabla 10 se presenta los parámetros de trabajo del horno de placa caliente.

Tabla 10. Valores de funcionamiento del horno de placa caliente

<b>Datos iniciales</b>	<b>Valor</b>
Voltaje de alimentación A/C de la placa caliente.	50 V
Corriente de alimentación de la placa caliente.	0.3 A
Potencia de la placa caliente.	15 W
Caudal de alimentación de placa fría.	1.25 l/min
Temperatura de placa fría	19°C
Temperatura ambiente de trabajo	23°C
Tiempo de estabilización de la temperatura del horno.	40 min

Fuente: Autor

El esquema del horno de placa caliente fig. 18



Figura 18. Parte interior del horno.

Fuente: Autor

La conductividad térmica que se desarrolla en este ejercicio se encuentra en el régimen estacionario, (después de los 45 min la temperatura del horno se estabiliza) y se mantiene constante. Para la medición de las temperaturas se colocaron tres sensores de temperatura en la placa caliente y en la placa fría como se muestra en las figuras 19 y 20.



Figura 19. Sensores térmicos colocados en la placa caliente.

Fuente: Autor



Figura 20. Sensores en contacto con la placa fría.

Fuente: Autor

Los valores medidos en los sensores térmicos se encuentran en la tabla 11.

Tabla 11. Datos obtenidos de los sensores térmicos durante el ensayo.

<b>Placa Caliente</b>	<b>°C</b>	<b>Placa Fría #1</b>	<b>°C</b>	<b>Placa Fría #2</b>	<b>°C</b>
Sensor #1	36 °C	Sensor #1	21 °C	Sensor #1	21 °C
Sensor #2	36 °C	Sensor #2	21 °C	Sensor #2	21 °C
Sensor #3	36 °C	Media de Temperatura	21 °C	Media de Temperatura	21 °C
Media de Temperatura	36 °C			Media Final de Temperatura P. Fría	21 °C

Fuente: Autor

La temperatura inicial del agua es de 19°C al circular por los serpentines de la placa fría tiene un incremento de 2°C debido al proceso de transferencia de calor que se

desarrolla dentro del horno. La placa caliente no alcanzó los valores medidos de temperatura de la tabla 9 por pérdidas que se producen al colocar las placas de cobre que equilibra el calor producido por la resistencia.

Por la resolución del equipo los valores medidos en las placas se muestran en números enteros.

Los datos finales se encuentran expresados en la figura 20, los sensores térmicos empleados son del tipo K TP SENIES; cuya apreciación es de  $<400^{\circ}\text{C} \pm 2.5^{\circ}\text{C}$

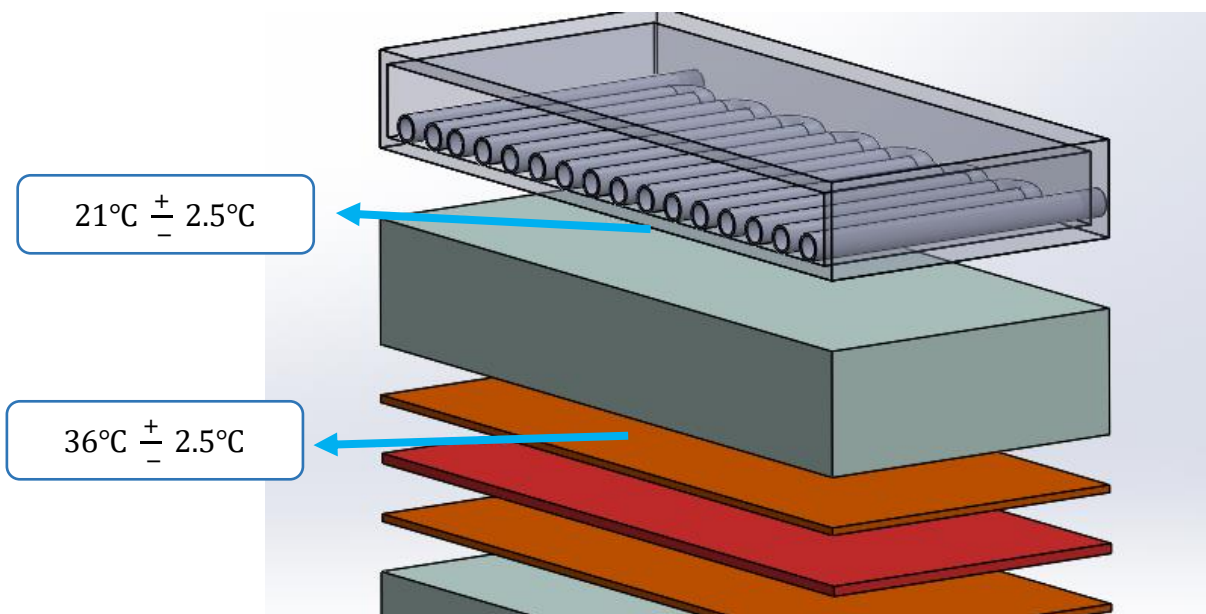


Figura 21. Horno de placa caliente

Fuente: Autor

#### 4.1.6.2 Ladrillo de arcilla

Se realizó la prueba de la conductividad térmica pero esta vez se utilizaron dos probetas de ladrillo de arcilla para realizar una comparación en las temperaturas y observar las variaciones de las temperaturas entre los dos materiales. Los valores de trabajo del horno de placa caliente se encuentran en la tabla 12.



