



**Recopilación de experiencias
de divulgación científica de
Materiales y Ensayos
2019**

ISBN: 978-958-15-0653-8





Centro de Materiales y Ensayos - SENA
Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación
Grupo de investigación GIMES

Publicado y hecho en Colombia / Published and made in Colombia.
Julio de 2021

Los conceptos y opiniones expresadas en esta publicación, son de responsabilidad exclusiva de sus autores y en nada compromete la ideología o política institucional del SENA.

Se autoriza la reproducción de los contenidos, imágenes citadas, la fuente y crédito de los mismos.

ISBN digital: 978-958-15-0653-8



Catalogación en la publicación. SENA Sistema de Bibliotecas

Grupo de investigación Gimes.

Recopilación de experiencias de divulgación científica de materiales y ensayos 2019. -- Bogotá : Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Centro de Materiales y Ensayos, 2021.

1 recurso en línea (93 páginas : PDF).

Contenido parcial: III Seminario de Materiales Metálicos y Soldadura -- Identificación de micro inclusiones con procesos de soldadura para acero estructural -- III Seminario de Joyería, Talla y Bisutería -- Lo que se esconde detrás del diseño y fabricación de joyas -- IV Seminario de Materiales Compuestos y su Aplicación en la Industria Colombiana -- Manufactura aditiva en la fabricación de una superficie alar para una aeronave no tripulada -- Elaboración de módulos acústicos a base del bagazo de la planta de fique -- Ciclo sostenible de los residuos de las placas de yeso laminado "Transformación y uso".

ISBN: 978-958-15-0653-8.

1. Investigación y desarrollo--Congresos, conferencias, etc. 2. Divulgación científica--Congresos, conferencias, etc. I. Seminario de Materiales Metálicos y Soldadura (3er : 2019 : Bogotá) II. Seminario de Joyería, talla y Bisutería (3er. : 2019 : Bogotá) III. Seminario de Materiales Compuestos y su Aplicación en la Industria Colombiana (4to : 2019 : Bogotá) IV. Servicio Nacional de Aprendizaje.

CDD: 658.57



Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Director General

Carlos Mario Estrada Molina

Director Regional Distrito Capital

Enrique Romero Contreras

Subdirector del Centro de Materiales y Ensayos

Santiago Julio Camacho Peña

Equipo técnico

Grupo de investigación GIMES

Líder del grupo de investigación GIMES

Pedro Rodríguez Sandoval

Líder SENNOVA del centro de Materiales y Ensayos

María Camila Rico Rodríguez

Diseño Editorial

Miguel Ángel Parra Rodríguez



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
III SEMINARIO DE MATERIALES METÁLICOS Y SOLDADURA.....	2
CONFERENCIAS - MATERIALES METÁLICOS	3
TALLER - MATERIALES METÁLICOS.....	3
PONENCIAS - MATERIALES METÁLICOS.....	4
28 DE OCTUBRE DE 2019	4
IDENTIFICACIÓN DE MICRO INCLUSIONES CON PROCESOS DE SOLDADURA SMAW Y FCAW PARA ACERO ESTRUCTURAL	5
III SEMINARIO DE JOYERÍA TALLA Y BISUTERÍA.....	29
CONFERENCIAS - JOYERÍA Y BISUTERÍA	30
TALLERES - JOYERÍA Y BISUTERÍA.....	30
PONENCIAS - JOYERÍA Y BISUTERÍA	31
LO QUE SE ESCONDE DETRÁS DEL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE JOYAS.....	32
DESARROLLO DE UNA ALEACIÓN EN PLATA DE BAJA OXIDACIÓN PARA APLICACIÓN EN EL SECTOR JOYERO.....	40
DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE NUEVAS TECNICAS PARA EL TRABAJO CON MATERIALES VITRICOS	51
IV SEMINARIO DE MATERIALES COMPUESTOS Y SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA COLOMBIANA.....	59
CONFERENCIAS - MATERIALES COMPUESTOS.....	60
TALLERES - MATERIALES COMPUESTOS	60
PONENCIAS - MATERIALES COMPUESTOS	61
MANUFACTURA ADITIVA EN LA FABRICACIÓN DE UNA SUPERFICIE ALAR PARA UNA AERONAVE NO TRIPULADA.....	62
ELABORACIÓN DE MÓDULOS ACÚSTICOS A BASE DEL BAGAZO DE LA PLANTA DE FIQUE	75
CICLO SOSTENIBLE DE LOS RESIDUOS DE LAS PLACAS DE YESO LAMINADO “TRANSFORMACIÓN Y USO”	88



INTRODUCCIÓN

Como parte de la estrategia de apropiación de ciencia tecnología y cultura de la innovación SENNOVA, el SENA- Centro de Materiales y Ensayos ha realizado desde el año 2016 los eventos de divulgación tecnológica e innovación, iniciando con el I seminario de Materiales Compuestos y su Aplicación en la Industria Colombiana. Con la experiencia y la aceptación del sector empresarial, académico, científico y la comunidad educativa de este primer evento, el Centro planeó replicar para el futuro este evento cubriendo otros sectores que hacen parte las líneas medulares de formación del Centro de Materiales y Ensayos, estos eventos se llevaron a cabo a partir del año 2017 y complementan las áreas del conocimiento correspondientes a la formación integral profesional del Centro de formación.

Del 2017 al 2019 se llevaron a cabo los seminarios: Seminario de Materiales Metálicos y Soldadura, Seminario de Materiales Compuestos y su Aplicación en la Industria Colombiana, así como el Seminario de Joyería Talla y Bisutería y de manera transversal se incluyeron temáticas enfocadas en programación de software, sistemas y alistamiento de laboratorios que permitieron abarcar un espectro más amplio de las posibilidades de sensibilización al público interesado en estas áreas del conocimiento así como divulgar los servicios del SENA, Centro de Materiales y Ensayos en lo correspondiente a formación de talento humano para su vinculación a la empresa colombiana, los servicios tecnológicos del Centro de formación y las investigaciones llevadas a cabo por la comunidad SENA.

El presente documento contiene los artículos de investigación llevados a cabo por grupos de investigación de la Universidad San Buenaventura y de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y también artículos de investigación de diferentes Centros de formación del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Las ponencias seleccionadas que participaron en el evento de divulgación tecnológica e innovación 2019 en las diferentes áreas de materiales metálicos, materiales compuestos y joyería son una muestra de las actividades que la academia y el SENA realizan para impulsar el desarrollo industrial de Colombia.

Para el Centro de Materiales y Ensayos es satisfactorio y representa un gran avance contribuir a la transferencia y apropiación del conocimiento en el marco de la estrategia de divulgación, con el apoyo de la Dirección General del SENA, Dirección Regional Distrito Capital, la industria colombiana, las universidades y contar con el interés y participación activa de la comunidad SENA, empresarios y estudiantes universitarios que ha posibilitado el aprendizaje mediante conferencias, ponencias, talleres, presentaciones en stands dirigidas por académicos, investigadores y expertos de la industria con el fin de tener una mayor comprensión y apropiación de las tecnologías y retos de la industria 4.0, así como el impacto de los diferentes resultados de investigación e innovación en el fortalecimiento de la economía naranja y economía circular; como parte del crecimiento tecnológico y empresarial de Colombia.



III SEMINARIO DE MATERIALES METÁLICOS Y SOLDADURA

28 DE OCTUBRE DE 2019





CONFERENCIAS - MATERIALES METÁLICOS

INTEGRIDAD ESTRUCTURAL EN MATERIALES

Conferencista: Dr. Abel Hurtado Macías

Empresa: Cimav (Centro de investigación en materiales avanzados, S.C)

NUEVAS TECNOLOGÍAS EN CORTE PLASMA

Conferencista: José Fernando Mullet

Empresa: Codinter

SOCIALIZACIÓN Y MUESTRA DE SERVICIOS PRESENTADOS POR LOS LABORATORIOS DEL CENTRO DE MATERIALES Y ENSAYOS

Mauro Enrique Hernández Castillo

Sena, Centro de Materiales y Ensayos

TECNOLOGÍA GLOBAL

Conferencista: Juan Raúl Urrego Pérez

Empresa: Soldamatic Augmented training technology for Welding

EXPERIENCIA EN SOLDADURA DE PRODUCCIÓN

Conferencista: Diana Peñalosa

Empresa: Codinter

INTELIGENCIA EN SOLDADURA

Conferencista: Antonio zafrá

Empresa: Miller Electric

TALLER - MATERIALES METÁLICOS

REALIDAD AUMENTADA EN SOLDADURA

Ejecutante: John Fredy Martínez Santos



PONENCIAS - MATERIALES METÁLICOS
28 DE OCTUBRE DE 2019



IDENTIFICACIÓN DE MICRO INCLUSIONES CON PROCESOS DE SOLDADURA SMAW Y FCAW PARA ACERO ESTRUCTURAL

IDENTIFICATION OF MICRO INCLUSIONS WITH SMAW AND FCAW WELDING PROCESSES FOR STRUCTURAL STEEL

*Ing. Alfonso Patarroyo P. Sena Centro de Materiales y Ensayos, GIMES
apatarroyo@misena.edu.co, Bogotá, Colombia.*

*Arnold Gutiérrez, Sena Centro de Materiales y Ensayos, GIMES
asgutierrez98@misena.edu.co Bogotá, Colombia.*

*María Yate, Sena Centro de Materiales y Ensayos, GIMES
mtyate@misena.edu.co Bogotá, Colombia.*

*Leidy Garay Sena Centro de Materiales y Ensayos, GIMES
lei_garay@misena.edu.co Bogotá, Colombia.*

*Rolando Díaz, Sena Centro de Materiales y Ensayos, Investigador, GIMES
rdiaz6@misena.edu.co, Bogotá, Colombia.*

RESUMEN

El presente proyecto permitirá establecer de manera cuantitativa la morfología, distribución y composición química de las inclusiones no metálicas presentes en los depósitos de soldadura de las juntas en T, realizadas en la unión de aceros estructurales, las cuales son de uso intensivo en el país, se debe armonizar el código colombiano de construcción sismo resistente NSR 2010, con los aspectos metalúrgicos de la zona afectada por el calor y los depósitos de soldadura elaborados con procesos SMAW y FCAW. lo cual proporcionará el criterio de comparación con las normas internacionales de soldadura para establecer comportamientos mecánicos y metalúrgicos de las juntas soldadas, estos criterios permitirán a calculistas, fabricantes, inspectores e interventores de estructuras metálicas determinar la aceptación o rechazo de un componente soldado o determinar la vida útil residual de estructuras en uso, para una segunda fase de esta investigación

PALABRAS CLAVE

Discontinuidad, Disolución, Inclusión, Nuclear, Soldabilidad, Templabilidad, Z.A.C

ABSTRACT

This project will establish quantitatively the morphology, distribution and chemical composition of the non-metallic inclusions present in the weld deposits of the T-joints, made in the union of structural steels, which are intensively used in the country, The Colombian NSR 2010 earthquake resistant construction code must be harmonized with the metallurgical aspects of the area affected by heat and welding deposits made with SMAW and FCAW processes. which will provide the criterion of comparison with international welding standards to establish mechanical and metallurgical behaviors of welded joints, these criteria will allow calculators, manufacturers, inspectors and inspectors of metal structures to determine the acceptance or rejection of a welded component or determine the residual useful life of structures in use, for a second phase of this investigation.



Keywords

Discontinuity, Dissolution, Inclusion, Nuclear, Weldability, Templability, H.A.Z

INTRODUCCIÓN

La soldadura brinda la posibilidad de comportarse a los miembros estructurales como un solo cuerpo, conservando sus propiedades y sirviendo como canal de conducción de los esfuerzos aplicados a la estructura metálica. Por ello la soldadura; mezcla metalúrgica entre el metal de aporte, el metal base y los pases de soldaduras antepuestos, debe presentar homogeneidad en toda su masa. El problema de las juntas soldadas está delimitado en la pérdida de la homogeneidad, debida entre otros fenómenos a las inclusiones no metálicas generadas en los procesos de soldeo con protección por escoria como lo son SMAW (Shielded Metal Arc Welding) y FCAW (Flux Cored Arc Welding), por lo tanto se postula la pregunta de investigación ¿Es la inclusión una discontinuidad que consta de características no metálicas y es resultante de la mutua disolución de impurezas de flujo líquido en los procesos de soldadura?. Por tanto la estabilidad estructural depende en gran medida de la homogeneidad de los depósitos soldados, es por ello que una discontinuidad en la soldadura, bajo condiciones de servicio, puede nuclear y propagar grietas, llevando al colapso de la estructura. Se hace necesario, establecer la morfología, la distribución y la composición química de dicha indicación, con el fin de indagar sobre los futuros efectos en los depósitos soldados.

En Colombia se viene realizando construcciones en acero soldado, cumpliendo los requisitos del Código Colombiano de Construcción Sismo resistente N.S.R 2010 Título F, el cual establece los factores de diseño y toma como referente el código de soldadura AWS (American Welding Society) D.1.1. Se hace importante, desarrollar investigaciones en procesos de soldeo, inspección y metalurgia de la soldadura, para asegurar que en el país se entiendan los fenómenos metalúrgicos y mecánicos que rigen el comportamiento de las estructuras metálicas soldadas, lo cual impactará a todos los profesionales que se desempeñan en el área de las construcciones metálicas, montaje e interventoría de obras de infraestructura pública y privada, construidas en las diferentes zonas sísmicas del país, para generar confianza en el empleo, asegurar el ciclo de vida de los elementos soldados y contribuir a la disminución de colapsos estructurales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del proyecto, se construyó el estado del arte en cuanto a la identificación de inclusiones en cordones de soldadura, dando como resultado la selección de la norma internacional de soldadura AWS D1.1, conforme al análisis de consumo de acero, para construcción civil.

Se determina el acero ASTM A 572 Gr 50.

Los procesos de soldeo se emplean en dos etapas de fabricación de las estructuras, el proceso FCAW, es el adecuado en trabajos de prefabricación en planta, mientras el proceso SMAW, es empleado en montaje de campo, por lo tanto, los procesos de soldeo para la investigación fueron FCAW y SMAW, con aportes AWS ER 70T-11 y AWS E7018 respectivamente.

Se especificó, que la junta en T con soldadura de filete en posición vertical con progresión ascendente, abarcaría el alcance de soldaduras tanto de prefabricación como de montaje.

Se estimó por medio de análisis estadístico el tamaño de la muestra representativa, tomando como base la fabricación de una estructura de 100 toneladas en acero estructural sismo resistente.

Se estudiaron ecuaciones de fuentes internacionales, para la determinación del Carbono equivalente, las cuales se cruzaron con los criterios normativos de entrada de calor, para determinar los ciclos térmicos de precalentamiento, temperatura entre pases y enfriamiento lo que delimitó la caracterización de amperaje y el diferencial de potencial, para el desarrollo de WPS (Especificación del procedimiento de soldadura) y posteriores PQR (Registro de calificación del procedimiento).

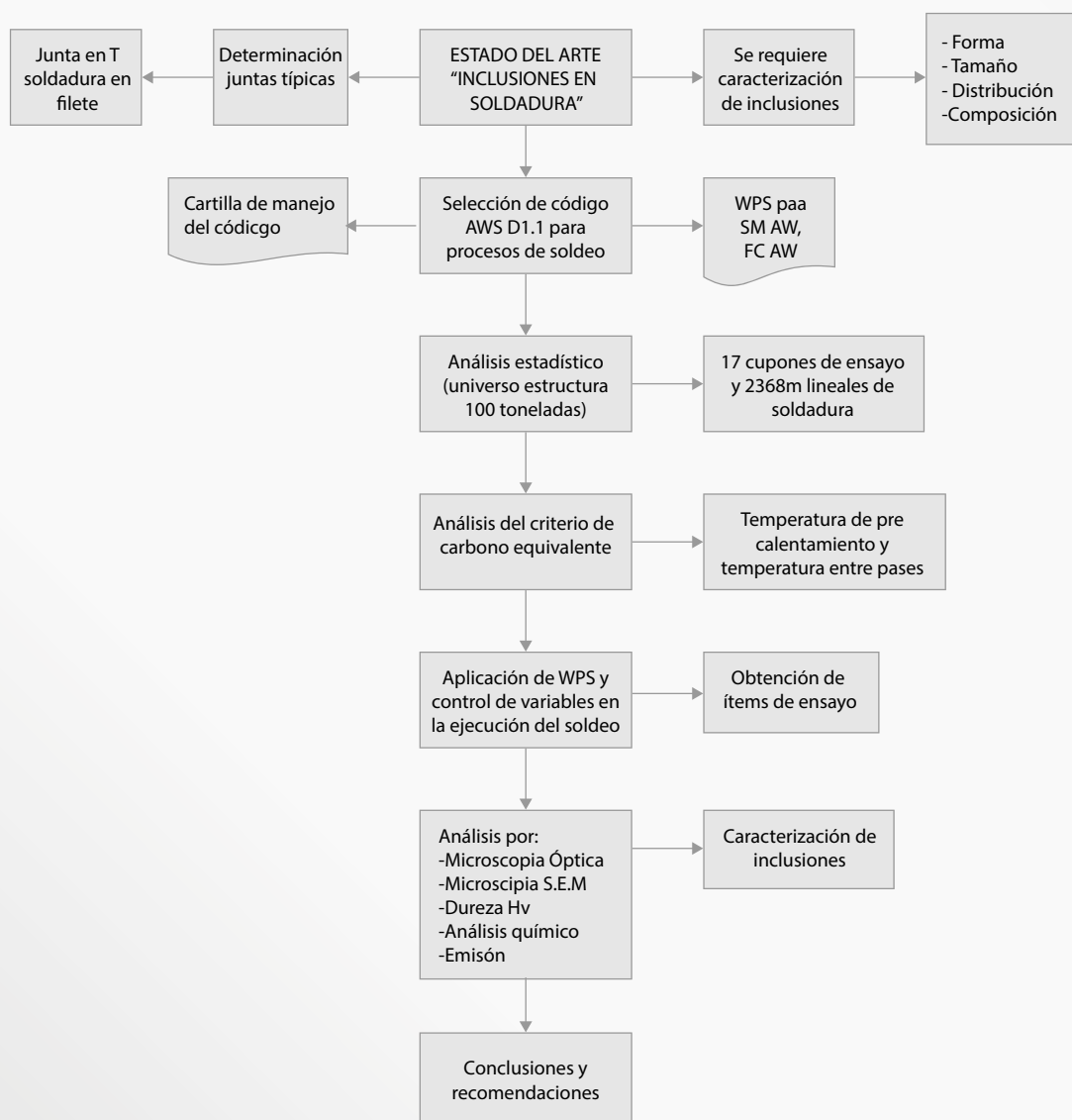


Se ejecutaron los procesos de soldeo, sobre cupones de ensayo normalizado obteniendo los ítems de ensayo, que fueron preparados con aporte térmico cero.

En los laboratorios del Centro de Materiales y Ensayos, del SENA, se analizaron por medio de técnicas de análisis químico por espectrometría de emisión óptica, macrografía, microscopía óptica y microscopía S.E.M (Scanning Electron Microscope) con sonda EDS (Emisión Detection Scan). Se obtuvo así, la caracterización de las inclusiones en los depósitos de soldadura, en cuanto ubicación, morfología y composición química.

Flujograma de ejecución del proyecto de investigación

Diagrama de flujo No. 1
[1]





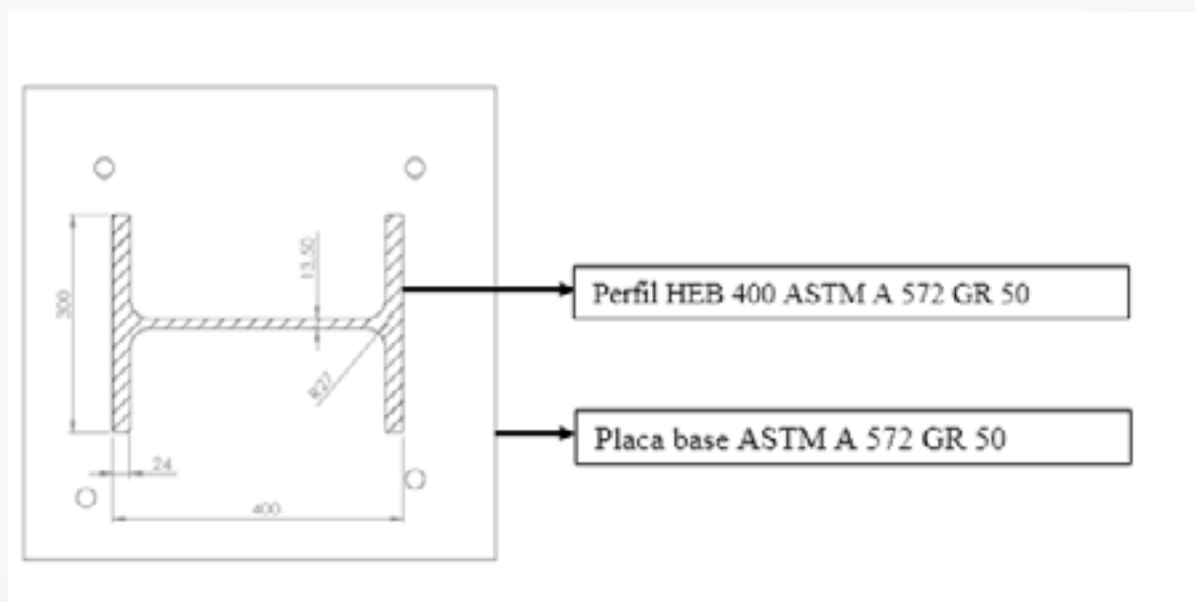
DISEÑO ESTADÍSTICO

Tamaño de la muestra

Partiendo de la fabricación de una estructura metálica de 100 toneladas en donde sus componentes estructurales son perfiles HEB 400 de metal base ASTM A572 Gr 50, se seleccionaron como universo las juntas correspondientes a la unión entre la placa base (lámina ASTM A572 Gr 50) y la columna (HEB 400). Ver figura 1 y detalle en figura 2.

Figura 1. Detalle placa base-columna

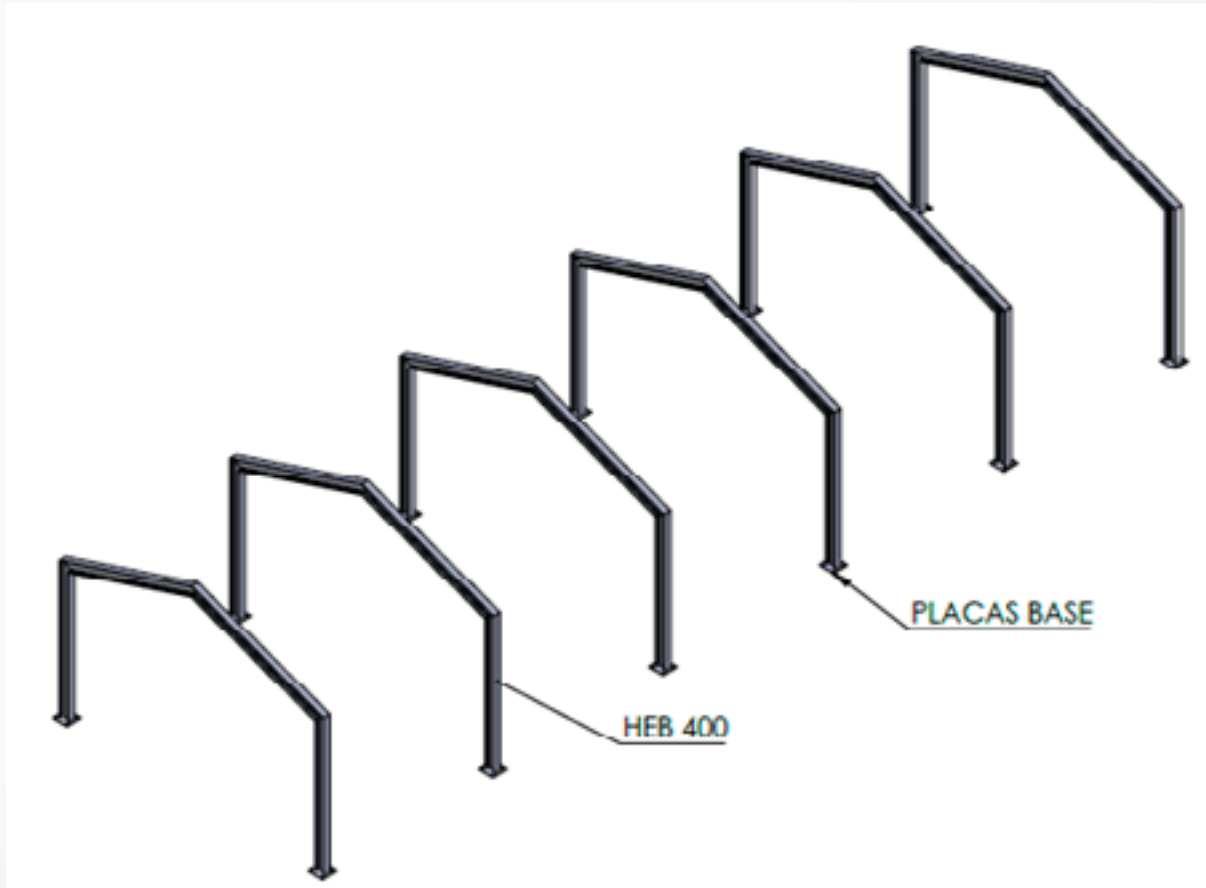
Fuente. [1]



Calculo tamaño de la muestra

Consideraciones, Tomando de la estructura metálica las uniones en filete se seleccionaron las juntas columna-placa base, siendo las representativas de la estructura por la carga que transmiten.

Figura2. Estructura metálica
Fuente. [1]



De las 12 juntas (columna-placa base) con las que cuenta la estructura se calculó la cantidad de soldadura aplicada por centímetro [cm].

De figura 1 se determina el perímetro soldado para una HEB 400:

$$\begin{aligned} \text{Perímetro HEB 400} &= 30\text{cm} \times 2 + 35,2\text{cm} \times 2 + 14,32\text{cm} \times 4 + 2,4\text{cm} \times 4 \\ \text{Perímetro HEB 400} &= 197,3\text{cm} \end{aligned}$$

Perímetro total para las 12 columnas- placa base de la estructura:

$$\text{Perímetro HEB 400} \times 12 \text{ juntas} = 197,3\text{cm} \times 12 \text{ juntas} = 2368\text{cm}$$

El resultado sería un universo (cantidad de centímetros de soldadura que se deben aplicar =2368cm).

1. Cálculo del valor crítico de la distribución normal en el nivel de confianza requerido [resultado]



Tabla 1. valores del factor z
Fuente: [5]

NIVEL DE CONFIANZA	PUNTUACIÓN Z
80%	1.28
85%	1.44
90%	1.65
90%	1.96
99%	2.58

2. Determinación del error (rango esperado donde se encuentra la población) Margen de error, porcentaje expresado con decimales =5% (0,05)

3. Determinación del tamaño de la muestra.

ECUACIÓN 1.

$$n = \frac{z^2 \times p[1-p]}{e^2} \quad [5]$$

$$\frac{1 + \{z^2 \times p[1-p]\}}{e^2 \times N}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

N = Tamaño de población = 2.368 cm

e = Margen de error [porcentaje expresado con decimales] =5% (0,05)

z = Coeficiente nivel de confianza. 95% = 1.96

$$\frac{[1,96]^2 \times 0,5[1-0,5]}{0,05^2} = \frac{3,8416 \times 0,5(0,5)}{0,0025} = \frac{0,9604}{0,0025}$$

$$\frac{1 + \{1,96^2 \times 0,5[1-0,5]\}}{0,05^2 \times 2,368 \text{ cm}} = \frac{1 + (3,8416 \times 0,5 \times 0,5)}{0,0025 \times 2,368 \text{ cm}} = \frac{1 + 0,9604}{5,92}$$

$$\frac{384,16}{1,1622} = 330,5455 \text{ cm}$$

Para efectos prácticos se estimó a 331cm.



4. Determinación del número de cupones a soldar

$$\frac{330\text{cm a soldar}}{1 \text{ cupon de ensayo con medida de } 20\text{cm}} = \frac{331\text{cm}}{20\text{cm}} = 16,55 \text{ cupones de ensayo}$$

DETERMINACION DE LAS TEMPERATURAS DE PRE CALENTAMIENTO Y TEMPERATURA ENTRE PASES

CARBONO EQUIVALENTE

Los elementos aleantes que se encuentran presentes en el material base influyen en las propiedades metalúrgicas, el carbono es uno de los elementos de mayor influencia directa en el comportamiento de los aceros; existe una relación entre las transformaciones microestructurales y las propiedades metalúrgicas al momento de realizar una aplicación de soldadura.

Hay una serie de discontinuidades presentes en el material base, donde normalmente hay una transformación de fase de Austenita o Martensita, que resulta de la rápida pérdida de calor del cordón de soldadura y del material base, lo cual genera la zona afectada por el calor (Z.A.C); estudios previos han llegado a la conclusión, que al conocer el contenido de carbono equivalente del acero se puede determinar la dureza del material, el propósito de la ecuación es determinar una temperatura de precalentamiento y pos-calentamiento, al definir este valor se puede controlar la velocidad de enfriamiento de la junta soldada.

Por lo tanto, el carbono equivalente es un indicador importante para cuantificar las variables esenciales previas al proceso de soldeo.

ECUACIONES PARA DETERMINACIÓN DE CARBONO EQUIVALENTE

Para el acero ASTM A572Gr 50, se determinó experimentalmente que posee una composición química conformada por:

%C	= porcentaje de Carbono*
%Mn	= porcentaje de Manganeso*
%Mo	= porcentaje de Molibdeno*
%Si	= porcentaje de Silicio*
%S	= porcentaje de Azufre*
%P	= porcentaje de Fosforo*
%Cr	= porcentaje de Cromo*
%Ni	= porcentaje de Níquel*
%Cu	= porcentaje de Cobre*
%Co	= porcentaje de Cobalto*
%B	= porcentaje de Boro*
%V	= porcentaje de Vanadio*
%Nb	= porcentaje de Niobio*

(* Basado en el análisis químico del material base, realizado en los laboratorios del Centro de Materiales y Ensayos del SENA.



Las ecuaciones siguientes recopilan los valores cuantitativos expresado en Carbono equivalente.

ECUACION 3.

$$I\dot{I}W: CE: \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Mo}{5} + \frac{\%Ni}{15} + \frac{\%Cr}{5} + \frac{\%V}{5} + \frac{\%Cu}{15} \quad [6]$$

$$I\dot{I}W: CE: 0,178\%C + \frac{1,141\%Mn}{6} + \frac{0,025\%Mo}{5} + \frac{0,008\%Ni}{15} + \frac{0,024\%Cr}{5} + \frac{0,004\%V}{5} + \frac{0,024\%Cu}{15} = 0,3799 \%CE$$

ECUACION 4.

$$WES: CE: \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Si}{24} + \frac{\%Mo}{29} + \frac{\%V}{14} \quad [6]$$

$$WES: CE: 0,178\%C + \frac{1,141\%Mn}{6} + \frac{0,217\%Si}{24} + \frac{0,025\%Mo}{29} + \frac{0,004\%V}{14} = 0,3783 \%CE$$

ECUACION 5.

$$DEARDEN O'NEILL: CE: \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Mo}{4} + \frac{\%Ni}{15} + \frac{\%Cr}{5} \quad [6]$$

$$DEARDEN O'NEILL: CE: 0,178\%C + \frac{1,141\%Mn}{6} + \frac{0,025\%Mo}{4} + \frac{0,008\%Ni}{15} + \frac{0,024\%Cr}{5} = 0,3765 \%CE$$

ECUACION 6.

$$KI\dot{H}ARA SUZUKU TAMURA: CE: \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Mo}{4} + \frac{\%Ni}{40} + \frac{\%Cr}{5} + \frac{\%V}{14} + \frac{\%Si}{24} \quad [6]$$

$$KI\dot{H}ARA SUZUKU TAMURA: CE: 0,178\%C + \frac{1,141\%Mn}{6} + \frac{0,025\%Mo}{4} + \frac{0,008\%Ni}{40} + \frac{0,024\%Cr}{5}$$



$$\frac{0,004\%V}{14} + \frac{0,217\%Si}{24} = 0,3887 \%CE$$

ECUACION 7.

$$STOUT: CE: \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Mo}{10} + \frac{\%Ni}{20} + \frac{\%Cr}{10} + \frac{\%Cu}{40} \quad [6]$$

$$STOUT: CE: 0,178\%C + \frac{1,141\%Mn}{6} + \frac{0,025\%Mo}{10} + \frac{0,008\%Ni}{20} + \frac{0,024\%Cr}{5} +$$

$$\frac{0,009\%Cu}{40} = 0,3736 \%CE$$

ECUACION 8.

$$WINTERTON: CE: \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Mo}{50} + \frac{\%Ni}{20} + \frac{\%V}{10} + \frac{\%Cu}{40} \quad [6]$$

$$WINTERTON: CE: 0,178\%C + \frac{1,141\%Mn}{6} + \frac{0,025\%Mo}{50} + \frac{0,008\%Ni}{20} + \frac{0,004\%V}{10} +$$

$$\frac{0,009\%Cu}{40} = 0,3696 \%CE$$

ECUACION 9.

$$BRADSTREAT: CE: \%C + \frac{\%Mn}{20} + \frac{\%Mo}{10} + \frac{\%Ni}{15} + \frac{\%Cr}{10} + \frac{\%V}{10} \quad [6]$$

$$BRADSTREAT: CE: 0,178\%C + \frac{1,141\%Mn}{20} + \frac{0,025\%Mo}{10} + \frac{0,008\%Ni}{15} + \frac{0,024\%Cr}{10} +$$

$$\frac{0,004\%V}{10} = 0,2408 \%CE$$

ECUACION 10.

$$LORENZ DÜREN: CE: \%C + \frac{\%Si}{26} + \frac{\%Mn}{19} + \frac{\%Cu}{22} + \frac{\%Cr}{12} + \frac{\%Ni}{38} + \frac{\%Mo}{13} + \frac{\%V}{7} \quad [6]$$



$$\text{LORENZ DÜREN: CE: } 0,178\%C + \frac{0,217\%Si}{26} + \frac{1,141\%Mn}{19} + \frac{0,009\%Cu}{22} + \frac{0,024\%Cr}{12} + \frac{0,008\%Ni}{38} + \frac{0,025\%Mo}{13} + \frac{0,004\%V}{7} = 0,2515 \%CE$$

ECUACION 11.

KOCH BERSCH: $\%C + (\%Mn + \%Mo + \%Ni + \%Cr + \%V + \%Cu + \%Si) / 20$ [6]

$$\text{KOCH BERSCH: } 0,178\%C + (1,141\%Mn + 0,025\%Mo + 0,008\%Ni + 0,024\%Cr + 0,004\%V + 0,009\%Cu + 0,217\%Si) / 20 = 0,2494 \%CE$$

ECUACION 12.

$$\text{GRAVILLE: CE: } \%C + \frac{\%Mn}{26} + \frac{\%Mo}{7} + \frac{\%Cr}{23} + \frac{\%Ni}{50} + \frac{\%Nb}{8} + \frac{\%V}{9} \quad [6]$$

$$\text{GRAVILLE: CE: } 0,178\%C + \frac{1,141\%Mn}{16} + \frac{0,025\%Mo}{7} + \frac{0,024\%Cr}{23} + \frac{0,008\%Ni}{50} + \frac{0,022\%Ni}{8} + \frac{0,004\%V}{9} = 0,3406 \%CE$$

ECUACION 13.

$$\text{YURIOKA OHSHTA: CE: } \%C + A(C) + \left(\frac{\%Si}{24} + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cu}{15} + \frac{\%Ni}{20} + \frac{\%Cr + \%Mo + \%Nb + \%V}{5} \right) \div 5 + 5 \times B$$

$$A(C) = 0,75 + 0,25T \text{ ANH } [20(C - 0,12)] = 0,9552 \quad [6]$$

$$\text{YURIOKA OHSHTA: CE: } 0,178\%C + 0,9552 \times \left(\frac{0,217\%Si}{24} + \frac{1,141\%Mn}{6} + \frac{0,009\%Cu}{15} + \frac{0,008\%Ni}{20} + \frac{0,024\%Cr + Cr + 0,025\%Mo + 0,022\%Nb + 0,004\%V}{5} \right) \div 5 + 5 \times 0,0012\%B = 0,3902 \%CE$$



Las ecuaciones revelan el valor del carbono equivalente del material base; hay otro valor que afecta el comportamiento del precalentamiento y es el espesor del metal base, para esta investigación se utilizó un acero ASTM A572 Gr 50 con un espesor de 5/8 de pulgada (15.875 mm) con este espesor se completa la ecuación del carbono equivalente total.

ECUACION 14

Carbono Equivalente total

$$[1+0,005*\text{Espesor en mm}] [7]$$

Entonces:

$$[1+0,005*15,875\text{mm}]=1.07975$$

ECUACION 15

$$\text{Carbono Equivalente total} = \text{CEt} = \text{CE} \times 1.07975 [7]$$

Tabla. 2: Resumen de resultados de ecuaciones con espesor material base

Fuente: Autores del proyecto

RESUMEN DEL RESULTADOS DE ECUACIONES CON ESPESOR DEL METAL BASE	
AUTORES	CARBONO EQUIVALENTE TOTAL
IIW	0,410% CEt
WES	0,408% CEt
DEARDEN O'NEILL	0,406% CEt
KIHARA SUZUKU TAMURA	0,419% CEt
STOUT	0,403% CEt
WINTERTON	0,399% CEt
BRADSTREAT	0,260% CEt
LORENZ DÜREN	0,271% CEt
KOCH BERSCH	0,269% CEt
GRAVILLE	0,367% CEt
YURIOKA OHSHITA	0,421% CEt
ITO BESSYO	0,3619% CEt

Se generaron los resultados para el carbono equivalente total, antes de dar una temperatura definitiva para el precalentamiento y temperatura entre pases, previo análisis de la ecuación de ITO BESSYO (ecuación 16) la cual contempla el diseño de la junta, el electrodo (básico o celulósico) y el espesor del material base.

ECUACION 14



$$\text{ITO BESSYO: CE: \%C} + \frac{\%Mn}{20} + \frac{\%Mo}{15} + \frac{\%Ni}{60} + \frac{\%Cr}{20} + \frac{\%V}{10} + \frac{\%Cu}{20} + \frac{\%Si}{30} +$$

$$5 \times B + \frac{H}{60} + \frac{AXT}{600}$$

Donde:

A: 1 para junta libre y 2 junta embreada

T: espesor en mm

H: Hidrogeno difusible en mL de Hidrogeno/100g de metal depositado (básicos: 5 - celulósico: 20) [6]

$$\text{ITO BESSYO: } 0,178\%C + \frac{1,141\%Mn}{20} + \frac{0,025\%Mo}{15} + \frac{0,008\%Ni}{60} + \frac{0,024\%Cr}{20} +$$

$$\frac{0,004\%V}{10} + \frac{0,009\%Cu}{20} + \frac{0,21\%Si}{30} + 5 \times 0,0012\%B + \frac{5}{60} + \frac{1 \times 15,875}{600} = 0,3619 \% \text{ de CEt}$$

METODOS PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO

El propósito es determinar métodos alternativos opcionales para determinar las condiciones de soldadura, principalmente precalentamiento, cuyo fin es reducir la probabilidad de ocurrencia de agrietamiento en frio [AWS D1.1]

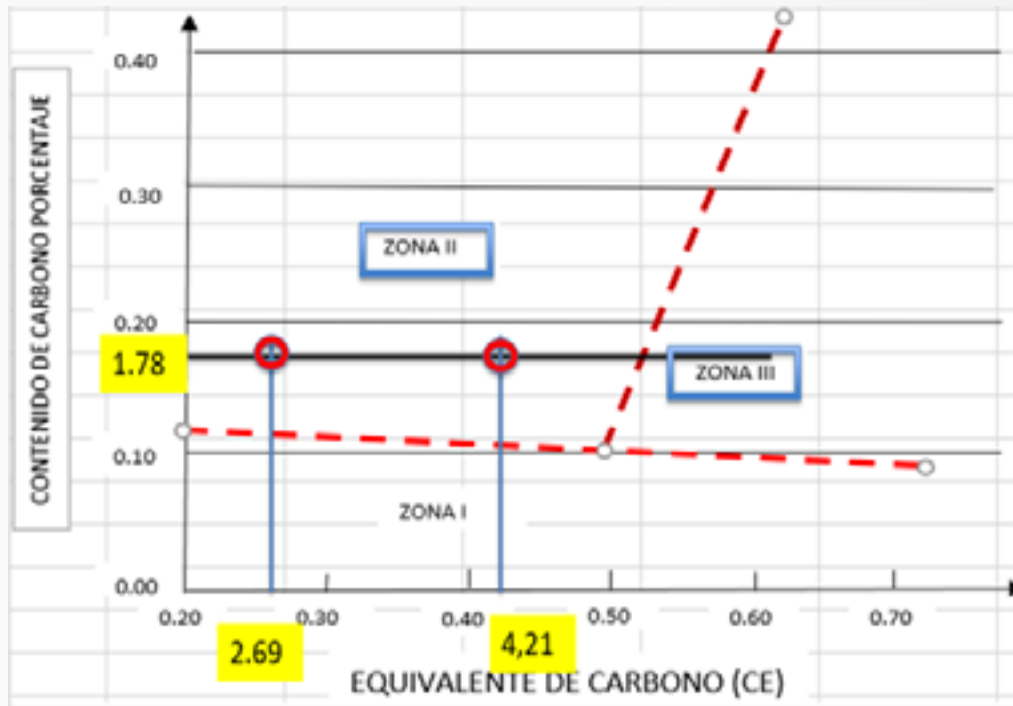
SELECCIÓN DEL METODO

Determinación del carbono equivalente conforme TABLA.2

Se ubican los valores de la tabla.2 de las ecuaciones de KOCH BERSCH y YURIOKA OHSHITA (siendo conservadores), en la figura 3.