Tabla 12. Valores de trabajo del horno de placa caliente

<b>Datos iniciales</b>	<b>Valor</b>
Voltaje de alimentación A/C de la placa caliente.	52.2 V
Corriente de alimentación de la placa caliente.	0.33 A
Potencia de la placa caliente.	17.226 W
Caudal de alimentación de placa fría.	1.25 l/min
Temperatura de placa fría	20°C
Temperatura ambiente de trabajo	21°C
Tiempo de estabilización de la temperatura del horno.	40 min

Fuente: Autor

El regulador de voltaje por ser un equipo analógico no se logró introducir el mismo dato del voltaje de la tabla 10.

En la figura 21 se muestra el esquema del horno de placa caliente con sus respectivas probetas.

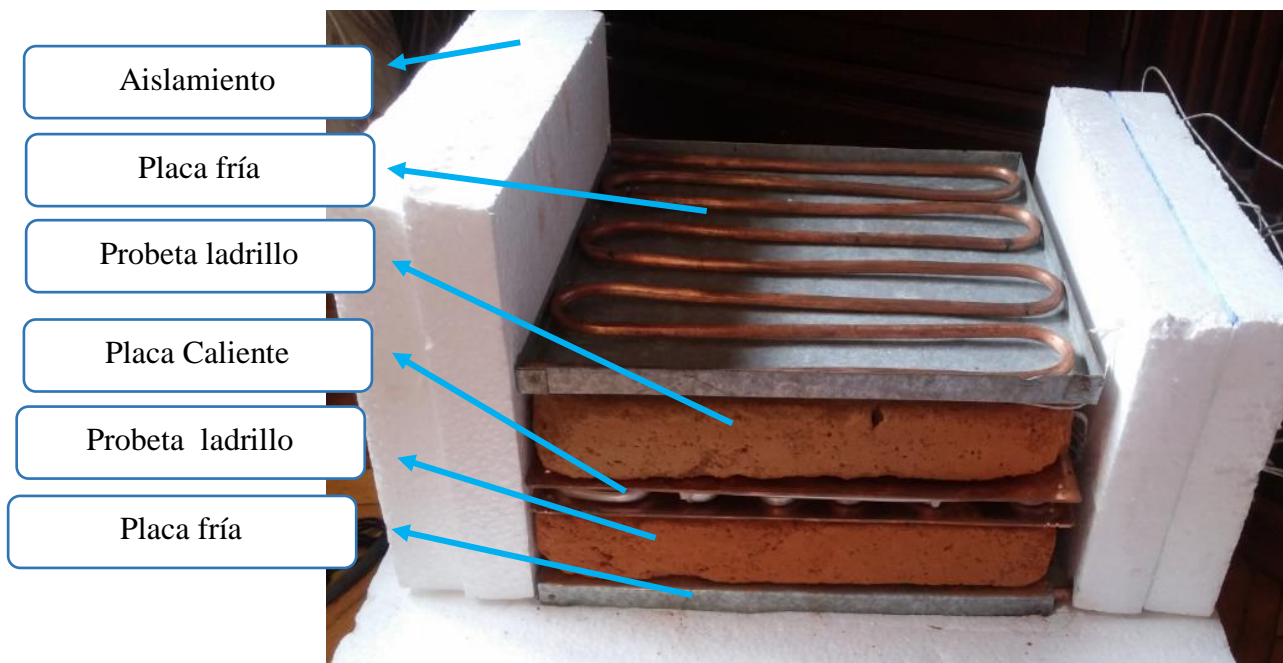


Figura 22. Horno de placa caliente.

Fuente: Autor

Los datos medidos durante el ensayo se presentan en la tabla 13.

Tabla 13. Datos obtenidos durante el ensayo

Placa Caliente	°C	Placa Fría #1	°C	Placa Fría #2	°C
Sensor #1	36 °C	Sensor #1	23 °C	Sensor #1	23 °C
Sensor #2	36 °C	Sensor #2	23 °C	Sensor #2	23 °C
Sensor #3	36 °C	Media de Temperatura	23 °C	Media de Temperatura	23 °C
Media de Temperatura	36 °C			Media Final de Temperatura P. Fría	23 °C

Fuente: Autor

La temperatura inicial del agua es de 20°C al circular por los serpentines de la placa fría tiene un incremento de la temperatura de 3°C debido al proceso de transferencia de calor que se desarrolla dentro del horno. La placa caliente no alcanzó los valores medidos de temperatura de la tabla 9 por pérdidas que se producen al colocar las placas de cobre que equilibra el calor producido por la resistencia.

Por la resolución del equipo los valores medidos en las placas se muestran en números enteros.

Para obtener valores correctos del horno de placa caliente se necesita 45 min, para estabilizar la temperatura tanto en la cara caliente como en la fría. Los datos finales se encuentran expresados en la figura 23. Los sensores térmicos empleados son del tipo K TP SENIES; cuya apreciación es de  $<400^{\circ}\text{C} \pm 2.5^{\circ}\text{C}$ .