Figura 3. zonas de clasificación de aceros



Donde:

Zona I: El agrietamiento es improbable, pero puede ocurrir con hidrógeno alto o restricción alta. Usar el método de control de Hidrógeno para determinar el precalentamiento de los aceros de esta zona.

Zona II. El método de control de dureza y la dureza seleccionada deberán ser utilizados para determinar la entrada mínima de calor para soldaduras en filete de pasada única sin precalentamiento.

Si la entrada mínima de calor no resulta práctica, use el método de control de Hidrógeno para determinar el precalentamiento. Para soldaduras en ranura, debe utilizarse el método de control de Hidrógeno para determinar el precalentamiento.

Para aceros con alto carbono, puede requerirse una entrada mínima de calor para el control de la dureza y un precalentamiento para el control de Hidrógeno en ambos tipos de soldadura, es decir, soldadura en filete y en ranura.

Zona III. Deberá usarse el método de control de Hidrógeno. Donde se restringe la entrada de calor para preservar las propiedades de la HAZ (por ejemplo, en algunos aceros templados y revenidos) deberá usarse el método de control de Hidrógeno para determinar el precalentamiento.

Se analiza que la ecuación de KOCH BERSCH, determina un punto en la Zona II y la ecuación de YURIOKA OHSHITA, determina un punto en la misma Zona II, pero con tendencia marcada a la Zona III, por tanto, se realiza en análisis de Método de control de dureza y control de Hidrógeno para determinar el precalentamiento.



MÉTODO DE CONTROL DE DUREZA

Calculo de dureza máxima

Dureza máxima= {1200*CEt}-200 ECUACION 16

Dónde: CEt Carbono equivalente total

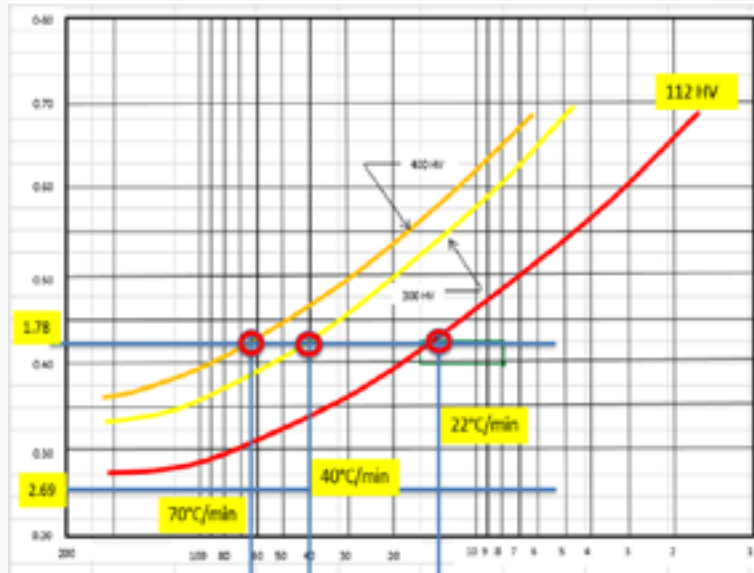
El resultado es en unidades de Hv

Tabla.3 Durezas vickers (HV)

Fuente: autores del proyecto

AUTORES	DUREZA HV MAXIMA	RESULTADOS CARBONO EQUIVALENTE
IIW	292 HV	0,41%
WES	301,6 HV	0,418%
DEARDEN O'NEILL	287,2 HV	0,406%
KIHARA SUZUKU TAMURA	302,8 HV	0,419%
STOUT	283,6 HV	0,403%
WINTERTON	278,8 HV	0,399%
BRADSTREAT	112 HV	0,26%
LORENZ DÜREN	125,2 HV	0,271%
KOCH BERSCH	122,8 HV	0,269%
GRAVILLE	240,4 HV	0,367%
YURIOKA OHSHITA	305,2 HV	0,421%
ITO BESSYO	234,28 HV	0,3619%

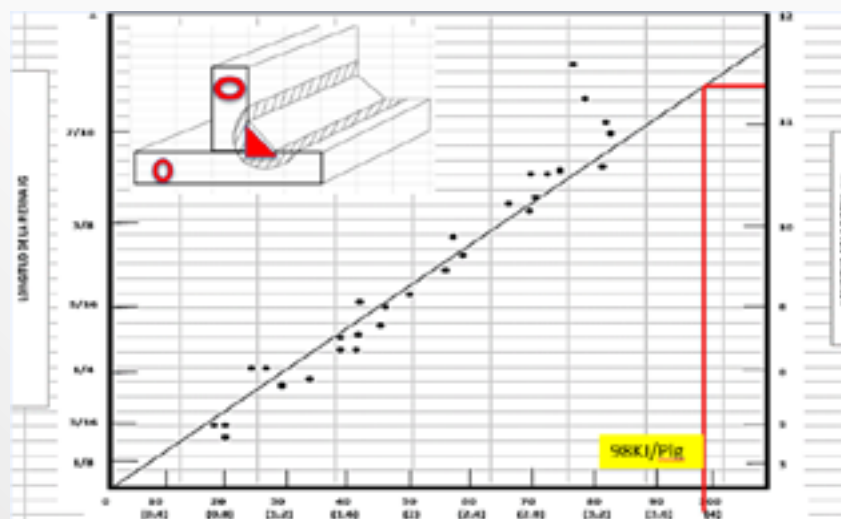
Figura 4 Rango de enfriamiento crítico para 350HV y 400HV
Fuente: AWS D1.1/autores del proyecto



Los valores determinados como velocidades de enfriamiento: mínimo de 22°C/min para una dureza de 112 HV y de 70°C para una dureza de 400HV.

Se determina el valor de 112 HV como indicador del índice de enfriamiento crítico de la ecuación de KOCH BERSCH, debido a que es el valor teórico de la dureza más baja en la Z.A.C

Figura 5 Rango de enfriamiento crítico para 350HV y 400HV
Fuente: AWS D1.1/autores del proyecto





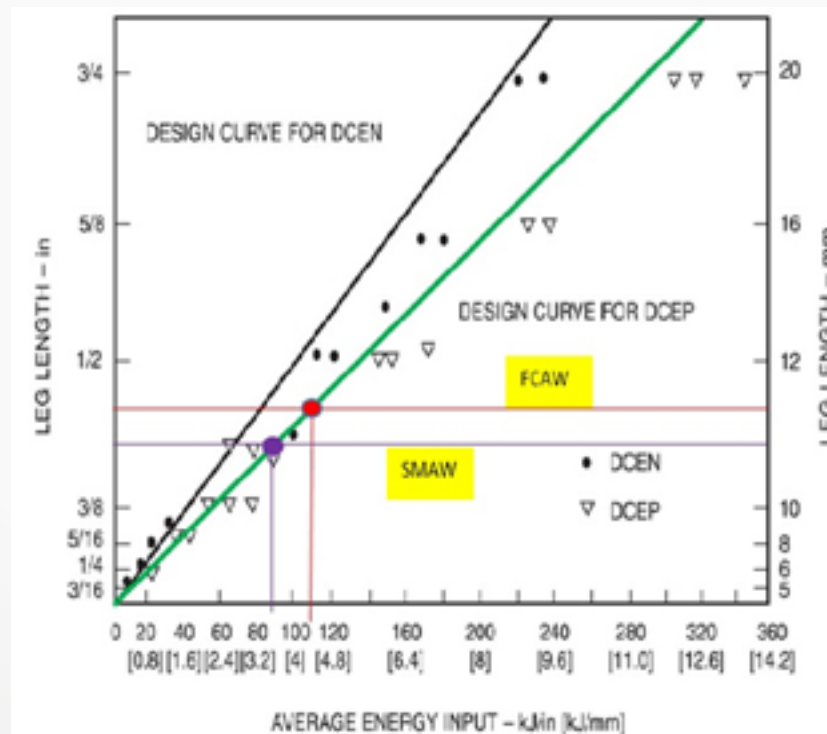
Como el espesor de brida – alma [flanched – flange] son iguales a 5/8 de pulgada, se determina la entrada mínima de energía con la figura 5 y con la aplicación de los factores de corrección, de 1.5 para proceso SMAW y de 1.2 para FCAW se estima que el calor de entrada para SMAW es de 112 KJ/pulgada y para FCAW de 91 KJ/ pulgada; para la junta selecciona y en la progresion ascendente.

En la tabla 4, se proyecta el parametro de amperaje conforme a la estimacion de la entrada de calor para los procesos de soldeo SMAW y FCAW.

Tabla.4 factor de corrección
Fuente: autores del proyecto

Proceso SMAW	Proceso FCAW
170 A Máximo	150 A Máximo

Figura 6 Determinación de la longitud de la pierna del filete
Fuente: AWS D1.1/autores del proyecto



Para definir el tamaño de la pierna (lados opuestos y adyacentes a la soldadura de filete triangular, la longitud de la pierna generalmente se designa como el tamaño de la soldadura). En función del calor de entrada promedio, en la figura 6 indica un valor inferior a 1/2 pulgada tanto para FCAW como para SMAW, en condiciones normales de trabajo con depósitos de electrodos AWS EXX18 y AWS ERXXT, para diámetros comerciales y en progresión ascendente, el tamaño mínimo obtenido siempre es mayo a 1/2 pulgada por deposito, por tanto el valor definido para este proyecto será de 1/2 pulgada.



METODO DE CONTROL DE HIDROGENO

Determinación del parámetro de composición

$$PCM = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$$

ECUACION 17

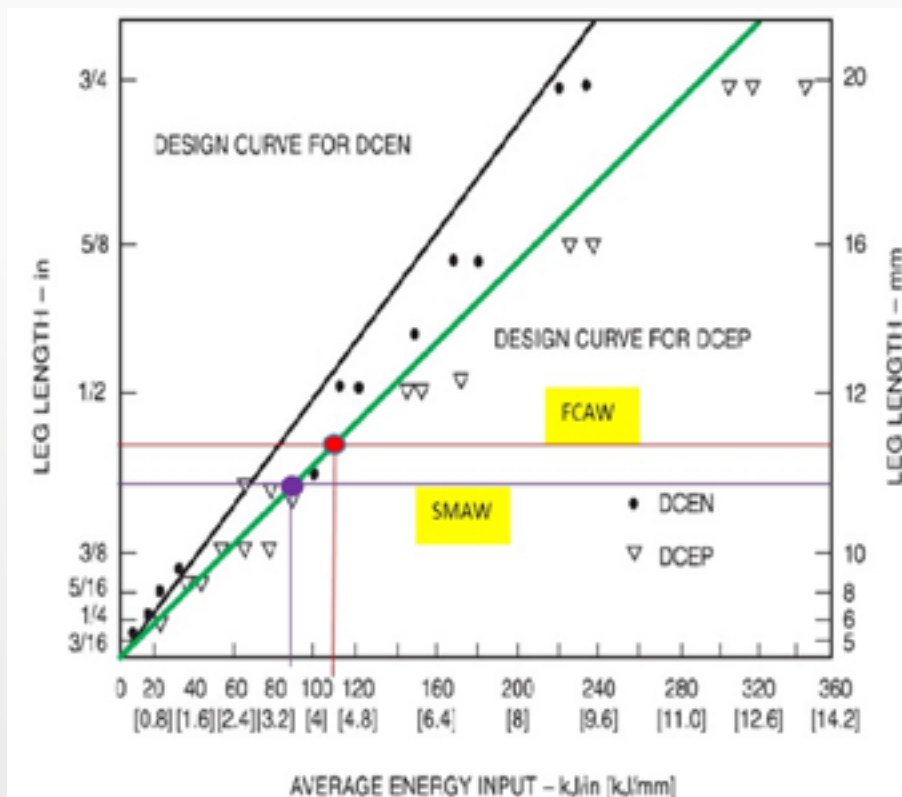
PCM de 1.85, conforme a los datos suministrado por el laboratorios de analisis quimico del Centro de Materiales y Ensayo.

Los electrodos empleados fueron, basico bajo hidrogeno y FCAW empelados con Hidrogeno difusible menor a 5mL/100g.

La restriccion se considera media. Este nivel describe el filete y ranuras soldadas en las cuales, debido a los miembros ya unido al trabajo estructural, una libertad reducida de movimiento existe.

tabla.5 indica el índice de susceptibilidad como función del nivel de hidrogeno "H" y el parámetro de composición dando como resultado son expresados en índice de susceptibilidad B, tabla 5.

Tabla 5 índice de susceptibilidad
Fuente: AWS D1.1/autores del proyecto





Agrupamiento del índice de susceptibilidad					
Equivalente del carbono PCM					
Nivel de hidrogeno. H	<0,18	<0,23	<0,28	<0,33	<0,38
H1	A	B	C	D	E
H2	B	C	D	E	F
H3	C	D	E	F	G

Tabla. 6 Temperaturas mínimas de precalentamiento y entre pasadas para tres niveles de restricción

Fuente: AWS D1.1/autores del proyecto

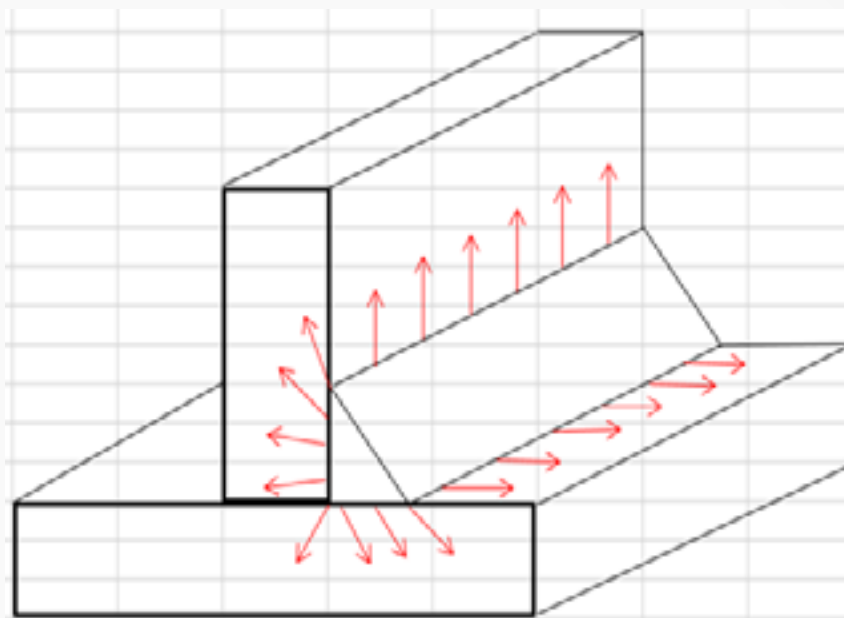
nivel de restricción	Espesor pulgadas	temperatura mínima de precalentamiento y entre pasadas (°F)						
		Agrupación del índice de susceptibilidad						
		A	B	C	D	E	F	G
bajo	< 3/8	< 65	< 65	< 65	< 65	140	280	300
	3/8-3/4 incl	< 65	< 65	65	140	210	280	300
	>3/4-1<1/2 incl	< 65	< 65	65	175	230	280	300
	>1-1/2-3 incl	65	65	100	200	250	280	300
	> 3	65	65	100	200	250	280	300
medio	< 3/8	< 65	< 65	< 65	< 65	160	280	320
	3/8-3/4 incl	< 65	< 65	65	175	240	290	320
	> 3/4-1-1/2 incl	< 65	65	165	230	280	300	320
	> 1-1/2-3 incl	65	175	230	265	300	300	320
	> 3	200	250	280	300	320	320	320
Alto	< 3/8	< 65	< 65	< 65	100	230	300	320
	3/8-3/4 incl	< 65	65	150	220	280	320	320
	>3/4-1-1/2 incl	65	185	240	280	300	320	320
	> 1-1/2-3 incl	240	265	300	300	320	320	320
	> 3	240	265	300	300	320	320	320



La temperatura mínima de precalentamiento y promedio de sostenimiento entre pases será entonces de 65°F, equivalente a 19°C.

La junta se comporta como disipador térmico con dos aletas, con sentido de transferencia de calor por conducción como se muestra en la figura 7.

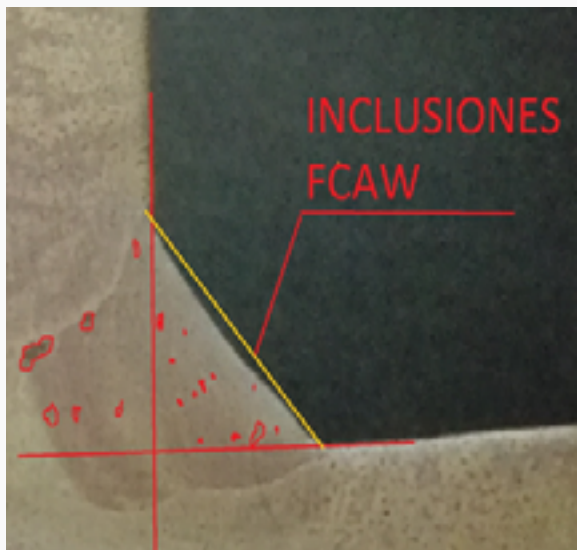
Figura.7 Fenómeno de enfriamiento en junta en t
Fuente: autores del proyecto





RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 8 Macrografía filete con proceso FCAW a 50X
Fuente: autores del proyecto



Las inclusiones presentan preferencia en su ubicación sobre las interfaces de los cordones de soldadura, con distribución a lo largo de las isothermas de enfriamiento de los depósitos de soldeo, tanto para los procesos FCAW como SMAW

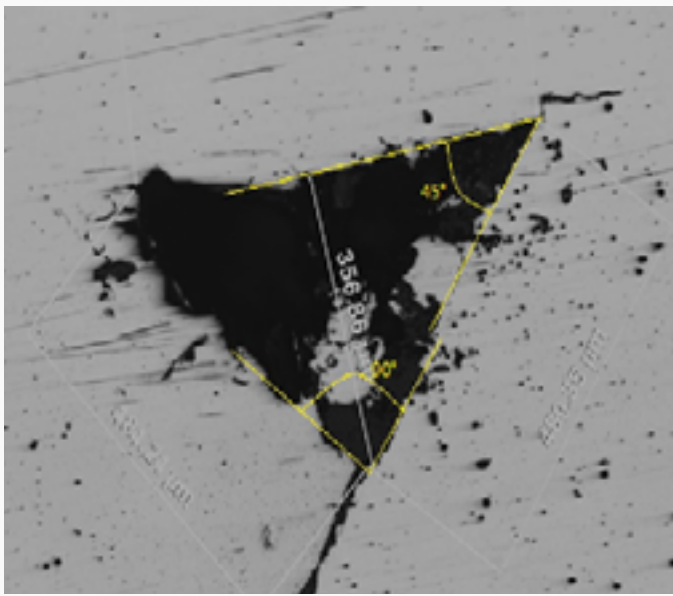
Figura 9 Macrografía filete con proceso SMAW a 50X
Fuente: autores del proyecto



Las inclusiones para el proceso SMAW, presenta predisposición a ubicaciones de la raíz de la junta y sobre las interfaces de los cordones de soldadura, con distribución a lo largo de las isothermas de enfriamiento de los depósitos de soldeo

Figura 9 Micrografía de inclusion a 100X

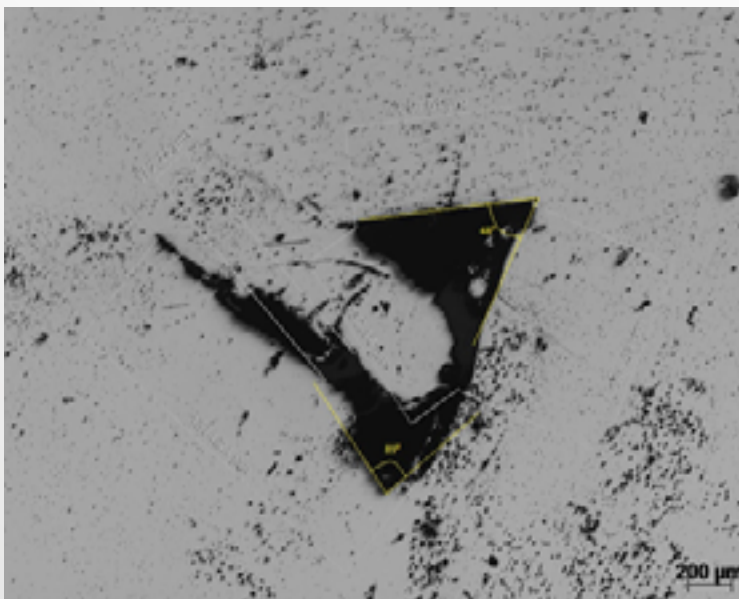
Fuente: autores del proyecto



Las morfologías, analizadas son volumétricas, con aristas tridimensionales en ángulos definidos desde 42° a 45° y de 80° a 125° , formado triángulos escalenos. Los tamaños están comprendidos 25micrometros hasta 1200 micrómetros. Tanto para las inclusiones formadas por procesos FCAW como FCAW.

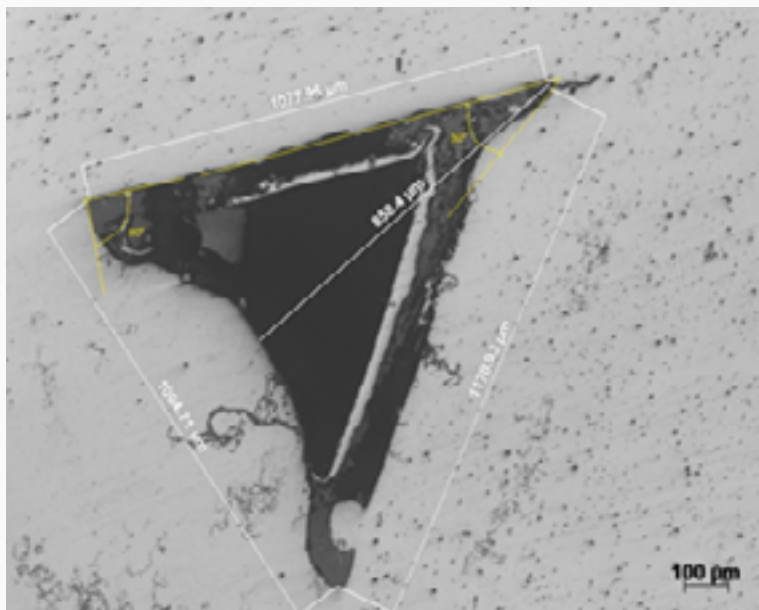
Figura 10 Micrografía de inclusion a 100X

Fuente: autores del proyecto



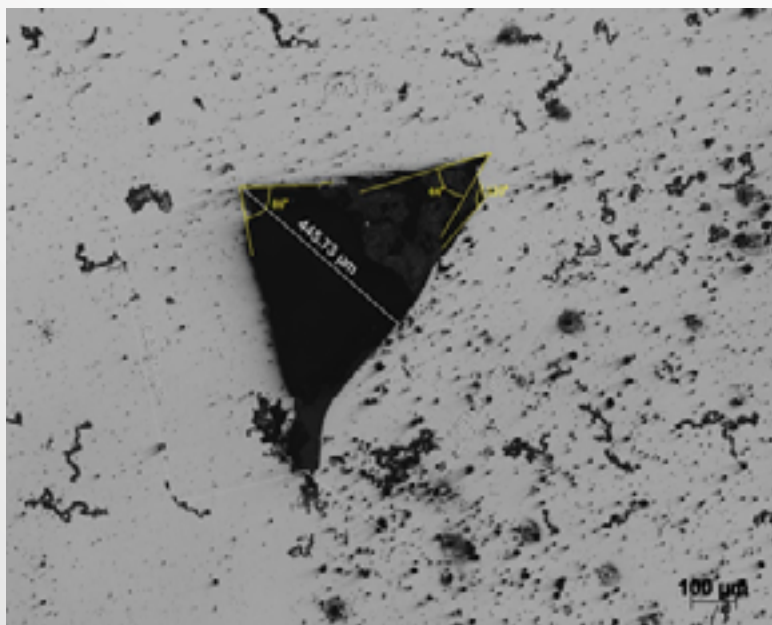
Las inclusiones típicas exhiben morfología de golfo, encerrado por cabos de inclusiones, las cuales presentan bordes angulares de 43° a 98° Tanto para las inclusiones formadas por procesos FCAW como FCAW.

Figura 11 Micrografía de inclusión a 100X
Fuente: autores del proyecto



Es predominante la formación de triángulos escalenos, con bordes angulares, sobre vértices. Se aprecia que sobre los lados, se desarrollan golfos de metal de soldadura. Tanto para las inclusiones formadas por procesos FCAW como FCAW

Figura 12 Micrografía de inclusión a 100X
Fuente: autores del proyecto



Es constante la morfología triángula, con vértices angulares Tanto para las inclusiones formadas por procesos FCAW como FCAW.



Las variables que nuclean las inclusiones son en su orden de impacto; humedad, la cual está presente en la calamina del proceso de laminación de aceros estructurales, debido a que es un óxido ferroso férrico hidratado.

Pintura y anticorrosivos, los cuales en las uniones en montaje no son removidas del área a soldar.

Humedad en el revestimiento de electrodos AWS E 7018, por deficiencia en el acondicionamiento y manipulación de los mismos.

Ángulos de avance y de trabajo fuera de los rangos calificados en el WPS, para procesos FCAW y SMAW.

Carencia de WPS.

La inclusiones analizadas, son nucleadas en su mayoría por la acción química entre el oxígeno con los elementos aleantes con preferencia por el Fe, Si, Mn, en este orden, produciendo compuestos Inter metálicos, tipo óxidos y silicatos complejos, los cuales tienen puntos de fusión y durezas altos, que en juntas en servicio producen micro fisuras, las cuales bajo las acciones de los flujos de cargas transmitidos por los elementos estructurales, se embridan, propagan y crecen, hasta el colapso de la estructura.

Las morfologías, analizadas son volumétricas, las morfologías, analizadas son volumétricas, con aristas tridimensionales en ángulos definidos desde 42° a 45° y de 80° a 125°, formado triángulos escalenos. Los tamaños están comprendidos 25micrometros hasta 1200 micrómetros. Tanto para las inclusiones formadas por procesos FCAW como FCAW.

La hidratación de los compuestos no se pudo determinar, debido a que, en los procesos de preparación de los ítems de ensayo, se emplearon equipos con refrigeración por agua, enmascarando de esta forma las moléculas que hidratarían a los compuestos, óxidos y silicatos complejos.

AGRADECIMIENTOS A:

SENA Centro de Materiales y Ensayos

Ing. María Camila Rico

Ing. Fabián Mayorga

Ing. Mauro Hernández

Diseñador. Miguel Parra

CONCLUSIONES

Los autores, concluyen parcialmente que de los factores analizados en los WPS, para FCAW y SMAW, en la nucleación de los compuestos de las inclusiones, esta de manera significativa el amperaje y el voltaje, que derivan en calores de entrada, que aumentan la temperatura del ensamble y de las zonas adyacentes, que en pases sucesivos, disminuyen la relación de enfriamiento, creando charcos de fusión elipsoides que demoran en su enfriamiento, provocando así, dos fenómenos, uno la nucleación y otro, su crecimiento.

REFERENCIAS

Fuente:

[1] Autores del proyecto

[2] Trabajo investigación para optar por el título de ingeniero mecánico desarrollado por Oscar Ricardo Monsalve (Universidad Santo tomas, división de ingeniería, Bogotá, 2014)

[3] Investigación desarrollada por la empresa CHÍA PEÑALOSA INGENIERÍA por RICARDO BYRON GALLEGLO LOZANO, Bogotá agosto del 2014

[4] Revista Información tecnológica versión On-line ISSN 0718-0764 Inf. tecnol. vol.25 no.1 La Serena 2014



[5]. Ecuación (<https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>)

[6] TRATAMIENTO TERMICO DE SOLDADURA

TERMO SOLDEX S.A.

ING. SERGIO G. LAUFGANG

PG. 43

[7] ING PATARROYO

[8] AWS D1.1/D1.1M:2015 CODIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL-ACERO

CARACTERIZACION MORFOLOGICA DE INCLUSIONES ENJUNTAS SOLDADAS DE TUBERIAS DE ACERO ASTM EN ACERO A36 REALIZADAS POR PROCESO SMAW MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS ESPECIFICADOS Trabajo investigativo desarrollado por el estudiante Oscar Ricardo Monsalve (Universidad Santo tomas 2014)

ELABORACIÓN DE WPSs, PQRs Y WPQ PARA LA EMPRESA CHÍA Investigación desarrollada por RICARDO BYRON GALLEGO LOZANO RICARDO BYRON GALLEGO LOZANO BOGOTÁ, AGOSTO DE 2014

METODOLOGÍAS PARA EL ESTUDIO DE SOLDABILIDAD EN UNIONES SOLDADAS revista Información tecnológica versión On-line ISSN 0718-0764 Inf. tecnol. vol.25 no.1 La Serena 2014.



III SEMINARIO DE JOYERÍA TALLA Y BISUTERÍA

29 DE OCTUBRE DE 2019





CONFERENCIAS - JOYERÍA Y BISUTERÍA

CERTIFICACIÓN DE ESMERALDAS EN COLOMBIA

Conferencista: Luis Gabriel Angarita

INTERNET DE LAS COSAS

Conferencista: Guillermo Vega Cortes

TÉCNICAS DE ORFEBRERÍA PREHISPÁNICA

Conferencista: Maday Romero Martinez- Centro de Materiales y Ensayos

HABITAT A VIVE COMPANY

Conferencista: José Isaí Santamaría

SOCIALIZACIÓN DE LOS SERVICIOS TECNOLOGICOS DEL CENTRO DE MATERIALES Y ENSAYOS

Mauro Enrique Hernandez Castillo
Sena, Centro de Materiales y Ensayos

TALLERES - JOYERÍA Y BISUTERÍA

TALLER DE VITROFUSIÓN

Ejecutante Ricardo Silva calixto del Centro de Materiales y Ensayos

TALLER TÉCNICAS DE ORFEBRERÍA PREHISPÁNICA

Ejecutante Maday Romero Martinez



PONENCIAS - JOYERÍA Y BISUTERÍA

29 DE OCTUBRE DE 2019



LO QUE SE ESCONDE DETRÁS DEL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE JOYAS

LEIDY VEGA RODRIGUEZ

Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. Centro de Formación en Diseño, Confección y Moda. Grupo de Investigación INAMOD.

E-mail: lyvega@sena.edu.co. Itagüí, Antioquia.

JORGE HUMBERTO SÁNCHEZ

Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. Centro de Formación en Diseño, Confección y Moda. Grupo de Investigación INAMOD.

E-mail: jhsanchezt@sena.edu.co. Itagüí, Antioquia

LAURA MUÑOZ MESA

Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. Centro de Formación en Diseño, Confección y Moda. Grupo de Investigación INAMOD.

E-mail: lamunozm@sena.edu.co. Itagüí, Antioquia

RESUMEN

La joyería fusiona los métodos tradicionales, utilizados por artesanos, con los procesos productivos actuales, con el fin de imprimir diferenciación y exclusividad a los productos, haciendo énfasis en la calidad de los detalles. Generalmente, se utilizan distintos materiales (oro, plata, cobre, bronce, zinc, níquel, cobalto, aluminio), que se combinan en diferentes grados de aleación y se procesan, según el producto a elaborar, mediante fundición, forjado, soldado, modelado, fileteado, cincelado... que complementan con engaste de piedras preciosas y semipreciosas y perlas de gran calidad y textura.

En Colombia, la industria de la joyería está constituida principalmente por pequeños establecimientos, comercios y talleres de carácter familiar, que se caracterizan por su alto contenido artesanal, con una infraestructura inadecuada, con ausencia de normas de producción estandarizadas o con incongruencia con las normas de calidad y limitado cumplimiento de las regulaciones ambientales, sanitarias y de seguridad laboral, lo que conlleva a que en ocasiones no cumplan con buenas prácticas de manufactura.

Las Buenas Prácticas de Manufactura son la base para el cuidado integral y constituyen un conjunto de principios básicos implementados con el objetivo de garantizar la producción bajo condiciones adecuadas, mientras se disminuyen los riesgos y vulnerabilidades propias de este oficio. Por ello, los joyeros no solo deben tener imaginación, alguna habilidad artística o buena coordinación mano-ojo, sino que deben tener conocimiento tanto en el uso correcto de herramientas y equipos como en el uso y disposición adecuada de materiales y químicos utilizados para fabricar, reparar, limpiar y/o restaurar piezas de joyería.

En este estudio se analizaron los principales riesgos asociados a la producción de piezas de joyería, relacionados con condiciones sociales y ambientales, de manera que los joyeros, estudiantes y empresarios, tengan una visión clara y una herramienta de aprendizaje de cómo prevenir o actuar frente a alguna contingencia, que les permita garantizar su salud y bienestar, mientras se reducen los impactos medioambientales.

PALABRAS CLAVE

Buenas prácticas de manufactura; Industria de Joyería; protocolos de actuación; riesgos laborales; salud y bienestar.



ABSTRACT

The jewelry merges the traditional methods, used by artisans, with the current production processes, in order to print differentiation and exclusivity to the products, emphasizing the quality of details. Normally, different materials are used (gold, silver, copper, bronze, zinc, nickel, cobalt, aluminum), which are combined in different grades of alloy and processed, according to the product to be made, by casting, forged, welded, modeled, filleting, chiseled ... that complement with a setting of precious and semiprecious stones and pearls of great quality and texture.

In Colombia, the jewelry industry is mainly made up of small businesses, businesses and workshops of a family nature, which are characterized by their high artisanal content, with inadequate infrastructure, with the absence of standardized production standards or in inconsistency with the standards of quality; which means that sometimes they do not comply with good manufacturing practices.

Good Manufacturing Practices are the basis for comprehensive care and constitute a set of basic principles implemented with the objective of guaranteeing production under appropriate conditions, while reducing the risks and vulnerabilities of this trade. Therefore, jewelers must not only have imagination, some artistic ability or good hand-eye coordination, but must have knowledge both in the correct use of tools and equipment and in the proper use and disposal of materials and chemicals used to manufacture, repair, clean and / or restore jewelry pieces.

In this study we analyzed the main risks associated with the production of jewelry pieces, related to social and environmental conditions, so that jewelers, students and entrepreneurs, have a clear vision and a learning tool on how to prevent or act against some contingency, which allows them to guarantee their health and well-being, while reducing environmental impacts.

INTRODUCCIÓN

La industria joyera colombiana se caracteriza por ser diversa, con tradición ancestral y con una amplia oferta que va desde piezas únicas hasta la producción a gran escala, trabajadas con materiales como oro, plata, esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas, semillas, entre otros materiales autóctonos (Ministerio de Comercio Industria y Turismo & Procolombia, 2018). Pese a que ha conquistado el mercado externo, este sector es considerado como informal debido a su baja escala (talleres de carácter familiar), bajo nivel de organización, insuficiente nivel de capitalización y producción, tecnología artesanal, ausencia de relaciones laborales formales, ausencia de normas de producción estandarizados o con incongruencia con las normas de calidad y limitado cumplimiento de las regulaciones ambientales, sanitarias y de seguridad laboral (Cámara de Comercio de Bogotá D.C. & Artesanías de Colombia S.A., 2014; Ministerio de Comercio Industria y Turismo & Procolombia, 2018).

No es un secreto que el desarrollo de cualquier actividad productiva provoca alteraciones o modificaciones favorables o desfavorables en el medio ambiente o en alguno de sus componentes. Trabajar con piedras, metales preciosos y agentes químicos para la creación de joyas de calidad, no es la excepción. La industria joyera es consciente del gran impacto que tiene en el medio ambiente; sin embargo, son pocas las acciones que sigue para la producción sostenible, respetuosa con la naturaleza y los trabajadores.

La identificación y valoración de los impactos producto de los diferentes procesos productivos en los oficios de Joyería y bisutería es indispensable para poder diseñar las medidas de manejo necesarias para evitarlos, controlarlos, mitigarlos y/o compensarlos, haciendo énfasis en los aspectos relacionados con el manejo y disposición final de residuos y la salud y bienestar de los artesanos y joyeros (Divya N. M. & K, 2018).

La implementación de principios básicos de buenas prácticas de manufactura garantiza una producción segura y sostenible, bajo condiciones adecuadas, mientras se disminuyen los riesgos y vulnerabilidades propias de este oficio. Por ello, los joyeros no solo deben tener imaginación, alguna habilidad artística o buena coordinación mano-ojo, sino que deben tener



conocimiento tanto en el uso correcto de herramientas y equipos como en el uso y disposición adecuada de materiales y químicos utilizados para fabricar, reparar, limpiar y/o restaurar piezas de joyería.

En este artículo se analizan los principales riesgos asociados a la producción de piezas de joyería y su repercusión en condiciones sociales y ambientales. Se espera que con este documento, los joyeros, estudiantes y empresarios, tengan una visión clara y una herramienta de aprendizaje de cómo prevenir o actuar frente a alguna contingencia, de manera que se propicie ambientes de trabajo más seguros, eficientes y agradables, que garantice la salud y bienestar de los joyeros, mientras se reducen los impactos medioambientales.

¿CÓMO SE HACEN LAS JOYAS?

La joyería fusiona los métodos tradicionales, utilizados por artesanos, con los procesos productivos actuales, con el fin de imprimir diferenciación y exclusividad a los productos, haciendo énfasis en la calidad de los detalles y en los requerimientos del cliente (Untracht, 2011). Se utilizan metales nobles, piedras preciosas y semipreciosas, y perlas de gran calidad y textura, los cuales se procesan a través de procesos físico-químicos (Cámara de Comercio de Bogotá D.C. & Artesanías de Colombia S.A., 2014; Ministerio de Comercio Industria y Turismo & Procolombia, 2018). A diferencia de la joyería, para elaborar bisutería suelen utilizarse metales no preciosos (peltre, cobre, bronce, zinc, níquel, cobalto, aluminio, antimonio, hierro), piedras de imitación o plásticas, que se aserran, moldean y ensamblan mediante soldadura u otros métodos de conexión, según el producto a elaborar (Cámara de Comercio de Bogotá D.C. & Artesanías de Colombia S.A., 2014; Ministerio de Comercio Industria y Turismo & Procolombia, 2018). Sin embargo, estas dos formas de producir joyas y/o accesorios, convergen en la combinación de la habilidad técnica, la concepción estética y los principios de diseño y tendencias (Mcgrath, 2007; Untracht, 2011).

Los principales procesos y/o actividades que se desarrollan en la elaboración de joyas, se describen en la Fig. 1.

Fig. 1. Principales procesos en la fabricación de joyas.

Elaborado a partir de (Arbaiza, Llerena, Palomino, Rivas, & Monggo, 2012; Artesanías de Colombia S.A. & Ministerio de Comercio Industria y Turismo, 2012; Mcgrath, 2007)





Los anteriores procesos implican la manipulación de herramientas manuales (martillos, alicates, tijeras, anviles, abrazaderas, cizallas, herramientas de corte y aserrado, punzones, limas, etc.), máquinas y equipos (laminadoras, pulidoras, sopletes, hornos, limpiador ultrasonido) y agentes químicos (soldadura de metal, flujo de bórax, solución de decapado (un ácido débil), resinas poliméricas, yeso, ácido nítrico...) (Interweave Jewelry Group, 2012; Mcgrath, 2007; Untracht, 2011).

RIESGOS ASOCIADOS A LA ELABORACIÓN DE JOYAS

La joyería es uno de los sectores que presenta mayores problemas de sostenibilidad, principalmente en los pilares social y ambiental, debido a que las prácticas adoptadas en la industria, no son responsables con el cuidado del medio ambiente ni garantiza condiciones de trabajo adecuadas.