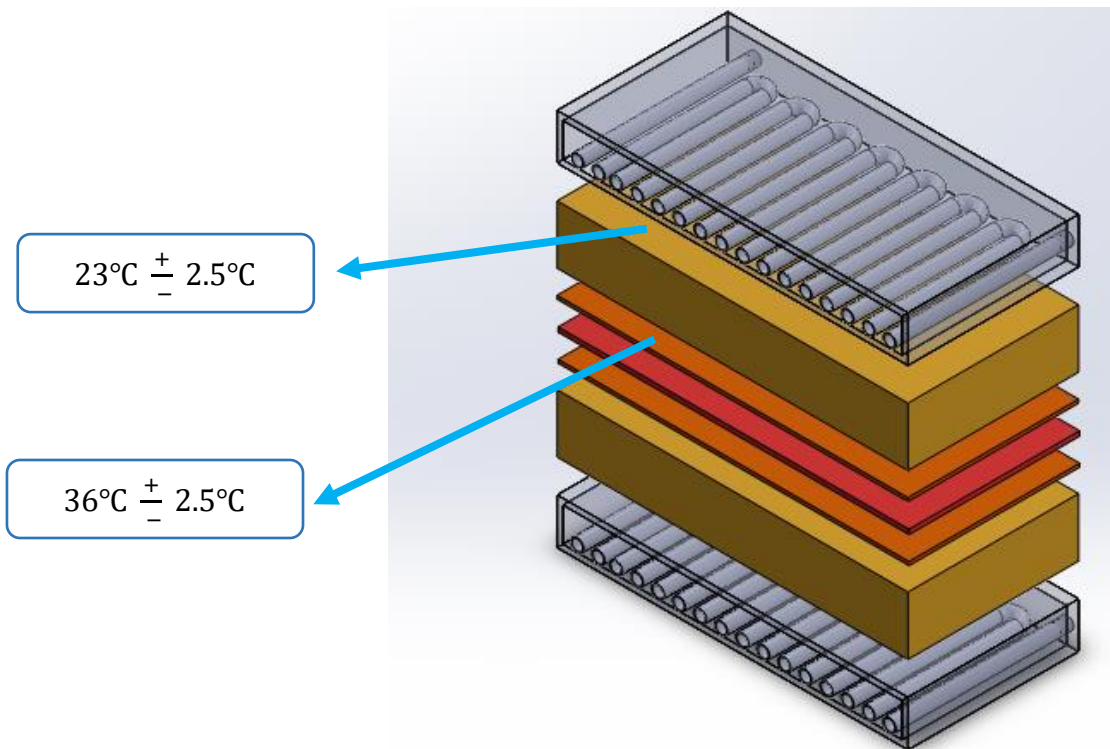


Figura 23. Datos del horno de placa caliente.

Fuente: Autor

## 4.2 Análisis de resultados

Para la determinación de la conductividad térmica de la matriz de yeso se va a utilizar la ecuación 2.1 y se tiene:

$$Q = k * A * \frac{dt}{dx}$$

$$Q = k * A * \frac{(Thot - Tcold)}{x}$$

$$k = \frac{Q * x}{A * (Thot - Tcold)}$$

$$k = \frac{15 \text{ W} * 0.053 \text{ m}}{0.09 \text{ m}^2 * (36^\circ\text{C} - 21^\circ\text{C})}$$

$$k = \frac{0.795 \text{ W} * \text{m}}{1.35 \text{ m}^2 * ^\circ\text{C}}$$

$$k = 0.589 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Con los resultados obtenidos se procede a comparar la conductividad térmica obtenida en el experimento con una probeta de yeso contenedora de VC, con el valor de la conductividad térmica del yeso  $0.75 \pm 0.02 \frac{\text{W}}{\text{m}}^\circ\text{K}$  [10].

Para la determinación de la conductividad térmica del ladrillo se va a utilizar la ecuación 2.1 y se tiene:

$$Q = k * A * \frac{dt}{dx}$$

$$Q = k * A * \frac{(T_{hot} - T_{cold})}{x}$$

$$k = \frac{Q * x}{A * (T_{hot} - T_{cold})}$$

$$k = \frac{17.226 \text{ W} * 0.048 \text{ m}}{0.09 \text{ m}^2 * (36^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C})}$$

$$k = \frac{0.827 \text{ W} * \text{m}}{1.17 \text{ m}^2 * ^\circ\text{C}}$$

$$k = 0.707 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

El valor obtenido es un valor cercano al valor del libro de Cengel  $0.72 \frac{\text{W}}{\text{m}}^\circ\text{K}$  [13], el mismo que se encuentra dentro de un valor próximo al valor medido

El error de medición del horno se lo determina de la diferencia del valor real y del medido, dividiendo este para el valor real y multiplicándolo por cien, obteniendo un error del 2%.

Con los valores obtenidos de ambas probetas, se determinó que entre los dos materiales aislantes térmicos, la matriz de yeso contenedora de VC posee mejor aislamiento térmico a comparación del ladrillo de arcilla.

A continuación, se realiza un ejemplo del comportamiento térmico de la matriz de yeso contenedora de viruta de cuero, en un software de elementos finitos; para el desarrollo del ejercicio se dibujó la probeta con las dimensiones trabajadas en el horno de placa caliente 30x30x5 cm, agregando la propiedad térmica obtenida en esta investigación. Este análisis se realiza dentro de un estado térmico estacionario. Debido a que con valores inferiores no se puede apreciar el esquema de colores térmicos que ofrece el software, se aplicó la temperatura de 50°C en la cara interna como se muestra en la figura 24. En la cara opuesta se colocó 15°C que vendría a representar la superficie en contacto con el ambiente.

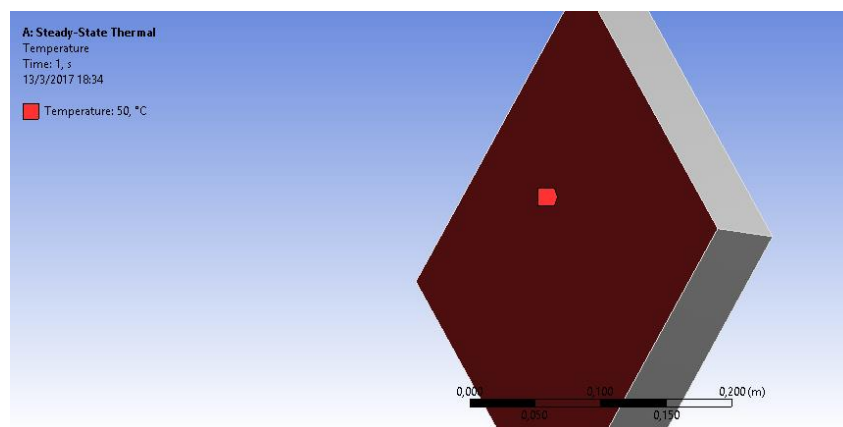


Figura 24. Simulación de la probeta.

Fuente: Autor

Para el mallado de este ejercicio utilizó on fixed debido a que es una figura simétrica.

El resultado arrojado del software se encuentra en la figura 25, claramente se puede observar el esquema de colores siendo el color rojo la temperatura alta, la temperatura media en color verde y la temperatura baja en color azul. Las pérdidas de calor a través

de la probeta realizada en esta investigación son muy bajas debido a que en la cara externa pintada de azul no existe un aumento de temperatura, por lo que claramente se concluye como un aislante.

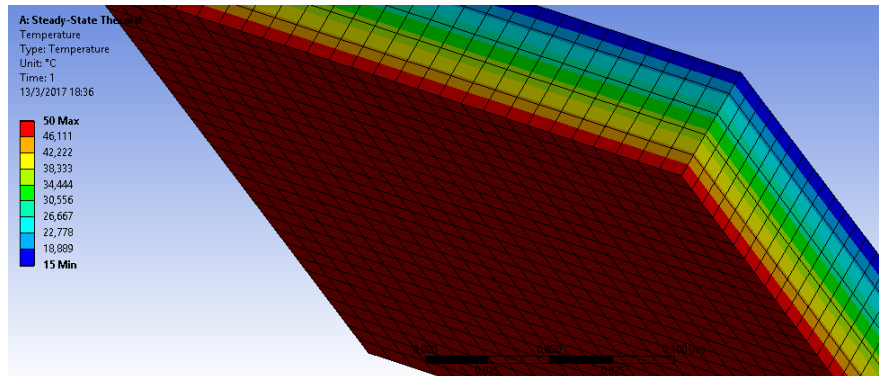


Figura 25. Ensayo térmico matriz de yeso.

Fuente: Autor

### 4.3 Verificación de hipótesis

Mediante el horno de placa caliente, bajo la norma ASTM C177-13 se evalúa el comportamiento térmico de las virutas de cuero dentro de una matriz de Gypsum, de acuerdo a los datos obtenidos dentro de esta investigación este nuevo material se posicionó como un aislante térmico.

#### Variable independiente

Desechos provenientes del ejercicio de rebajado del cuero bovino.

#### Variable dependiente

Comportamiento térmico del residuo sólido dentro de una matriz de yeso.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

En la elaboración de la matriz de yeso se concluye que es opcional la adición de mínimas cantidades de cola blanca (40 ml) para evitar que la matriz se pulverice.

El yeso es un material que al estar en contacto con el agua su tiempo de fraguado es instantáneo, reduciendo el tiempo de trabajo.

Para evitar la fragilidad durante el compactado de la viruta de cuero es necesario mantener la presión constante por 15 min, tiempo suficiente para que las fibras se adhieran entre sí y no se desmenuen.

Por otra parte, los resultados de esta investigación indican que la cantidad de humedad en la viruta no influye directamente sobre el pH de la viruta, obteniendo un valor de 3.38 en el residuo húmedo y 3.39 en el residuo seco (Anexo 8).

El dimensionamiento de la probeta va de la mano con su espesor, debido a que la norma tiene especificaciones del dimensionamiento del horno de placa caliente dicho medias son proyectadas en el dimensionamiento de la probeta.

Después de haber realizado varios ensayos en el horno de placa caliente, se debe mencionar que la precisión del horno se encuentra en la separación que existe entre las caras de la zona de guardia (placa aislante), es decir la parte que separa al horno del ambiente.

Los parámetros con lo que se fabricó el horno de placa caliente permitió identificar el error de medición del mismo, para lo cual se utilizaron ladrillos de arcilla obteniendo un valor de 2% de margen de error.

Del modelo de elementos finitos se puede concluir que la probeta de yeso contenedoras de viruta cuero retiene el calor, evitando pérdidas en la cara fría de la probeta, ofreciendo beneficios energéticos, los mismo que ayudan a la sustentabilidad.

Se determinó la conductividad térmica de las probetas de yeso y de arcilla siendo de suma importancia tener a disponibilidad equipos de medición de características eléctricas ya que nos permiten determinar la potencia

Después de realizar esta investigación y siguiendo los parámetros especificados en la norma ASTM C177-13 se puede concluir que la matriz de Gypsum posee un comportamiento en términos térmicos como un aislante.

Además, la presente investigación permite dar una solución viable al manejo de los desechos sólidos provenientes del proceso de rebajado del curtido del cuero bobino, proyectándose al campo de la construcción, utilizando materiales nuevos que cumplan con eficiencia energética y sean amigables con el medio ambiente.

## **5.2 Recomendaciones**

Para facilitar la extracción del modelo, es decir la matriz de yeso se recomienda lubricar las paredes internas del molde con aceite de cocina.

Durante la mezcla de agua y yeso en polvo, es recomendado pesar y separar las cantidades, con el objetivo de evitar el fraguado.

Se recomienda colocar el molde de la matriz de yeso a la luz de sol, pues ayuda a acelerar el fraguado.

Durante el proceso de compactado de la viruta, se recomienda revisar todas las conexiones hidráulicas de la gata, con la finalidad de evitar fugas del mismo.