Dentro de los talleres de joyería se presentan riesgos generados por agentes físicos, químicos, psicológicos y ambientales, como consecuencia de la alta manipulación de herramientas manuales y equipos mecánicos y/o uso de agentes químicos (caracterizados por ser, en su mayoría, tóxicos, corrosivos y alérgenos) (Mauro, Fisher, Korpan, & Medrano, 2015). Muchos joyeros tienen niveles muy altos de habilidad visual, física y cognitiva, así como la capacidad para el uso de herramientas y equipos, pero no tienen suficiente conocimiento de los peligros a los que están expuestos y en ocasiones no cuenta con las condiciones locativas para minimizarlos, debido a que en ocasiones funcionan en los hogares y por ende no siguen buenas prácticas en el manejo de agentes químicos, aun cuando se utilizan en todos los procesos (limpieza, acabado, grabado, enchapado, anodizado, decapado, sellado, esmaltado, trabajo con cera, fundición, inversión). En la Tabla 1 se mencionan los principales riesgos a los que están sometidos los joyeros-artesanos en su quehacer.



Tabla 1. Principales riesgos asociados a la fabricación y/o reparación de joyas.

Elaborado a partir de (Arbaiza et al., 2012; Divya N. M. & K, 2018; Donagi, Alexander and Aladjem, 1999; Ruiz, Carmona, Bolívar, & López, 2017; Weber, 2011).

Riesgos Físico-químicos	Lesiones por contacto con superficies calientes, llamas y salpicaduras o gotas de metal fundido
	Afecciones cutáneas por contacto con materiales o sustancias nocivas (dermatitis ocupacionales)
	Exposición a polvos metálicos o humos de cera
	Exposición a ruido / vibraciones (síndrome vibratorio mano-brazo)
	Inhalación de sustancias nocivas y vapores (síndrome de disfunción de las vías aéreas)
	Afecciones oftalmológicas por poca iluminación
	Quemaduras químicas como resultado de salpicaduras de productos químicos corrosivos en particular ácidos fuertes o mezclas de ácidos y soluciones oxidantes (por ejemplo, mezclas de ácido sulfúrico / nítrico o sulfúrico / crómico)
Riesgos Mecánicos	Atrapamiento y/o aplastamiento por partes móviles de maquinaria
	Cortes, laceraciones, raspaduras e incrustaciones
	Golpe por objetos o herramientas
	Explosión/ incendio: atmósfera inflamable
	Exposición a vapores metálicos o polvos de plata, oro, zinc, plomo, estaño,
	Proyección de escorias calientes/ chispas
Riesgos ambientales	Vertimiento de productos químicos tóxicos, corrosivos y peligrosos.
	Disposición inadecuada de residuos peligrosos



Riesgos ergonómicos	Lesiones osteomusculares
	Esguinces
	Trastornos traumáticos acumulativos, incluido el síndrome del túnel carpiano, causados por un trabajo repetitivo prolongado
	Calambre ocupacional de mano o de antebrazo.
	Estrés psicológico
Riesgos locativos	Caídas de estructuras existentes
	Caída de objetos o materiales transportados
	Caída de personas por desnivel o al mismo nivel
	Contacto con energía eléctrica
	Golpe con o contra algo
	Lesión y/o corte en las manos o pies
	Tropezones / resbalones

RECOMENDACIONES

Crear el espacio adecuado para trabajar puede marcar la diferencia; por ello, las buenas prácticas empiezan con un lugar de trabajo adecuado, es decir, en las condiciones locativas. El banco de un joyero es el corazón del taller. El uso de bancos de joyería más ergonómicamente correctos elimina en gran parte la tensión y las molestias causadas por pasar largos períodos inclinándose sobre un banco de trabajo en una posición (Mauro et al., 2015). Sin embargo, no es la única medida que se puede adoptar. A continuación, se describen algunas medidas preventivas de acuerdo al tipo de riesgo que se quiere minimizar (Arbaiza et al., 2012; Mauro et al., 2015; U. S. Consumer Product Safety Commission, n.d.; Untracht, 2011; Weber, 2011; Wilson, 2010):

>Riesgos Mecánicos

- Entrenamiento en manejo de herramientas y equipos, que incluya capacitación sobre peligros, procedimientos de seguridad y respuesta ante emergencias asociadas a sus actividades.
- Cumplimiento de protocolos, secuencias de mantenimiento y puesta a punto de máquinas y equipos

>Riesgos Ergonómicos

- Estaciones de trabajo basadas en principios ergonómicos que permita una adecuada y fácil manipulación de los materiales.
- Realización de pausas activas. ante emergencias asociadas a sus actividades.

>Riesgos Físico-químicos

- Limitación del uso de los productos nocivos y sustitución por otros menos peligrosos considerando los riesgos de incendio, explosión y la compatibilidad química de los materiales.



- Implementación de procedimientos de manejo de materiales (productos químicos y sus desechos, combustibles líquidos y gaseosos, aguas residuales, lodos e insumos peligrosos o nocivos).
- Capacitación y disposición de las hojas de datos de seguridad de los materiales.
- Uso de elementos de protección personal: vestimenta, botas de seguridad y gafas protectoras, guantes adaptados a la tarea realizada, máscara de protección respiratoria.

>Riesgos Locativos

- Preferencia por piso antideslizante, impermeable, químicamente resistente y ligeramente inclinado hacia un canal de drenaje.
- Señalización de áreas, equipos y máquina.
- Instalación de sistemas de ventilación y extracción del aire.
- Uso de sistema de extinción de incendios y estación de lavado de ojos.
- Almacenamiento seguro y ordenado de insumos químicos peligrosos.
- Adecuada iluminación por múltiples fuentes de luz, de acuerdo a cada proceso.

>Riesgos Ambientales

- Control y monitoreo en el vertimiento de agentes químicos y de metales preciosos.

Es fundamental que el joyero-artesano reconozca los peligros potenciales y tome medidas razonables, teniendo en cuenta el orden de prioridad (Arbaiza et al., 2012; International Labour Office, 2001):

1. Eliminación del peligro, modificando la actividad del proceso de trabajo (por ejemplo, sustituyendo productos químicos por otros menos peligrosos).
2. Control del peligro en el punto donde comienza (incluyendo ventilación de extracción local, salas de aislamiento, protección de máquinas o aislamiento acústico y control de ruido).
3. Disminución del peligro mediante el diseño de sistemas de trabajo seguros y medidas administrativas (que incluyen la provisión de información como hojas de datos de seguridad, rotación de trabajo, capacitación de procedimientos de trabajo seguros, monitoreo del lugar de trabajo, limitación de la exposición o duración del trabajo y uso de elementos de protección personal).

En conclusión, la combinación de ambientes de trabajos más seguros y ordenados, la implementación de elementos de protección personal (EPPs) y la adopción de procesos eficientes y de calidad son la garantía para la minimización de los riesgos en la joyería.

CONCLUSIONES

En general, los principales peligros asociados con las actividades de fabricación de joyas, se derivan del uso de maquinaria y equipo móvil, almacenamiento y manipulación de productos químicos, exposición a humos excesivos, partículas en el aire, niveles de ruido y temperatura, y/o iluminación y ventilación inadecuadas y actividades de esfuerzo repetitivo.

Una cultura preventiva de salud y seguridad y el conocimiento de las precauciones esenciales en el lugar de trabajo son las únicas soluciones perceptibles para reducir los riesgos laborales y tener beneficios de productividad, puesto que conllevan a reducciones en lesiones y enfermedades y mejoras en la motivación y el desempeño del personal. La ignorancia hacia prácticas seguras causa graves dolencias a largo plazo que afectan directamente la productividad y la eficiencia de los trabajadores, a veces forzándolos a jubilaciones anticipadas.

Por todo lo anterior, se hace necesario que los joyeros comprendan los peligros asociados con cada producto químico / herramienta / máquina, lo cual le permitirá adoptar estrategias para minimizar estos peligros, tener procedimientos seguros



para cada proceso de trabajo (es decir... aserrar, soldar, pulir, etc.), asegurando de que se siga cada proceso de trabajo y que no se tomen atajos.

REFERENCIAS

Arbaiza, L., Llerena, C., Palomino, C., Rivas, A., & Monggo, V. (2012). Modelo de seguridad y salud ocupacional para los sectores joyería y bisutería. (Universidad ESAN, Ed.). Lima, Perú: Esan ediciones.

Artesanías de Colombia S.A., & Ministerio de Comercio Industria y Turismo. (2012). Identificación y valoración de impactos ambientales para los oficios de alfarería y joyería. Bogotá D.C. Colombia. Retrieved from <https://repositorio.artesantiasdecolombia.com.co/bitstream/001/3779/18/INST-D 2012. 38.pdf>

Cámara de Comercio de Bogotá D.C., & Artesanías de Colombia S.A. (2014). Caracterización Sector joyero y Bisutero en Bogotá. Retrieved from <https://repositorio.artesantiasdecolombia.com.co/bitstream/001/3880/29/INST-D 2014. 13. 9.pdf>

Divya N. M., & K, D. P. A. (2018). Occupational Hazards Plaguering Jewellery Workers: A Review. 2018, 5(3), 34–37.

Donagi, Alexander and Aladjem, A. (1999). Encyclopaedia of Occupational Health and Safety 4th Edition. Retrieved October 13, 2019, from <http://www.ilocis.org/documents/chpt103e.htm>

International Labour Office. (2001). Ambient factors in the workplace. An ILO code of practice. New Political Economy (Vol. 15).

Interweave Jewelry Group. (2012). The Illustrated Guide to Jewelry Making Tools.

Mauro, C. L., Fisher, E., Korpan, D., & Medrano, P. A. (2015). Ergonomic redesign of a traditional jewelry-polishing workstation. *Ergonomics in Design*, 23(1), 4–12. <https://doi.org/10.1177/1064804614562215>

Mcgrath, J. (2007). The complete Jewelry Making Course. Quarto Publishing plc.

Ministerio de Comercio Industria y Turismo, & Procolombia. (2018). Manual de Joyería y Bisutería 2018. Retrieved from <http://www.procolombia.co/publicaciones/manual-de-joyeria-y-bisuteria-2018>

Ruiz, J. A., Carmona, M. E., Bolívar, W., & López, C. A. (2017). Valoración de emisiones en los procesos de refinación del oro en joyería y recomendaciones de gestión ambiental. *Espacios*, 38(46), 12.

U. S. Consumer Product Safety Commission. (n.d.). Art and Craft Safety Guide. Retrieved from <https://www.cpsc.gov/s3fs-public/5015.pdf>

Untracht, O. (2011). Jewelry concepts and technology. Doubleday. Retrieved from https://books.google.es/books?id=kqZ1-HM9MBwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Weber, A. (2011). Encyclopaedia of Occupational Health & Safety. Retrieved October 13, 2019, from <https://www.iloencyclopaedia.org/part-xvii-65263/entertainment-and-the-arts/arts/jewellery>

Wilson, J. (2010). Ergonomics for Jewelry Makers. *ArtJewelry Magazine*, 46–49.



DESARROLLO DE UNA ALEACIÓN EN PLATA DE BAJA OXIDACIÓN PARA APLICACIÓN EN EL SECTOR JOYERO

Juan Manuel Getiva Ardila, SENA, Centro de Materiales y Ensayos, Grupo GIMES, jmgetiva@misena.edu.co, Bogotá D.C.

Elizabeth Sofía Beltrán Borbón, SENA, Centro de Materiales y Ensayos, Grupo GIMES, 0725@misena.edu.co, Bogotá D.C.

Andrés Fernando Gil Plazas, SENA, Centro de Materiales y Ensayos, Grupo GIMES aisisae@misena.edu.co, Bogotá D.C.

Yeny Carolina Montero Mendoza, SENA; Centro de Materiales y Ensayos, Grupo GIMES ycmonte65@misena.edu.co Bogotá D.C.

RESUMEN

La joyería colombiana ha evolucionado de acuerdo a la demanda del mercado y la necesidad de ofrecer alternativas para los consumidores. Por ello, desde hace algunas décadas se viene ofreciendo la plata como materia prima para la elaboración de joyas y elementos de bisutería. Esto debido a su accesibilidad en precio, sus propiedades favorables y su apariencia. Pero la utilización de este metal presenta algunos retos, más que nada en lo que respecta a la pérdida de brillo y la oxidación que muestra con el paso del tiempo, que se debe principalmente al cobre que es el metal con el que usualmente se realiza su aleación. Por lo anterior se plantea un proyecto cuya finalidad es caracterizar una aleación en plata que presente bajos niveles de oxidación bajo condiciones ambientales adversas para el material sin perder sus propiedades que la hacen apta para el trabajo y la elaboración de piezas de joyería, para lo cual se llevó a cabo una indagación sobre el tema mediante técnicas de recopilación bibliográfica que fueron concluyentes. La química de los elementos con los que se realiza la aleación es fundamental en los procesos de corrosión, y son éstos los que determinan cuales son los que contribuyen a la oxidación o a evitar la misma, pero así mismo existen propiedades de estos aleantes – concretamente del cobre- que se establecen como primordiales, por ello se evidencia la importancia de realizar una serie de pruebas y análisis para determinar cuál es la más adecuada para su implementación. Estas pruebas comprenden las de composición de constituyentes y porcentajes de los mismos, de microdureza, de densidad, de maleabilidad y por supuesto de corrosión. Se establece a su vez que es importante realizar varias muestras con diferentes elementos aleantes y con proporciones distintas de éstos hasta hallar la más idónea y adecuada tanto en apariencia como en propiedades ideales para su transformación en piezas de joyería.

PALABRAS CLAVE

Plata, aleación, oxidación.

ABSTRACT

Colombian jewelry has evolved according to market demand and the need to offer alternatives for consumers. Therefore, for some decades, silver has been offered as a raw material for the elaboration of jewels and costume jewelry. This due to its accessibility in price, its favorable properties and its appearance. But the use of this metal presents some challenges, more than anything in regards to the loss of brightness and oxidation that it shows over time, which is mainly due to the copper that is the metal with in which its alloy is made. Therefore, a project is proposed whose purpose is to characterize an alloy in silver that presents low levels of oxidation under adverse environmental conditions for the material without losing its properties that make it suitable for work and the elaboration of jewelry pieces, for which was carried out an investigation on the subject by means of bibliographic compilation techniques that were conclusive. The chemistry of the elements with which the alloy is made is fundamental in the corrosion processes, and it is these that determine which ones contribute to



the oxidation or avoid it, but there are also properties of these alloys -specifically copper- which are established as essential, for this reason the importance of carrying out a series of tests and analyzes to determine which is the most appropriate for its implementation is evidenced. These tests include the composition of constituents and their percentages, microhardness, density, malleability and of course corrosion. It is also established that it is important to make several samples with different alloying elements and with different proportions of these until finding the most suitable and suitable both in appearance and in ideal properties for its transformation into jewelry pieces.

INTRODUCCIÓN

Desde la década de 1990, en Colombia se ha venido implementando la plata como materia prima para la elaboración de joyería artesanal. Desde entonces y pese a la gran cantidad de alternativas en materiales que han surgido en los últimos tiempos, este metal precioso se mantiene como uno de los insumos más usados y con mayor demanda en el mercado de la joyería y productos de bisutería. Esto debido a sus propiedades hipo alergénicas, su accesibilidad en precio, su apariencia y su versatilidad. Sin embargo, en muchas ocasiones y después de algún tiempo de uso o de tenencia de las joyas, éstas comienzan a presentar un ennegrecimiento, también conocido como oxidación o deslustre, el cual resulta muy desfavorable para los consumidores pero sobre todo para los artesanos joyeros que la emplean cotidianamente y que obviamente redundan en la demanda de las piezas elaboradas en plata. Esta condición se genera especialmente por el cobre, que es el metal con el que se realiza la aleación, ya que éste no tiene resistencia a la corrosión y es el que permite que los elementos que la contienen se oxide más rápidamente. También es clave señalar que existen algunas condiciones que hacen que el deslustre se presente con más frecuencia como factores relacionados al medio ambiente, reacciones químicas por contacto con diversas sustancias o incluso el pH de la piel. Pero sin duda el elemento oxidante por excelencia es el azufre, que es el resultado de algunos procesos que se dan tanto de manera natural como por las actividades humanas. Por todo lo expuesto anteriormente, desde el Centro de Materiales y Ensayos, su grupo de investigación GIMES y su semillero Tumbaga de joyería, se detectó esta condición y se planteó el proyecto “Caracterización de una aleación en plata de baja oxidación para aplicación en el sector joyero” que busca encontrar una aleación con dos o más metales aleantes que le brinden a la materia prima las condiciones adecuadas para el trabajo y una resistencia mayor a la oxidación que la plata que solamente se alea con cobre. El objetivo de este estudio es desarrollar una aleación que pueda ser utilizada por los joyeros y orfebres brindando una mejor calidad de los productos que ofrecen a los clientes, incrementando la demanda de estos elementos artesanales de la mano de obra local.

MARCO TEORICO

En cuanto a documentación se refiere, la investigación del estado del arte incluye realizar la recopilación bibliográfica pertinente a cada uno de los temas que incluye la investigación, por lo que este estudio debe abarcar tanto el estudio de los elementos que pueden considerarse para las aleaciones, las características de estos elementos, los antecedentes de trabajos previos relacionados, las pruebas que se realizan a las aleaciones para establecer el grado de corrosión y sus características y el estudio del fenómeno del deslustre, entre otros aspectos relacionados.

Aleaciones existentes.

Según lo hallado a través de la recopilación bibliográfica se pudo establecer que los elementos que se usan como aleantes alternativos- que no excluyen al cobre- fueron:

- El silicio (Si)
- El zinc (Zn)
- El germanio (Ge)
- El oro (Au)

El silicio se utiliza junto con otros metales, pero al ser un metaloide su tratamiento debe ser distinto al de un metal o una aleación de metales. (Dawson, G., Nyce, A. y Grice, S., 2006)



El zinc es un poco más utilizado en aleaciones de plata, pero su punto de fusión es mucho menor que el de este metal y del cobre, por lo que su utilización en la aleación presenta algunos desafíos. (Menon, A., 2007)

El germanio se presenta como un elemento idóneo para su uso en aleaciones con plata, de hecho, existe un “tipo de plata” que contiene germanio con una marca registrada y que se conoce con el nombre de Argentium®. El germanio también está catalogado como un metaloide. En Colombia no existe un proveedor de germanio y su importación es un poco costosa, por lo que su utilización es un poco complicada, dada su poca accesibilidad por lo mencionado anteriormente.

El oro también es ampliamente utilizado en aleaciones de plata desde la antigüedad. Según algunos estudios realizados a la plata del antiguo Egipto se ha detectado que contiene cantidades considerables de oro y que se ha conocido como plata Electrum. El oro debido a sus propiedades resulta ser la más adecuada para su uso en joyería, pero se descartó en un principio debido a su alto costo que podría redundar en el precio final de los productos. (Troalen, L., Tissot, I., Maitl, M., & Guerra, M. F., 2015).

Puntos de fusión de los metales a tener en cuenta:

- Zinc (Zn) 420 C°
- Plata (Ag) 962 C°
- Cobre (Cu) 1.083 C°
- Oro (Au) 1.064 C°
- Silicio (Si) 1.414 C°

Efecto de deslustre

Así como es muy importante saber cuáles son los metales o elementos que pueden dar buenos resultados para el desarrollo del proyecto, también es clave entender cuál es el factor que causa la oxidación. Se establece que el azufre (vapor de sulfuro) es el agente oxidante más presente en la atmósfera terrestre. El azufre también está presente en compuestos como el de sulfhidrilo, sulfatos, sulfuros y bisulfito orgánico, que se encuentran en el medio ambiente como resultado de procesos naturales y las actividades humanas, por lo que están presentes principalmente en áreas urbanas e industriales. (Trentin, Maggian, Bortolamei, Zocca, y Di Siro, 2008) La mayoría de las pruebas de deslustre han identificado que las aleaciones de plata no pueden tolerar compuestos de azufre, que pueden crear una superficie ennegrecida, lo que se denomina deslustre o en inglés se denomina “tarnish”. Como resultado, las pruebas comúnmente requieren la exposición de muestras a ciertas formas de compuestos de azufre como el sulfuro de hidrógeno (H₂S). (Lohwongwatana, Wirot, Yipyintum, Khamkongkaeo, Puncreobutr, Lothongkum, Nisaratanaporn, y Vichaidith, 2015).

Pruebas y análisis.