Al momento de alimentar la placa caliente con agua, es de suma importancia revisar las uniones y verificar que no exista la presencia de fugas.



Durante la conexión eléctrica de la placa caliente se sugiere utilizar borneras buscando evadir un corto circuito de la placa caliente.

Para la sujeción de los sensores térmicos a las caras de las probetas, se puede emplear cinta scotch a partir del sensor 1 cm hacia el cable.

Los sensores deben ser cuidadosamente empacados una vez finalizado el ensayo con la finalidad de evitar posibles daños.

Se recomienda que para trabajos posteriores a este se evalúe los parámetros mecánicos de la matriz de yeso propuesta en esta investigación.

## Bibliografía

- [1] H. LAKRAFLI, H. TAHIRI y A. ALBIZANE, «Effect of wet blue chrome shaving and buffing dust of leather industry on the thermal conductivity of cement and plaster based materials,» *Construction and Building Materials*, vol. 1, n° 2, pp. 590-596, 2012.
- [2] H. LAKRAFLI, M. BOUHRIA y A. ALBIZANE, «Experimental study of thermal ductivity of leather and carpentry wastes,» *Construction and Building Materials*, vol. 10, n° 1, pp. 566-574, 2012.
- [3] M. AEBERHARD, J. CORACE y P. MARTINA, «Diseño y construcción de un equipo de placa caliente para la determinación de la conductividad térmica.,» *ENTAC*, vol. 1, n° 1, pp. 11-20, 2006.
- [4] K. KOLOMAZNIK, M. ADAMEK, I. ANDEL y M. UHLIROV, «Leather waste—Potential threat to human health, and a new technology of its treatment,» *ELSEVIER*, vol. 10, n° 2, pp. 514-520, 2008.
- [5] X. ELIAS, *Reciclaje de residuos industriales*, Segunda ed., Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2012.
- [6] J. ELZEA, N. TRIVEDI y J. BARKER, *Industrial Minerals & Rocks*, Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 2006.
- [7] V. STANKEVIČIUS, G. SKRIPKIŪNAS y A. GRINYS1, «Acoustical Characteristics and Physical-Mechanical Properties of Plaster with Rubber Waste Additives,» *MEDŽIAGOTYRA*, vol. 13, n° 4, pp. 304-309, 2007.
- [8] EUROGYPSUM, «Gypsum Unique Properties in Buildings,» *Internet: [www.eurogypsum.org/about-gypsum/properties/](http://www.eurogypsum.org/about-gypsum/properties/)*, Nov. 12, 2011. [Jul. 12, 2016].

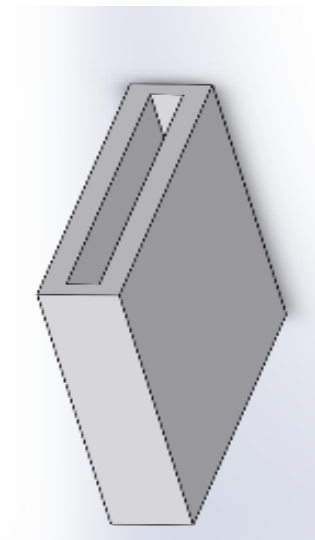
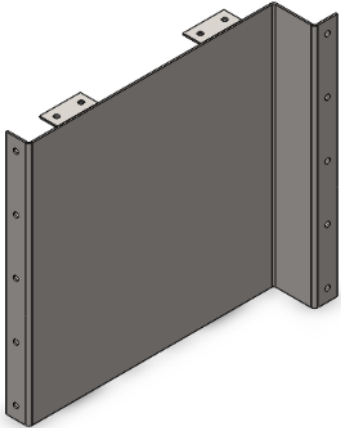
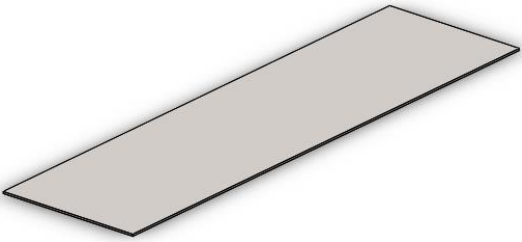
- [9] R. MÉNDEZ PAMPÍN, G. VIDAL SÁEZ y K. LORBER, Producción limpia en la industria de curtiembre, España: Universidad de Santiago de Compostela, 2007.
- [10] C. D. M. P. CORREIA y M. F. DE SOUZA, «Mechanical strength and thermal conductivity of gypsum,» *SCIFLO Brasil*, vol. 12, nº 1, p. 6, 2009.
- [11] D. A. CHILUISA SUNTA, «Estudio de la Compactación de Residuos Sólidos en el Proceso de Raspado del Cuero en la Fábrica Ecuatoriana de Curtidos Salazar S.A. Para Reducir su Volumen,» Ambato, 2016.
- [12] ASTM, Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus, UNITED STATES OF AMERICA: C177-13, 2013.
- [13] Y. CENGEL y A. GHAJAR, Transferencia de calor y masa, Cuarta ed., México: McGraw Hill, 2011.
- [14] F. COZ, Manual de mini y microcentrales hidráulicas, PERÚ: ITDG-PERÚ, 1995.

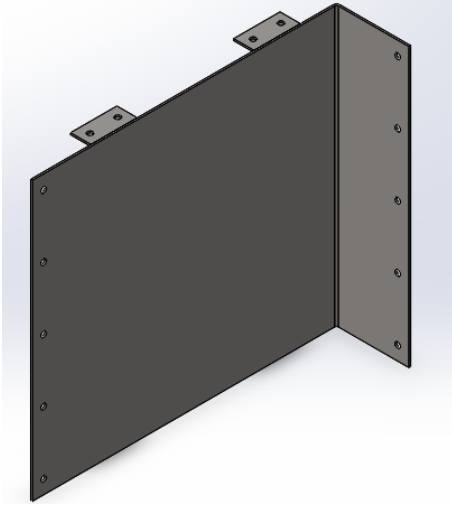
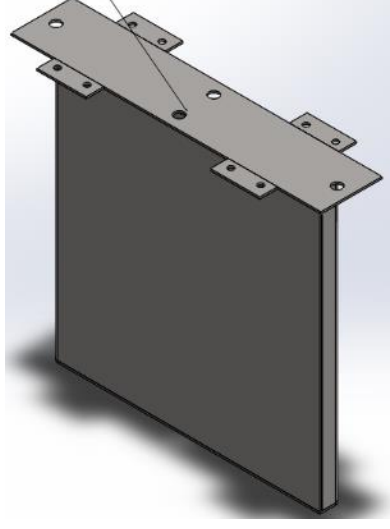
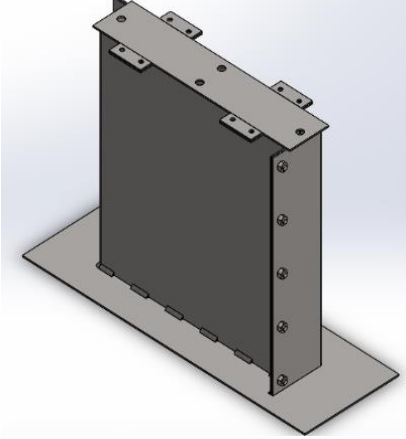
# ANEXOS

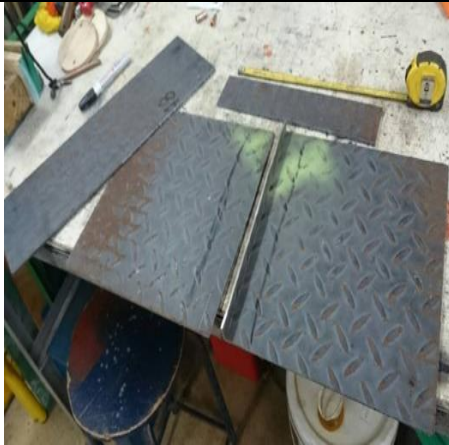
## ANEXO 1 FABRICACIÓN DEL MOLDE DE GYPSUM

A continuación, se realiza un resumen para la elaboración del molde, para la obtención de la matriz de Gypsum.

Tabla 14. Fabricación del molde de gypsum

	<p>De acuerdo a la norma ASTM C177-13, se toma como una referencia trabajar con probetas de espesor de 50 mm; con una longitud de largo y ancho de: 300 x 300 mm. La matriz compuesta de gypsum, es la encargada de contener al residuo compactado.</p> <p>Para el molde se establece la fabricación de 2 laterales, la base y un macho.</p>
	<p>Con la ayuda de un software de modelación, se dibuja el lado izquierdo del molde, con un espesor de chapa metálica de 3 mm.</p>
	<p>A continuación, se modela la base del molde, de chapa metálica de 3 mm; la misma irá soldada al lateral izquierdo.</p>

	<p>Se modela en chapa metálica de 3 mm de espesor, el lateral derecho como se observa en la imagen.</p>
	<p>Para finalizar con el molde, se modela el macho, el cual se fabrica en chapa metálica de espesor de 3 mm.</p>
	<p>Ensamble final del molde para la obtención de la matriz de yeso.</p>



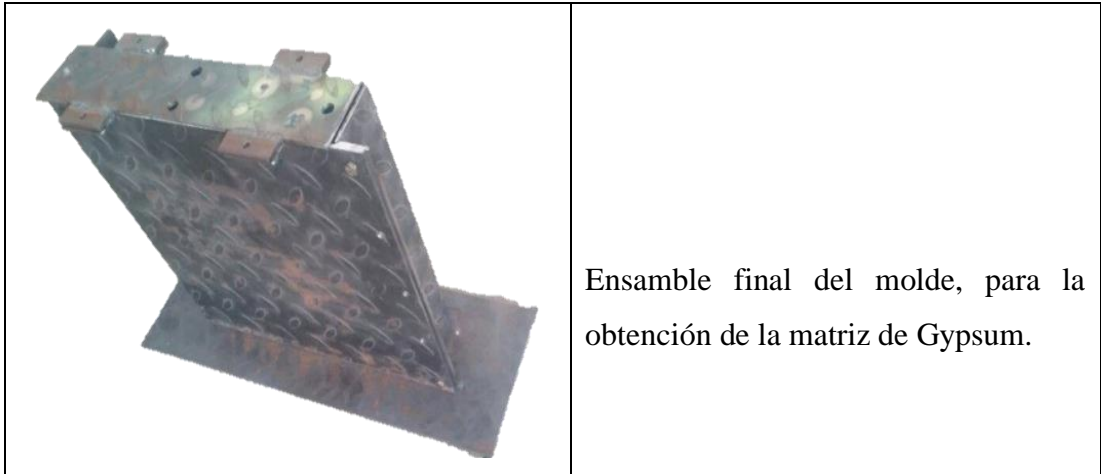
Para la fabricación se utiliza acero A36 de espesor de 3 mm.



Ensamble de los laterales con la base del molde.