Para lograr dar una caracterización y obtener una ficha técnica de la aleación que resulte del estudio, es importante conocer sus características y propiedades. Por lo tanto, es fundamental hacer una serie de mediciones, pruebas y análisis para determinar sus características y cuál es la más idónea para su uso en joyería. Es por esto que también se debe tener claridad de cuáles son esos análisis, en qué consisten y como se realizan. Para este caso se decide que las pruebas fundamentales a realizarse son:

- Análisis de composición
- Pruebas de microdureza
- Densidad
- Maleabilidad y ductilidad
- Pruebas de corrosión



Los análisis de composición se realizan generalmente de manera no invasiva y no destructiva, lo que quiere decir que no es necesario alterar la pieza para su análisis. El equipo que generalmente se utiliza para este propósito es el espectrómetro por fluorescencia de rayos X. También existe otro equipo que analiza la composición de los materiales que es el microscopio electrónico de barrido (SEM). El primero brinda un espectro menos preciso del material que se analiza y en ocasiones no posee tanta exactitud como el segundo, sin embargo, el SEM requiere de un alistamiento de las muestras para obtener resultados óptimos por lo que en algunas ocasiones si requiere que el material sea alterado para tener un segmento de la probeta.

Las pruebas de dureza de un material se hacen por lo general con un equipo que determina la microdureza y que se mide en Vickers (HV). Este aparato está equipado con una punta en forma de pirámide elaborada en diamante. Dependiendo de la profundidad de la marca que deje la punta se promedia el resultado. (I Biot, J.P.,2017)

La densidad de un material y en especial de un metal o aleación es importante para la realización de algunos procesos. La densidad se mide por medio de un equipo especial que pesa en material en el aire y luego en un medio. El resultado de cada medición por separado determina la densidad que está dada en g/cm³. (González Cabrera, V.,1996).

La maleabilidad es la propiedad de un material casi siempre con características de dureza, de deformarse en frío sin romperse. Para lo referente a las pruebas que se realizan al metal, esta propiedad se puede evidenciar en que tanto se puede laminar la aleación sin romperse ni quebrarse. También se puede asociar con la ductilidad. Para efectos de las pruebas referentes a esta propiedad, ésta se puede realizar fácilmente haciendo hilo o tubo con el resultado de la aleación.

Las pruebas de corrosión son claves para determinar la viabilidad de la aleación, por lo tanto, estas deben ser realizadas de la manera más idónea posible. La corrosión de un metal, se puede acelerar en un ambiente controlado. Dentro de las pruebas a tener en cuenta para determinar el comportamiento de una aleación están la de "Liver sulfur"-traduce literalmente hígado de azufre-; la de sulfuro de amonio, la ISO 4538 (Ensayo de corrosión a la tioacetamida); con sulfuro de hidrogeno y de azufre entre otras. Se concluye que el elemento más oxidante es el azufre (que está presente en todos los compuestos de las pruebas mencionadas) y que es éste quien debe hacer el proceso acelerado de corrosión para las pruebas del estudio.

METODOLOGÍA

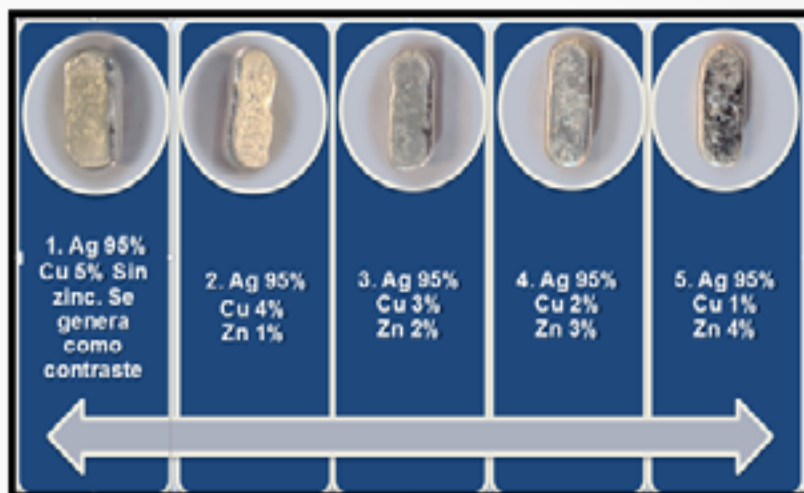
Aleaciones madre

Al tener claridad sobre cuáles son los aleantes más accesibles y que pueden dar buenos resultados, se establece la necesidad de realizar las que se denominaron "aleaciones madre" que ayudan a que los aleantes a agregar se queden en la aleación y no se volatilicen. Se hace la formulación y se determina que para el caso de la de zinc se debe hacer con 50% Zn- 50% Ag. Pese a que también se planteó la de silicio, el metaloide presentó muchos inconvenientes para su utilización y se descartó de momento.

Formulación de las aleaciones

Una vez teniendo la aleación madre de Zn, se debe tener claridad de la ley a la que se va a trabajar la plata y cuáles deben ser los porcentajes de cada aleante, es decir cuánto de Cu y de Zn se debe emplear. Se decide que la ley de la aleación es de 950 milésimas, lo que significa que contiene 95% Ag- 5% elementos aleantes. La idea es observar el comportamiento del Zn en la medida que se incrementa su porcentaje en la aleación. Finalmente, las formulaciones quedan así:

Figura 1. Cuadro de formulación de aleaciones Ag-Cu-Zn- Imagen ilustrativa de cada muestra.



Desarrollo de las pruebas.

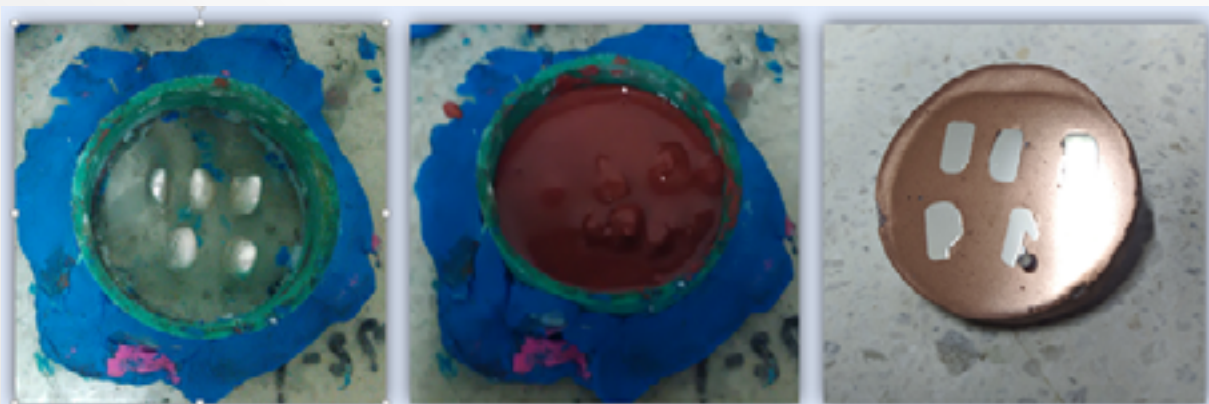
Análisis de composición

Una vez se elaboran las aleaciones, es preciso conocer su composición real, y cuanto varió respecto del planteamiento que se hizo de ellas. El análisis inicial de espectrometría se hace directamente con una porción de los lingotes resultado de la fundición. Para el segundo análisis en el SEM es preciso realizar un empastillado de las muestras que debe ser pulido y brillado para obtener óptimos resultados.

Pruebas de microdureza Vickers.

Para realizar las pruebas de Vickers, es preciso hacer un empastillado de las muestras. Esta a su vez debe ser pulida y brillada para obtener óptimos resultados.

Figura 2. Proceso de empastillado de las muestras





Densidad

Para saber que tanto varía la densidad de las aleaciones, se debe tener en cuenta la densidad de cada metal por separado. La medición se realiza con un segmento de las muestras lo más limpias posibles y por supuesto totalmente secas, ya que si tienen presencia de algún líquido en su superficie, el resultado se va a ver alterado.

Figura 3. Densidad de los metales presentes en las aleaciones propuestas

<i>Plata</i>	10.5 g/cm ³
<i>Cobre</i>	8.96 g/cm ³
<i>Zinc</i>	7.13 g/cm ³

Pruebas de corrosión.

Para realizar la simulación del efecto del azufre en las piezas de plata, se realizó una prueba experimental. Para ello se buscó recrear un ambiente hermético donde se colocaron unas muestras de las aleaciones con zinc. En el fondo del recipiente se dispuso ácido sulfúrico de aproximadamente 1 m.m. que se cubrió posteriormente con aserrín. Sobre esto se colocaron las muestras y se cerró el recipiente. Se debe esperar un tiempo prudencial (alrededor de 10 días) para ver resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Resultados de composición.

Figura 4. Resultados de espectrometría (Fluorescencia de rayos X)

NÚMERO DE MUESTRA	CONCENTRACIÓN DE Ag	CONCENTRACIÓN DE Cu	CONCENTRACIÓN DE Zn
1	94.18%	4.31%	0%
2	93.23%	3.53%	0.63%
3	93.84%	2.42%	1.09%
4	96.39%	0.68%	2.10%
5	94.94%	1.65%	1.70%

Figura 5. Resultados atómico y en peso por microscopia SEM

Número de muestra	PORCENTAJE TEÓRICO DE ELEMENTOS %			CONCENTRACIÓN ATÓMICA %			CONCENTRACIÓN PESO %		
	Ag	Cu	Zn	Ag	Cu	Zn	Ag	Cu	Zn
1	95	5	0	90.04	6.86	0	95	4.26	0
2	95	4	1	89.37	6.42	2.79	94.43	4.00	0.66
3	95	3	2	90.54	4.32	3.03	95.26	2.68	0.72
4	95	2	3	91.47	3.25	3.70	96.08	2.07	0.88
5	95	1	4	91.00	3.13	3.21	95.61	1.94	0.76

Figura 6. Vista microscópica de la muestra No. 1

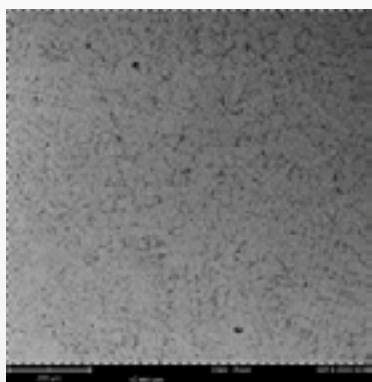


Figura 7. Vista microscópica de la muestra No. 2

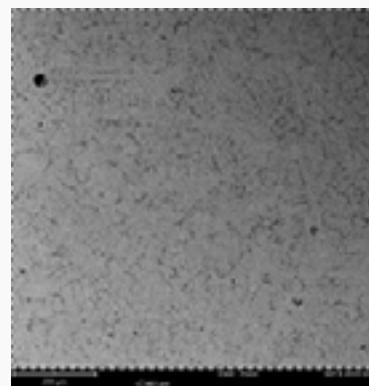


Figura 8. Vista microscópica de la muestra No. 3

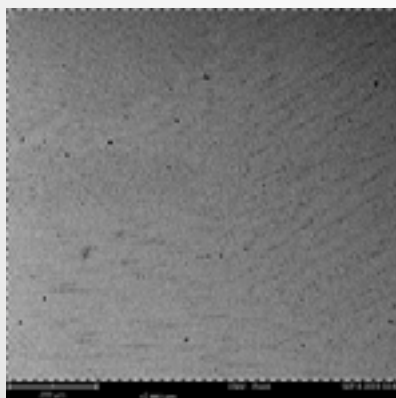


Figura 9. Vista microscópica de la muestra No. 4

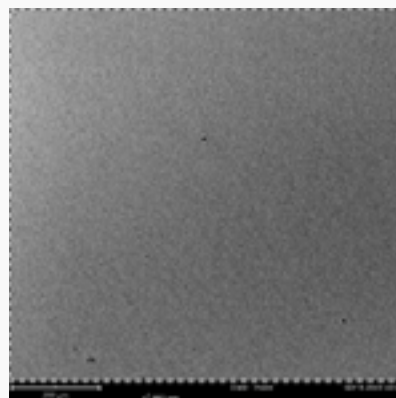
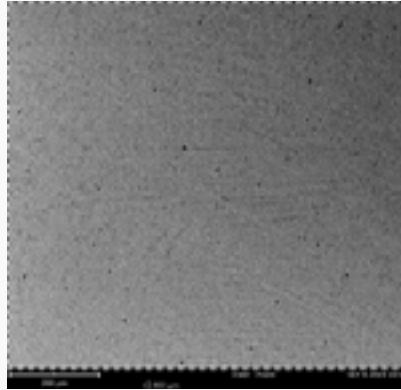




Figura 10. Vista microscópica de la muestra No. 5



Como se evidencia en las imágenes, el zinc hace que las partículas de los elementos no se dispersen tanto, generando una cohesión mayor entre ellas y dando un aspecto superficial más brillante. Cuanto más zinc hay, menos poroso es el material.

Resultados pruebas Vickers

Las pruebas se hacen dos veces. La primera es con las muestras de los lingotes fundidos. La segunda se realiza con un segmento de éstos con algunas pasadas por el laminador y su recocido respectivo.

Figura 11. Resultados análisis de microdureza Vickers

NÚMERO MUESTRA	RESULTADOS HV 1	RESULTADOS HV 2
1	58.3	116
2	54.3	113.6
3	47.3	104
4	36.6	96.3
5	38.0	97.6

Como se puede observar en los resultados, el zinc le resta dureza a la aleación. En tanto crece el porcentaje de Zn más blanda es la aleación, lo que supone un inconveniente relevante para su uso en joyería.
 Resultados densidad.

**Figura 12.** Resultados medición de densidad.

NÚMERO DE MUESTRA	RESULTADOS
1	10.327 g/cm ³
2	10.296 g/cm ³
3	10.377 g/cm ³
4	10.373 g/cm ³
5	10.348 g/cm ³

La densidad se comporta un tanto distinta a los otros indicadores. En este caso, la densidad es un poco mayor en las muestras que más porcentaje tienen de este metal.

Resultados pruebas de corrosión.

Para el caso de las pruebas de deslustre o corrosión, para el momento de finalización de este documento, aun no se tienen resultados concluyentes.

Figura 13. Imagen ilustrativa prueba experimental de corrosión



CONCLUSIONES

- El zinc es un metal que por su bajo punto de fusión se volatiliza muy fácilmente al momento de realizar la aleación, por lo que su uso en joyería resulta algo complejo. Este metal le aporta ciertas características a la aleación, pero le resta otras muy importantes para su uso en joyería por lo que no es del todo idóneo para ser tenido en cuenta.
- Cuando se realizan procesos de joyería se debe tener especial cuidado con los porcentajes de los aleantes y sobretodo evitar los contaminantes ya que éstos pueden afectar las características del metal y sus propiedades.
- Es necesario hacer una prueba con un metal precioso (oro o paladio) ya que estos metales le dan una resistencia mayor a la corrosión y tienen mayor viabilidad para el trabajo.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia extendemos nuestro sincero agradecimiento al SENA en especial al Centro de Materiales y Ensayos de la Regional Distrito Capital, al subdirector del centro el ingeniero Santiago Julio Camacho Peña, a la líder SENNOVA María Camila Rico Rodríguez, al líder del grupo de investigación GIMES el ingeniero Pedro Rodríguez Sandoval; a los instructores y aprendices que participaron en este proyecto de investigación: a los instructores Víctor Guillermo Barrientos y Ricardo Piragauta; a los aprendices que hacen parte del semillero Tumbaga y al proyecto de investigación: Juan Francisco Bogotá Orjuela, Angélica María Mora, Wilson Alexander Garzón, Viviana Garzón Méndez y Kariett Pinto por su valiosa colaboración y por contribuir con sus conocimientos y habilidades en el desarrollo de este estudio.

REFERENCIAS

- Mitsubishi Materials Corp (1993). Corrosion-resistant silver@-magnesium@ alloy used in sputter coating. DE4414107A1.
- Dieter, G. (1997). ASM Handbook, Volume 20. Boca Raton: C R C Press LLC.
- Boothroyd, G., Dewhurst, P. and Knight, W. (2011). Product design for manufacture and assembly. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Troalen, L., Tissot, I., Maitl, M., & Guerra, M. F. (2015). Jewellery of a young Egyptian girl: Middle Kingdom goldwork from Haraga tomb 72. Historical Metallurgy.
- Anusavice, Kenneth J. (2004). Phillips la ciencia de los materiales dentales. Elsevier España. Pag. 95-96
- I Biot, J.P., (2017) Microdureza: algunos tópicos. Fischer Instruments. Recuperado de <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/186215-Microdureza-algunos-topicos.html>
- González Cabrera, V. (1996). Física fundamental. Editorial Progreso. Pag. 105-106
- Menon, A. (2007) Effect of Alloying Elements and Tarnishing Effects in Sterling Silver. The Santa Fe Symposium. Albuquerque. E.E.U.U.
- Tunick, J. (2008) Tarnish-Proof Sterling Silver: Understanding the Limitations. The Santa Fe Symposium. Albuquerque. E.E.U.U.



Davis, S. (2007). A New Paradigm for Tarnish Testing of Sterling Silver Alloys. The Santa Fe Symposium. Albuquerque. E.E.U.U.

Trentin, A., Maggiani, D., Bortolamei, S., Zocca, A. y Di Siro, M. (2008) Tarnish Phenomena of Silver: Chemical Interactions, Analysis Methods and Real-Life Estimation. The Santa Fe Symposium. Albuquerque. E.E.U.U.

Dawson, G., Nyce, A. y Grice, S. (2006) A Study Comparing Commercially Available Tarnish-Resistant Sterling Silver Alloys with a Traditional Sterling Silver) The Santa Fe Symposium. Albuquerque. E.E.U.U.

Lohwongwatana, B., Wirot, P., Yipyintum, Ch., Khamkongkao, A., Puncreobutr, Ch., Lothongkum, G., Nisaratanaporn, E. y Vichaidith, T. (2015) Comparative Tests for Identification of Silver Tarnishing. The Santa Fe Symposium. Albuquerque. E.E.U.U.



DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE NUEVAS TECNICAS PARA EL TRABAJO CON MATERIALES VITRICOS

Raúl Beltrán, SENA, Centro de materiales y ensayos, Grupo de joyería, rbeltran@misena.edu.co, Bogotá

RESUMEN

La vitrofusión es una técnica ancestral que consiste en trabajar el vidrio sometiéndolo a altas temperaturas. Mediante el modelado del material se obtienen objetos y accesorios que brindan sorprendentes efectos de luz y color (Silva, 2014). La técnica de la vitrofusión es un proceso que se hace en hornos eléctricos o de gas y tanto el costo de compra (maquinaria) como el consumo energético, que requiere su operación son bastante altos. En promedio de 18 a 20 horas por cada proceso la cantidad de productos lo determina el tamaño del horno (cavidad). En esta trabajo se quiere mostrar y viabilizar la técnica de vitrofusión mediante el uso de herramientas básicas y de bajo costo como es, por un lado, el horno microondas convencional, complementado con un Iglú cerámico (crisol) que aumenta la temperatura en su interior hasta alcanzar el punto de fusión del vidrio. Además, se quiere mostrar la importancia de hacer acabados de talla sobre los materiales fusionados en diferentes formas a partir de procesos paso a paso. El desarrollo de esta técnica pretende motivar la implementación de nuevos procesos en proyectos de joyería, bisutería y objetos artesanales que permiten crear piezas de diferentes tamaños, formas y colores; que pueden, una vez transformadas por su talla, aumentar ostensiblemente la calidad y valor. Se convierte en una alternativa ante el alto costo de las piedras naturales para su proceso de engaste en joyería. icará lo que abordará en el trabajo propuesto.

PALABRAS CLAVE

Vitrofusión, joyería artesanal, emprendimiento, bisutería, reciclaje de vidrio.

ABSTRACT

Vitrofusión is an ancient technique that involves working the glass by subjecting it to high temperatures. By modeling the material objects and accessories are obtained that provide surprising effects of light and color (Silva, 2014). The technique of vitrofusión is a process that is done in electric or gas furnaces and both the purchase cost (machinery) and energy consumption, which requires its operation are quite high. On average from 18 to 20 hours per process the quantity of products is determined by the size of the oven (cavity). In this work we want to show and make viable the vitrofusión technique by using basic and low-cost tools such as, on the one hand, the conventional microwave oven, complemented with a ceramic igloo (crucible) that increases the temperature inside until reach the melting point of the glass. In addition, we want to show the importance of making carving finishes on the materials fused in different ways from step by step processes. The development of this technique aims to motivate the implementation of new processes in jewelry, jewelry and handicraft projects that allow creating pieces of different sizes, shapes and colors; which can, once transformed by their size, significantly increase the quality and value. It becomes an alternative to the high cost of natural stones for its process of setting in jewelry. It will show what it will address in the proposed work.