Culminación de la fabricación del macho

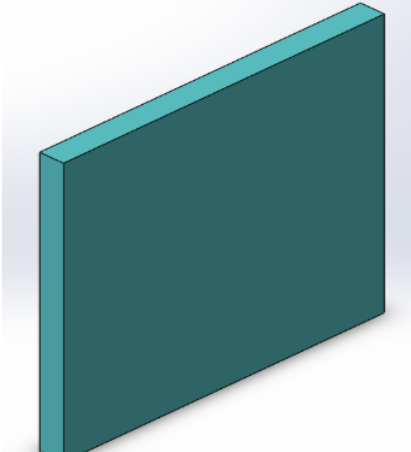
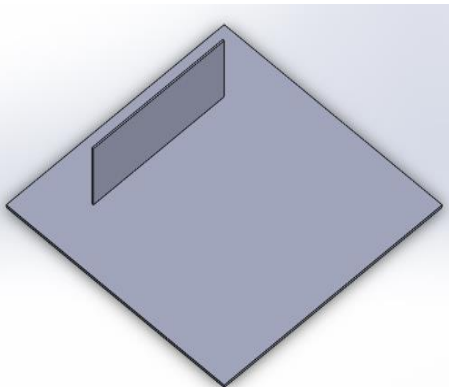
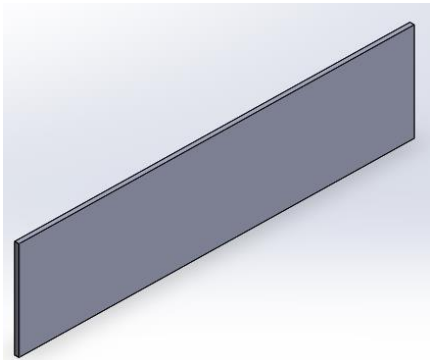


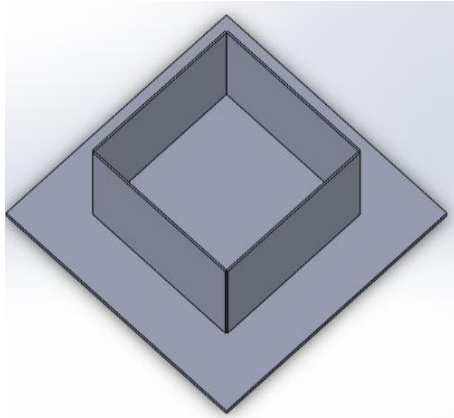
Fuente: Autor



## ANEXO 2 FABRICACIÓN DE LA MATRIZ, PARA COMPACTAR EL RESIDUO SÓLIDO

Tabla 15. Fabricación de la matriz, para compactar el residuo sólido

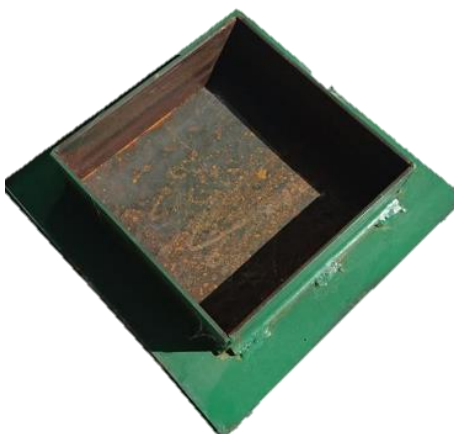
	<p>Para la fabricación de la matriz, cuyo objetivo es el compactar el residuo sólido, cuyas dimensiones son: 270x270x20 mm</p>
	<p>Con la ayuda de un software de modelación, se dibuja la base, con un espesor de chapa metálica de 3 mm.</p>
	<p>Continuando con la modelación de la matriz para la compactación del residuo sólido, se dibuja los laterales, con espesor de 3 mm.</p>



Se realiza el ensamble final de la matriz.



Para la fabricación se utiliza acero A36 de espesor de 3 mm.



Ensamble final de la matriz, para el compactado del residuo sólido.

Fuente: Autor

### ANEXO 3 PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA MATRIZ DE GYPSUM

Tabla 16. Fabricación de la matriz para contener el residuo sólido

	<p>Para la obtención de la matriz de yeso, se necesita la cantidad de 3 litros de agua y 8 libras de gypsum en polvo. Mezclar bien de forma que no contengan grumos sin disolver.</p>
	<p>Se recomienda usar el aceite de cocina, para lubricar las paredes internas del molde, con la finalidad de que el gypsum no se adhiera al molde, evitando la destrucción del mismo al momento de desmoldar.</p>
	<p>El tiempo de fraguado del Gypsum es de 2 días como lapso mínimo. Para acelerar el fraguado se necesita posicionar el molde a la luz del sol y evitar la lluvia.</p>



Durante la extracción de la matriz de gypsum se debe tener mucho cuidado ya que se pueden destruir las zonas de aristas.



Como proceso de acabado se limpia los excesos de gypsum de las aristas vivas.



Finalmente se procede a obtener datos de las propiedades físicas, obteniendo un peso de 8 lb.

Fuente: Autor

## ANEXO 4 PROCESO DEL COMPACTADO DEL RESIDUO SÓLIDO

### SÓLIDO

Tabla 17. Proceso de compactado del residuo sólido.

	<p>Para el compactado del residuo sólido se utiliza una gata hidráulica de marca ENERPAC con capacidad de 1000 bar.</p>
	<p>En la matriz de compacto, se procede a colocar el residuo sólido.</p>
	<p>Se coloca la tapa de la matriz, centrando conjuntamente al pistón de la gata hidráulica.</p>



Para compactar el residuo sólido, de acuerdo a investigaciones, se necesita alcanzar el valor de 173.2 bar.