INTRODUCCIÓN

Vitro fusión

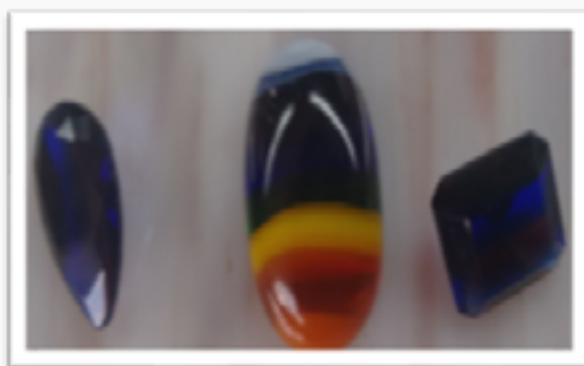
A través de los tiempos el vidrio ha cumplido una función primordial dentro de las sociedades, bien sea como objeto



utilitario, de lujo, artesanal o bien decorativo. Hoy, la tendencia a elaborar joyas ya que por su gran similitud con las piedras preciosas, se da dependiendo del tipo de material y el alto costo de las piedras preciosas.

En la historia, la utilización de metales preciosos siempre ha estado ligada a las piedras preciosas, el diseño sencillo siempre iba acompañado de una piedra haciendo de este un ejemplar único que por la rareza del material y las condiciones de consecución de la piedra. El material precioso (la piedra) era único e irrepetible, lo que lo hacía escaso y por ende de unos valores altos. Hoy hablamos de joyería artesanal lo que se considera cualquier tipo de material para fabricar una joya. Sin lugar a dudas el valor agregado estaba en la piedra, bien sea por su forma, color, talla, tamaño o en sí mismo por quien fuera el dueño de dicho ejemplar.

Figura No. 1. Piezas con acabados; Nota: se les puede dar brillo y distintas formas según lo que se va a diseñar;
Fuente: autor.



Las piedras preciosas aumentan su valor en relación a su rareza y dificultades de extracción minera tomando de por sí un altísimo costo de venta; razón por la cual el hombre siempre ha intentado imitarlas o producirlas, por esto se buscan constantemente materiales de bajo costo cuyas propiedades pueden ser muy próximas a las gemas naturales tanto por ser traslucidas y/o opal; como incoloras y/o con color.

En el diseño y fabricación de joyas se están presentando una combinación de materiales tradicionales con alternativos (joyería artesanal), esto ha permitido ampliar los límites del diseño “combinar materiales” puede añadir un contraste útil al diseño, que permita mantener la familiaridad de un material de joyería tradicional y adoptar al mismo tiempo un estilo contemporáneo. La plata y otros metales nobles son un material tradicional que se presta especialmente bien a este fin; tiene diferentes colores y es fácilmente combinable con otros materiales que se añaden de forma específica a la pieza para darle un matiz diferente (Olver, 2005)

La propuesta de fusionar vidrios en un horno microondas no es nueva, ya se ha experimentado de forma empírica, se puede visualizar en internet, se dan pautas acerca del proceso pero que buscan fundamentalmente es el comercio de un Kit en donde se entrega recortes de varios tipos de vidrios, grisalias e hilos junto al hornillo de iglú, el cual se introduce dentro del microondas para hacer el proceso. Lo lamentable es que no dan información de la metodología adecuada para el proceso de vitrofusión, razón por la cual es lo que se quiere mostrar con este estricto y que fue experimentado en el proyecto de innovación tecnológica “Desarrollo e implementación de nuevos métodos para el trabajo con materiales vítricos (fusión, talla y diseño) el cual está orientado hacia procesos propios de joyería y bisutería, lo cual es pertinente debido al bajo costo del proceso y la posibilidad de remplazar algunas piedras naturales de mucho valor.



La vitrosión a partir de microondas es un proceso que busca alcanzar el estado plástico del vidrio (temperatura de transición vítrea T_g) mediante el aumento de la energía térmica de este material, este aumento en la temperatura se consigue de una forma indirecta debido a que la sílice no es un material activo ante las ondas electromagnéticas producidas en un microondas. Por este motivo se hace necesario emplear un material que pueda interactuar con el campo generado por el microondas (en nuestro caso el Carburo de silicio), esta interacción aumenta la energía vibracional de las moléculas del carburo de silicio lo que genera un aumento en su temperatura. Al estar aislado térmicamente mediante un crisol, permite acumular energía térmica la cual posteriormente será transferida a los vidrios que descansan en la parte inferior del iglú.

El desarrollo de esta técnica pretende motivar la implementación de nuevos procesos en proyectos de joyería, bisutería y objetos artesanales que permiten crear piezas de diferentes tamaños, formas y colores; que pueden, una vez transformadas por su talla, aumentar ostensiblemente la calidad y valor. Se convierte en una alternativa ante el alto costo de las piedras naturales para su proceso de engaste en joyería.

Características y propiedades de los vidrios.

De acuerdo con la definición de Morey, “El vidrio es una sustancia inorgánica que se halla en un estado asimilable al líquido, del que es prolongación, pero que, como resultado de un cambio reversible experimentado durante el enfriamiento, alcanza un grado tan alto de viscosidad que puede considerarse sólido a todos los efectos.” ASTM define al vidrio como “producto inorgánico de fusión enfriado hasta un estado rígido no cristalino”. Tanto los materiales orgánicos como los inorgánicos pueden formar vidrios si su estructura es no cristalina, es decir, si no está ordenada de manera predominante.

López Tessy (2003, pág. 15) nos dice “El vidrio se hace en un reactor de fusión, en donde se calienta una mezcla que casi siempre consiste en arena silícea (arcillas) y óxidos metálicos secos pulverizados o granulados. En el proceso de la fusión (paso de sólido a líquido) se forma un líquido viscoso y la masa se hace transparente y homogénea a temperaturas mayores a 1 000 °C. Al sacarlo del reactor, el vidrio adquiere una rigidez que permite darle forma y manipularlo. Controlando la temperatura de enfriamiento se evita la desvitrificación o cristalización.

Existen varios autores que han profundizado sobre las características y propiedades de los vidrios y cada uno le da relevancia al tema por el cual realizo su investigación, en este sentido nos presentan aspectos como: ductibilidad, viscosidad, resistencia al choque térmico, durabilidad química, propiedades térmicas, la densidad, entre otras, sobre el particular nos plantean.

a. El vidrio no tiene ductibilidad, puesto que no se deja deformar a temperatura ambiente, al aplicarle una fuerza tiende o termina por romperse; al ser un material duro es también a la vez frágil, al respecto López Tessy y Martínez Ana (2003, pág 45) nos dicen que “el éxito en la manufactura del vidrio radica en controlar la temperatura del proceso, para regular las fuerzas internas que lo hacen quebradizo. Estas fuerzas internas también se aprovechan para producir vidrio de extrema dureza y resistencia si se emplea la técnica del templado. Templar un vidrio es someterlo a un calentamiento controlado y después enfriarlo rápidamente.”

b. “La viscosidad en un vidrio es otra propiedad de importancia practica en todas las etapas de preparación porque de esta depende la velocidad de fusión. Podríamos definir la viscosidad como la resistencia que presenta un líquido a fluir. . . los vidrios, en realidad, son líquidos sobreenfriados. Un líquido sobreenfriado es aquel que permanece como líquido a temperaturas más bajas que la de solidificación. Esto se logra llevando a cabo el enfriamiento en condiciones extremas de cuidado y pureza. La viscosidad de algunos líquidos sobreenfriados comienza a aumentar violentamente a medida que la temperatura disminuye y alcanzan una consistencia tal que su endurecimiento los hace aparecer como sólidos, pero en realidad tienen la misma estructura atómica de un líquido. Esto mismo le ocurre al vidrio”. (Lopez Tessy, 2003, pág. 47)



c. Resistencia al choque térmico, retomando lo expuesto López Tessy, 2003 que lo presenta como la reacción del material ante el aumento de la temperatura por lo cual se sucede una expansión del material, si en el proceso de enfriamiento o disminución térmica, tiene un cambio brusco se puede producir una contracción que puede romper el material, en este sentido se llama choque térmico porque se están enfrentando dos temperaturas diferentes, lo cual provoca que el material se destruya.

d. Otra propiedad es la durabilidad química o el equivalente a que los vidrios son resistentes a algunos ácidos, en el caso del vidrio con excepción del fluorhídrico y las soluciones alcalinas frías.

e. “Dentro de las propiedades térmicas podemos definir cuatro temperaturas de referencia en función de la viscosidad del vidrio. El punto de trabajo, donde la viscosidad del vidrio caliente es lo suficientemente baja como para poder darle forma utilizando métodos ordinarios. El punto de reblandamiento, temperatura a la cual el vidrio empieza a deformarse de manera visible. El punto de recosido, que es cuando las tensiones internas existentes son desvanecidas, y que corresponden a la temperatura más alta de recosido. Por último, el punto de deformación, donde el vidrio es un sólido rígido y puede enfriarse rápidamente sin introducir ningún tipo de tensiones externas” (Lopez Tessy, 2003, pág. 50).

f. “La densidad, definida como el resultado de dividir la masa entre volumen, es otra propiedad de los vidrios que ha sido muy estudiada. Depende de factores como la temperatura, la presión a la que está sometido y la composición”. (Lopez Tessy, 2003, pág. 51).

Una característica propia de los vidrios es que los colores y texturas pueden aparecer en diferentes niveles o capas de la pieza tomando entonces variedad en colores, luminosidad y además profundidad, este hecho puede ser una ventaja en joyería y bisutería que da un valor agregado a las piezas.

Horno microondas y sus características

“La microonda es una forma de energía electromagnética y no calorífica, la cual se caracteriza por ser una onda corta que viaja a la velocidad de la luz y tiene la propiedad de hacer vibrar las moléculas de los cuerpos que atraviesa, calentándolos. El proceso con microondas genera calor del interior del alimento al exterior a través de las vibraciones moleculares, en cambio con el calentamiento convencional, el calor se aplica desde el exterior hacia el interior, generando un aumento de temperatura en el alimento. Este incremento está determinado por la potencia del equipo, así como por las propiedades físicas y térmicas de la muestras” (Angela maría Vasquez Valderrama, 2009, pág. 14).

Los autores muestran lo que ocurre dentro del microondas que es similar para nuestro caso con el recubrimiento del carborundo, que es realmente quien se calienta y aumenta la temperatura interior, al respecto nos dicen; “Un alimento que posea un bajo valor de conductividad térmica puede calentarse rápidamente utilizando microondas, lo cual no ocurre en los métodos tradicionales. Cuando el alimento es sometido a irradiación por microondas, el calor es producido dentro del alimento debido a la vibración de las moléculas de agua originada por la absorción de energía. Las moléculas actúan como barras magnéticas tratando de orientarse o polarizarse ellas mismas bajo la acción del campo electromagnético.” (Angela maría Vasquez Valderrama, 2009, pág. 14).

“Las microondas se generan en el magnetrón, dispositivo que transforma la energía eléctrica en un campo electromagnético, y cambian los centros de carga positiva y negativa varios billones de veces por segundo. Cuando las microondas se aplican a materiales dieléctricos, tales como los alimentos, las moléculas dipolares se orientan, dando lugar a una fricción entre las moléculas polares que causa un aumento de la temperatura. Otro mecanismo que contribuye al calentamiento es el debido a la frecuencia de la colisión entre los iones de las moléculas ionizables que también se desplazan con la orientación del campo (Gallmann y Eberhard, 1992; Giese, 1992) Una vez que se genera el calor se transmite por mecanismos de conducción y convección térmica (Mudgett, 1989).” (Villamil Guerra, 2006, pág. 10).



Cuando se habla de la materia se está hablando en realidad de los átomos que se organizan en moléculas. Cuando medimos la temperatura de la materia lo que en realidad estamos midiendo es la velocidad con la que se agitan sus moléculas: si un objeto está más caliente que otro es porque sus partículas se están agitando más rápidamente. Para calentar una sustancia, por lo tanto, hay que aumentar la velocidad a la que se mueven sus moléculas.

Lo que actúa dentro del microondas es el megatrón. Se trata de una cavidad metálica con un filamento que se calienta al rojo vivo y emite electrones y un potente imán que los hace girar, generando así las ondas. Un ventilador dirige esas ondas hacia el interior del microondas, donde se dirigen en todas direcciones, rebotando contra las paredes metálicas hasta chocar con el alimento, que las absorbe.

En el desarrollo de la experimentación encontramos que la fusión de varias piezas no era totalmente homogénea, esto se debe a una característica de los hornos como la explica Villamiel Guerra, Ma. del Mar. (2006), “Hayward y Kropf, 1 980; Rismany col., 1987 citado por Villamiel Guerra (2006) dice “Por otra parte, es importante tener en cuenta la disposición del alimento en el horno, Debido a que el campo electromagnético que se origina en el horno no es uniforme, pueden existir zonas con una mayor o menor concentración de radiaciones dando lugar a distintas velocidades de calentamiento del alimento en función de su emplazamiento en el horno. (Hayward y Kropf, 1 980; Rismany col., 1987). Razón por la cual es importante el movimiento giratorio del plato en el interior del microondas durante el proceso de fusión.”

La potencia en el microondas “Se encuentra relacionada con la velocidad de calentamiento, de tal forma que, cuanto mayor es la potencia menos tiempo se tarda en alcanzar la temperatura deseada. La potencia necesaria para producir un calentamiento uniforme depende de las características propias del producto así como de su temperatura inicial (Schiffmann, 1986) y de la frecuencia de radiación (Mudgett, 1989)” citados por Villamiel Guerra, Ma. del Mar. (Villamil Guerra, 2006)

MATERIALES Y MÉTODOS

El material de vidrio empleado es retal de vitral, vidrio de ventana, reciclaje de vidrios de diferentes tipos de frascos, los vidrios son cortados, acondicionados, lavados y desengrasados. Se tomaron muestras de 2 po2 cms de vidrio de ventana y se sobrepusieron otros retales de vidrio. Se utilizó un horno microondas y un crisol iglú cerámico, los resultados esperados motivaron al estudio de tiempos y temperatura de cocción para este tipo de fusión. El resultado era de esperarse, bajos costos de consumo energético y elaboración de producto en tan solo 20 minutos con un tiempo de reposos de 1 hora.

A partir de estas pruebas se optó por medir la temperatura que se estaba generando al interior del crisol para esto se utilizó en un principio un pirómetro digital y después un termómetro laser estos instrumentos permitieron conocer las variaciones de calor que se dan dentro del iglú al ir cambiando la potencia y el tiempo de exposición. Por esto se determinó hacer una variedad de pruebas cambiando en cada caso los factores El análisis de las muestras nos llevó a estandarizar una rampla de tiempos con cambios de potencia en algunos casos y combinación de tiempos sin activar la potencia como se muestra en la gráfica, esto permitió obtener piezas con un mejor grado de fusión y que a la vez no presentara fracturas, mientras que las presencia de burbujas al finalizar los procesos se determinó que es consecuencia de los espacios que quedad entre los cortes o ensambles de las partes de la pieza final.



Figura No. 2. Grafica de cochura de vitrofusión (Fuente: elaboración propia)

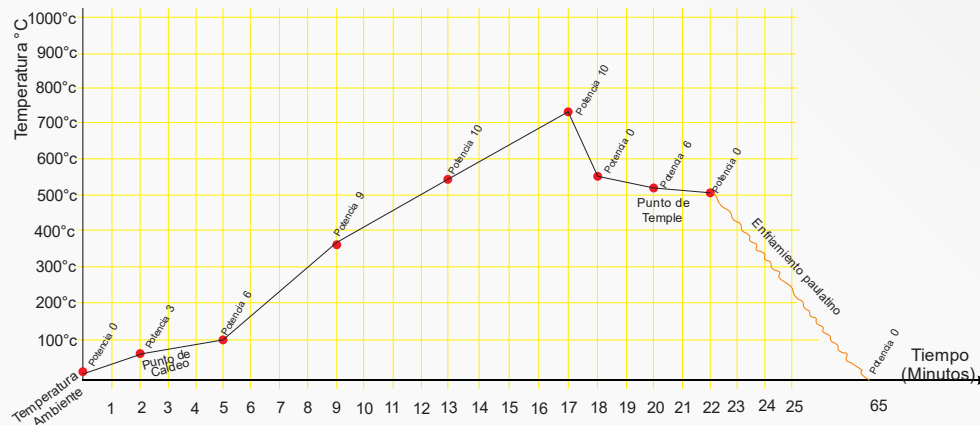


Tabla No. 1. Tiempos de proceso por rampas

TIEMPO MIN	POTENCIA WATTS	TEMPERATURA	TIEMPO ACUMULADO
0	0	21	0
2	3	64	2
3	6	100	5
4	9	360	9
4	10	550	13
4	10	720	17
1	0	542	18
2	6	516	20

RESULTADOS Y DISCUSIONES

El vidrio se muestra como un material alternativo que permite trabajar técnicas simples para la producción de joyería artesanal, además de esto es de fácil acceso. Sin embargo la producción de joyas a partir de vidrio empleando técnicas de manufactura tradicionales puede acarrear algunos problemas tales como la adquisición de equipos, herramientas e infraestructura con alto costo comercial, lo cual se ha constituido como el mayor obstáculo, además de esto la operación de dichos equipos acarrea consigo altos costos de operación, ya que con los métodos tradicionales (horno eléctrico convencional) se requieren muchas horas de cocción (lo que implica un alto consumo energético).

En este trabajo se muestra como alternativa el reciclado (recortes de vidrio) de ventana, frascos, entre otros. Utilizando un horno microondas con un aditamento de mufla que aumenta considerablemente la temperatura hasta lograr la fusión. Fueron utilizados hornos de 1000W, 1200W y los tamaños de las muestras no superan los 4cm² haciendo muestras de dos o tres vidrios, (fusión en forma de sándwich) se comprobó la posibilidad real de utilizar un horno microondas en el proceso de vitrofusión en pequeña escala en un tiempo promedio de 18 minutos de cocción y 45 minutos de enfriamiento.



El resultado muestra que es posible que un artesano con bajos recursos pueda modelar, fusionar y dar acabados propios para joyería artesanal, con una mínima inversión. A su vez se pudo establecer que el uso de hornos microondas en los procesos de fusión de vidrios es del alcance para los artesanos debido a sus bajos costes de consumo de energía, el poco espacio que ocupa, la facilidad de su operación, la rapidez, y en consecuencia su ganancia en operatividad.

Durante la ejecución de este proyecto de investigación se encontró que el proceso de vitrosión en microondas es un método que presenta muchas ventajas frente a los procesos de vitrosión tradicionales, pues este permite no solamente acortar los tiempos de fusión si no que reduce considerablemente el gasto energético y de materias primas, de esta forma se pueden producir accesorios de bisutería con un bajo impacto en el medio ambiente. Por otro lado mediante este proyecto de investigación se han logrado estandarizar varios métodos de producción de bisutería a partir de la vitrosión en microondas, permitiendo al artesano trabajar con implementos y materias primas de muy bajo costo, para la producción de diversos tipos de artículos con un alto valor comercial.

Como limitación de la técnica se ha presentado la reproducibilidad de las piezas, pues si bien se pueden crear piezas parecidas no se pueden diseñar piezas exactamente iguales, por este motivo en la actualidad se están evaluando distintas técnicas para dar una pigmentación al vidrio, para esto se han empleado distintos tipos de colorantes orgánicos e inorgánicos, como resultado preliminar se ha encontrado que cierto tipo de sales inorgánicas derivadas del cobre y del cobalto pueden producir una pigmentación homogénea en el producto final.

CONCLUSIONES

Este estudio ha encontrado que el proceso de vitro-fusión en microondas es un proceso que presenta muchas ventajas frente a los procesos de vitro-fusión tradicionales, pues este permite no solamente acortar los tiempos de fusión si no que reduce considerablemente el gasto energético y de materias primas, de esta forma se pueden producir accesorios de bisutería con un bajo impacto en el medio ambiente. Por otro lado, mediante este proyecto de investigación se han logrado estandarizar varios métodos de producción de bisutería a partir de la vitro-fusión en microondas, permitiendo al artesano trabajar con implementos y materias primas de muy bajo costo, para la producción de artículos con un alto valor comercial. En cuanto a las técnicas de acabado se ha encontrado que este tipo de materiales permiten que el artesano implemente distintas técnicas tales de como: la talla, la bisutería y la joyería artesanal.

REFERENCIAS

Antonopolos, S. (2004). Vitro-fusión. Albatros.

Beltrán, R., & Silva, R. (2017). Cartilla vitro-fusión. Cartilla de vitro-fusión en hornomicroondas. Bogotá, Colombia: Sena.

Carretero Pérez, A. (1999). Cursos sobre el patrimonio histórico 3: actas de los IX Cursos Monográficos sobre el Patrimonio Histórico, Reinosa, julio-agosto 1998. Cantabria: Universidad de Cantabria.