Con mucho cuidado se retira la muestra compactada.



Para obtener datos de las propiedades físicas, se pesa el residuo obteniendo un valor de 0.8 lb.



El residuo compactado se coloca dentro de la matriz de gypsum.

Fuente: Autor

## ANEXO 5 FABRICACIÓN DEL HORNO DE PLACA CALIENTE

Tabla 18. Fabricación del horno de placa caliente

	<p>Para la fabricación del horno de placa caliente, se parte de la norma ASTM C177-13, la misma especifica los principales detalles, como la placa caliente y la placa fría.</p>
	<p>Para la fabricación de la placa fría, se utiliza tubería de cobre, cuyo diámetro de 8 mm; además de una base construida de galvanizado, con el fin de tener una superficie a una temperatura homogénea. La dimensión es de 30 x 30 cm</p>
	<p>Para la placa caliente se utiliza la resistencia Samsung de serie DHR-10744C. Sus dimensiones son de 30 x 28 cm</p>





Buscando tener una superficie a una temperatura homogénea, se emplea una placa cobre cuyas dimensiones son: 300x300x2 mm



Para aislar el horno de placa caliente del ambiente, se utiliza poliestireno expandido. El espesor a trabajar es de 8 cm



Para conocer la temperatura tanto en la cara caliente como en la fría, se utiliza sensores térmicos tipo K TP SENIES; cuya apreciación es de  $<400^{\circ}\text{C} \pm 2.5^{\circ}\text{C}$ .



Ensamble del horno de placa caliente.

Fuente: Autor

## ANEXO 6 MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DEL LADRILLO

Tabla 19. Medición de conductividad térmica horno de placa caliente

	<p>Se coloca sobre el aislante térmico la placa fría inferior junto a los sensores térmicos.</p>
	<p>Sobre la placa fría se posiciona la probeta.</p>
	<p>En busca de tener una distribución de calor sobre la cara caliente se coloca una placa de cobre, sin olvidar los sensores térmicos.</p>

	<p>Se posiciona la placa caliente.</p>
	<p>Para una mejor distribución de calor se coloca la segunda placa de cobre sobre la placa caliente, conjuntamente con los sensores térmicos.</p>
	<p>Encima de la segunda placa de cobre se coloca el ladrillo.</p>
	<p>Se coloca los sensores para la cara caliente de la placa caliente.</p>



Sobre los sensores se coloca la placa fría.



Se coloca el aislante térmico cuyo espesor es de 8 cm de acuerdo a la norma ASTM C177-13



Para energizar la placa caliente se utiliza un regulador de voltaje AC y se ajusta a 52.2 v y 0.33 A respectivamente.



Transcurrido el tiempo de 40 min se procede a tomar los datos de la termocupla, en la cara caliente y la cara fría, esta termocupla tiene la entrada a dos sensores térmicos por lo que automáticamente arroja el valor diferencial siendo la cara caliente  $36^{\circ}\text{C}$  y la cara fría  $21^{\circ}\text{C}$ . Obteniendo una diferencia de  $13^{\circ}\text{C}$

Fuente: Autor

## ANEXO 7 MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LA MATRIZ DE GYPSUM

Tabla 20. Medición de conductividad térmica de la matriz de gypsum.

	<p>Se coloca las diferentes partes constituyentes del horno de placa en orden a la especificación de la norma ASTM C177-13</p>
	<p>Se procede a ensamblar el aislante térmico de espesor de 8 mm.</p>
	<p>Con el regulador de voltaje AC se ajusta a un valor de salida de 50 V y 0.30 A. Con la finalidad de controlar la temperatura de la placa caliente.</p>



De la cara fría se obtiene un valor de 21 °C. Este dato medido es constante en ambas caras frías del horno.



La media de temperatura de la cara caliente es de 36°C, este dato es recolectado una vez a transcurrido los 40 min.

Fuente: Autor






UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS  
**LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS**



Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Telf.: 2 400987 ext. 114, e-mail: laconal@uta.edu.ec; laconal@hotmail.com  
Ambato-Ecuador

**CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO**

<b>Certificado No:16-315</b>						R01-5.10 06
Solicitud N°: 16-315						Pág.: 1 de 1
Fecha recepción: 18 de octubre de 2016			Fecha de ejecución de ensayos: 18 al 19 de octubre de 2016			
<b>Información del cliente:</b>						
Empresa: n/a			C.I./RUC: 1803798188			
Representante: Christian Raúl Barriga Miño			Tlf: 2526400			
Dirección: Clda. España			Celular:			
Ciudad: Ambato			E mail: christianbarriga92@gmail.com			
<b>Descripción de las muestras:</b>						
Producto: Desecho de curtiembre			Peso: 294 g y 257 g			
Marca comercial: n/a			Tipo de envase: tarrina plástica			
Lote: n/a			No de muestras: dos			
F. Elb.: n/a			F. Exp.: n/a			
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:			Almac. en Lab: 30 días			
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:			Muestreo por el cliente: 18 de octubre de 2016			
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
<b>Desecho de curtiembre</b>	<b>31516820</b>	<b>WET</b>	Humedad	INEN 565	%	<b>66,1</b>
			pH	INEN 1072	Unidades de pH	<b>3,39</b>
<b>Desecho de curtiembre</b>	<b>31516821</b>	<b>DRY</b>	Humedad	INEN 565	%	<b>31,9</b>
			pH	INEN 1072	Unidades de pH	<b>3,38</b>
Conds. Ambientales: 19,0 °C; 49%HR						
 <b>Ing. Gladys Risueño</b> Directora de Calidad						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						CG

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

*"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".*