Faleklatina. (3 de Mayo de 2018). Faleklatina. Obtenido de Faleklatina: http://faleklatina.com/faleklatina/index.php?option=com_zoo&task=item&item_id=23&Itemid=143&lang=es

Ganot, A. (2010). Tratado elemental de física experimental y aplicada y de meteorología con una numerosa colección de problemas. Madrid: Carlos Bailly-Bailliere.

Porton artesano. (2012). Porton artesano. Obtenido de Porton artesano: <http://portonartesano.com.ar>



Quiminet.com. (3 de Mayo de 2018). Quiminet.com. Obtenido de Quiminet.com: <https://www.quiminet.com/articulos/ques-el-caolin-4174.htm>

Salud capital. (3 de Mayo de 2018). Biblioteca salud capital. Obtenido de Biblioteca salud capital: http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/Alcohol_Etlico.pdf

Ejemplos.co. (2018). Obtenido de: <https://www.ejemplos.co/30-ejemplos-de-fusion/>

Taller de Montevideo (2018). Obtenido de: <http://tallermontevideo.blogspot.com/2016/07/clases-de-vitrofusion-seminarios-y.html>

Vidrio perfil.com (2018). Obtenido de: <http://www.vidrioperfil.com/18148Vidrio-float-crystal-clear.html>



IV SEMINARIO DE MATERIALES COMPUESTOS Y SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA COLOMBIANA

30 DE OCTUBRE DE 2019





CONFERENCIAS - MATERIALES COMPUESTOS

ESTUDIO ESTRATÉGICO PROSPECTIVO PARA LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MATERIALES COMPUESTOS

Conferencista: Gloria Eugenia Sánchez Aguirre
(ALMACO), capítulo Colombia de cara al 2030

SOCIALIZACIÓN Y MUESTRA DE SERVICIOS PRESENTADOS POR LOS LABORATORIOS DEL CENTRO DE MATERIALES Y ENSAYOS

Mauro Enrique Hernández Castillo
Sena, Centro de Materiales y Ensayos

RECUBRIMIENTO GELCOAT Y MATERIALES DE NÚCLEO

Empresa: NovaSuin

IMPACTO EN LAS PLATAFORMAS HIBRIDAS PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MÓVILES

Conferencista Luis Eduardo Álvarez

TALLERES - MATERIALES COMPUESTOS

TALLER SOBRE INFUSIÓN

Ejecutante Quadcarbon

TALLER SOBRE MANUFACTURA ADITIVA

Ejecutante Imocom



PONENCIAS - MATERIALES COMPUESTOS
30 DE OCTUBRE DE de 2019



MANUFACTURA ADITIVA EN LA FABRICACIÓN DE UNA SUPERFICIE ALAR PARA UNA AERONAVE NO TRIPULADA

Fabio Merchán, Universidad de San Buenaventura, Facultad de Ingeniería, Grupo de Investigación AeroTech, fmerchan@usbog.edu.co, Bogotá

Daniel Agudelo, Universidad de San Buenaventura, Facultad de Ingeniería, Grupo de Investigación AeroTech, dagudelo@usbog.edu.co, Bogotá

Ángela Cardona, Universidad de San Buenaventura, Facultad de Ingeniería, Grupo de Investigación AeroTech, amcardona@academia.usbbog.edu.co, Bogotá

Federico Riveros, Universidad de San Buenaventura, Facultad de Ingeniería, Grupo de Investigación AeroTech, friveros@academia.usbbog.edu.co, Bogotá

RESUMEN

Las nuevas técnicas de manufactura aditiva (MA) han incursionado en varios sectores industriales en años recientes gracias a su versatilidad y adaptabilidad. En esta nueva categoría se destaca la tecnología de moldeo por manufactura aditiva o FDM por sus siglas en inglés. Esta técnica es ampliamente utilizada gracias al bajo costo de la maquinaria requerida, el bajo costo de la materia prima, y la alta calidad y resistencia de los modelos fabricados. Son muchas las aplicaciones de la manufactura aditiva en la industria aeroespacial, permitiendo su posicionamiento como una técnica fundamental para el desarrollo de componentes de aeronaves y de vehículos terrestres, presentando ventajas respecto a los métodos convencionales de manufactura sustractiva y formativa. La aplicación de esta técnica ha presentado resultados favorables enfocados a cumplir con requerimientos específicos de diseño, como la geometría, el material, el proceso de manufactura y el desempeño del elemento bajo determinadas condiciones de servicio.

En este documento se presenta el proceso de diseño y fabricación de componentes de una aeronave no tripulada. El proyecto se enfocó en el desarrollo de una superficie alar fabricada completamente utilizando técnicas de impresión 3D. Durante la investigación, se aplicaron principios de diseño iterativo, los cuales permiten el modelamiento y fabricación de varios prototipos previos a la versión definitiva, para identificar oportunidades de mejora en el diseño y selección de parámetros de impresión adecuados. Esto fue posible gracias a los materiales de bajo costo utilizados. Como resultado se obtuvieron prototipos industriales que serán sometidos a pruebas de funcionamiento y resistencia estructural, con el fin de comprobar sus propiedades mecánicas y mejorar futuros diseños en términos de cantidad de material y tiempo de fabricación.

PALABRAS CLAVE

Manufactura aditiva; Modelado por deposición fundida; Aeronave no tripulada; Impresión 3D

ABSTRACT

Novel additive manufacturing techniques (AM) have been used in many industrial applications in recent years due to their versatility and adaptability. Among this new category, the Fused Deposition Modeling FDM technique is the most popular. This method is widely used due to low cost of the required machinery and material, and high quality and strength of the manufactured models. There are many applications of the AM in the aerospace industry, as it is becoming a fundamental technique for the development of components for airplanes and land vehicles, thanks to their advantages over conventional subtractive and formative manufacturing methods. Usage of this method has presented favorable results owing to meeting specific design requirements, such as the geometry, material, manufacturing process and component performance under specific service conditions.



In the present study the design and manufacture process of an unmanned aerial vehicle components is presented. The project aim was to develop a wing surface manufactured entirely in 3D printing. Iterative design principles have been applied, which allows the modeling and manufacturing of several prototypes prior to the final version, allowing engineers to identify design issues and proper selection of printing parameters. This process was possible thanks to low-cost materials used in FDM. As a result, industrial prototypes were manufactured to be tested, in order to determine their mechanic properties to improve future designs reducing manufacturing time and amount of required material.

KEYWORDS

Additive manufacturing; Fused Deposition Modeling; Unmanned Aerial Vehicle; 3D Printing

INTRODUCCIÓN

Las técnicas de manufactura aditiva se desarrollaron con el propósito de mejorar los procesos productivos mediante la reducción de los recursos consumidos, mientras se mantienen o mejoran los estándares de calidad de las partes fabricadas. Para suplir esta necesidad del sector productivo, nace la MA, introduciendo flexibilidad a las cadenas de suministro y mejorando la eficiencia de los métodos tradicionalmente usados. Dentro de sus ventajas está la posibilidad de fabricar elementos de geometrías complejas, que en el pasado eran parte de la imaginación de colectivos, la MA se ha abierto campo en la competitiva y creciente industria aeroespacial, encontrando aplicaciones en aeronaves no tripuladas, aeronaves de transporte de pasajeros, cohetes, entre otras (Ngo, Kashani, Imbalzano, Nguyen, & Hui, 2018).

Actualmente, el mercado de la manufactura aditiva ofrece varias técnicas de impresión de objetos en 3D usando diferentes materiales de aporte y procedimientos de impresión, entre los más usados se encuentran: Modelado por deposición fundida (FDM), dicho método es basado en la fundición controlada de diferentes materiales poliméricos, entre los que se encuentran el ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), PLA (Ácido Poliláctico), PETG (Tereftalato de polietileno Glycol-modificado) y Ultem (poliéterimida). Este método ha sido aplicado en la fabricación de aeronaves no tripuladas, ya que los materiales implementados poseen una alta resistencia mecánica en comparación con la madera, adicional a ello permite fabricar piezas de geometría compleja y con la adecuada configuración de las variables de impresión se pueden lograr superficies lisas de acuerdo con la aplicación final deseada. Otro método usado es el Polyjet, el cual permite trabajo multimaterial, entrega mejor acabado superficial en comparación de la FDM y presenta baja resistencia estructural, funciona a través de “un cabezal con miles de inyectores que deposita gotas de resina líquida que se curan mediante dos lámparas de rayos UV situados en los laterales del cabezal” (Calzado, Porras, Domínguez, Romero, & Espinosa, 2014).

Otra técnica de impresión es la estéreo litografía SLA, siendo la primera técnica de manufactura aditiva disponible, basada en rayos UV para polimerizar resina líquida fotosensible, presentando buen acabado superficial pero bajas propiedades de resistencia estructural. Al respecto de esta técnica, Torreblanca comenta que “Se envía el archivo digital desde un software CAD 3D al software de la máquina, la cual va generando capas sólidas horizontales a través de la foto polimerización de una resina foto-sensible o foto-reactiva, que se encuentra en estado líquido y se va solidificando al ser tocada por un rayo láser ultravioleta” (Torreblanca, 2016). Por último, se encuentra la técnica de sinterizado selectivo por láser (SLS), donde se lleva a cabo la fundición y solidificación de capas sucesivas de polvo de materiales cerámicos, metálicos o termoplásticos. Este método permite obtener una buena resistencia estructural, fabricar piezas de mayores dimensiones que las otras técnicas presentadas en este documento, es de bajo costo y presenta pobre acabado superficial. Su funcionamiento se basa en “un láser de dióxido de carbono de alta potencia, que es guiado por espejos galvanométricos y selectivamente escanea la capa de polvos de acuerdo con el archivo CAD” (Santos, Shiomi, Ozakada, & Laoui, 2006).

Al dimensionar el potencial de la MA, en términos de su versatilidad y bajo costo, investigadores del Programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá, desarrollaron un estudio tendiente a determinar las características mecánicas de probetas fabricadas por FDM en materiales PLA y ABS sometidas a una carga de tensión. Los



resultados demostraron superioridad por parte del PLA en términos del esfuerzo último soportado, el módulo de elasticidad y la facilidad de fabricación (Agudelo, y otros, 2019). Luego, sometieron a cargas de compresión probetas fabricadas en PLA mediante FDM, obteniendo resultados favorables respecto a la resistencia estructural de las estructuras impresas para tal fin (Agudelo, Merchan, Nieto, & Rodríguez, 2019). Finalmente, se decidió desarrollar este proyecto de investigación basado en el uso de la técnica FDM para fabricar componentes con aplicaciones en la industria aeroespacial del país, específicamente en el desarrollo de una superficie alar de una aeronave no tripulada de corto alcance con el propósito de someterla a pruebas estructurales y comprobar su resistencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

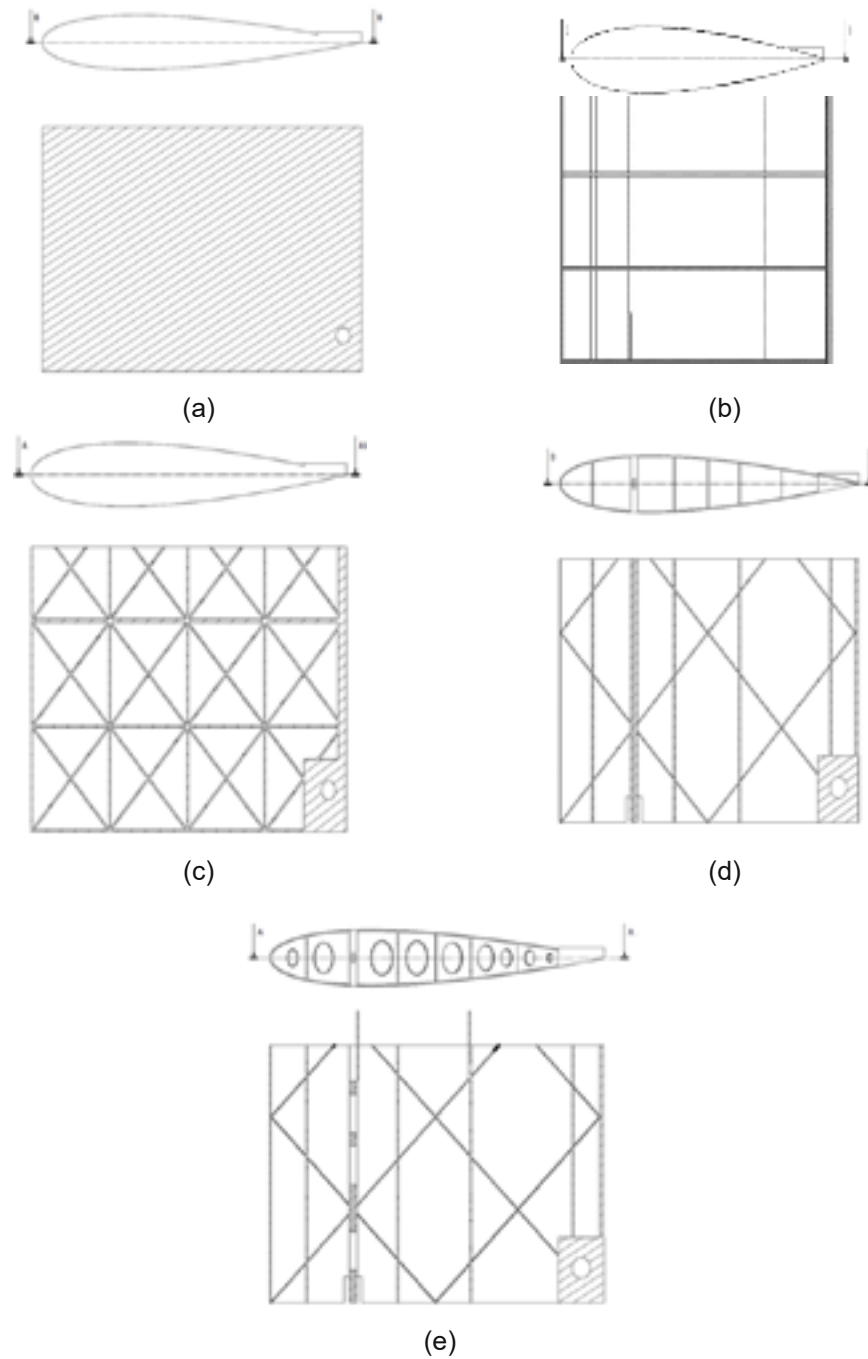
La técnica FDM utiliza materiales poliméricos enrollados en filamentos, los cuales son fundidos a través de una boquilla y depósitos sobre el área de trabajo, formando capas horizontales sucesivas hasta lograr la forma y dimensiones requeridas (Torreblanca, 2016). En el mercado existen múltiples tipos de filamentos y para el presente desarrollo se seleccionó el PLA, el cual es un material fabricado a base de materia orgánica, es biodegradable bajo ciertas condiciones, pero tiene una mayor dificultad al momento de ser reciclado. Este material presenta una buena resistencia a la tracción y un buen acabado superficial, admite velocidades de extrusión mayores que el ABS y es altamente resistente a la humedad. Las propiedades mecánicas de los componentes fabricados en este material dependen específicamente de la configuración del proceso de manufactura usada en una pieza (Goh, y otros, 2017).

El proyecto se centró en la fabricación de una superficie alar de una aeronave no tripulada a partir de los planos de fabricación disponibles. La estructura interna del ala juega un papel fundamental en las características mecánicas del prototipo fabricado, ya que es la responsable de soportar todas las cargas aerodinámicas presentes durante un vuelo. La integridad estructural del ala es función de la disposición interna de elementos de rigidez. Para este proyecto se consideraron cinco alternativas estructurales, que se listan a continuación:

- Ala sin estructura interna: extrusión del perfil seleccionado, sin tener en cuenta cualquier tipo de elemento de rigidez, obteniendo un bloque macizo con la sección transversal del perfil alar. Figura 1 (a).
- Ala con estructura convencional: costillas que van en dirección paralela al flujo de aire, y elementos de rigidez como larguerillos y vigas. Figura 1 (b).
- Ala con estructura de rejilla: costillas paralelas al sentido del flujo de aire, vigas y costillas con orientación de 45° y a -45° con respecto al flujo de aire. Figura 1 (c).
- Ala con estructura de kagome, vigas, y costillas a 45° y -45° con respecto al flujo de aire. Figura 1 (d).
- Ala con estructura de kagome con aligeramiento en las costillas del ala, vigas, y costillas a 45° y -45° con respecto al flujo de aire. Figura 1 (e).



Figura 1. Estructuras internas para la impresión de una superficie alar





Para la selección de la estructura interna se tuvieron en cuenta los siguientes criterios: el tiempo de impresión, cantidad de material, peso de la pieza y necesidad de incluir soportes. Cada uno de ellos fue evaluado en los diferentes tipos de estructuras descritos. Los aspectos evaluados se resumen en la Tabla 1.

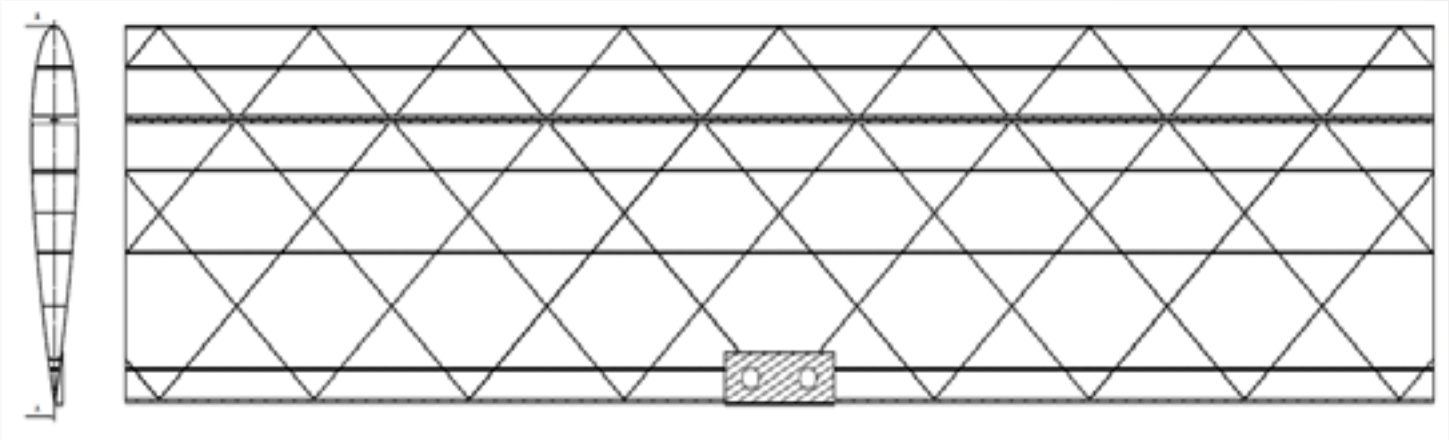
Tabla 1. Análisis criterios de diseño superficie alar.

Tipo de estructura	Análisis
Ala sin estructura	Tiene el mayor tiempo de impresión, superior a 30 horas. Mayor cantidad de material, debido a que es un bloque sólido con una sección transversal de perfil aerodinámico. Mayor peso estructural.
Ala convencional	Menor tiempo de impresión entre todos los prototipos. Réplica de una estructura alar convencional, pueden fabricarse los elementos estructurales por separado y ensamblarlos. Imprimir la parte en una sola pieza requiere material de soporte que no será posible remover al final la impresión. Mayor complejidad.
Ala rejilla cuádruple	Tiempo medio de construcción. Requiere material de soporte que no será posible remover al final la impresión. Mayor complejidad.
Ala kagome sin aligeramientos	Menor tiempo de impresión. Menor cantidad de material y peso estructural. No requiere material de soporte para su manufactura.
Ala kagome con aligeramientos	Menor tiempo de impresión. Menor cantidad de material y peso estructural. No requiere material de soporte para su manufactura. Mayor complejidad de fabricación debido a los procesos de puenteo en los agujeros de aligeramiento de la estructura.

La estructura de kagome sin aligeramientos presentó las mejores características para este estudio, debido al menor tiempo de fabricación, bajo peso y facilidad de construcción. La estructura interna modelada en CATIA está compuesta por costillas orientadas diagonalmente, 4 largueros transversales y una cavidad ubicada en el 25% de la cuerda del ala, la cual tiene como finalidad albergar una viga sólida de fibra de carbono para agregar rigidez a la estructura como se puede apreciar en la Figura 2. Toda la rejilla está recubierta por una piel la cual otorga la geometría aerodinámica del ala. El espesor de las vigas, la rejilla, las costillas y la piel es de 1mm, mientras que la cavidad del 25% tiene un área transversal de 1 mm x 5 mm para albergar la viga sólida de fibra de carbono.

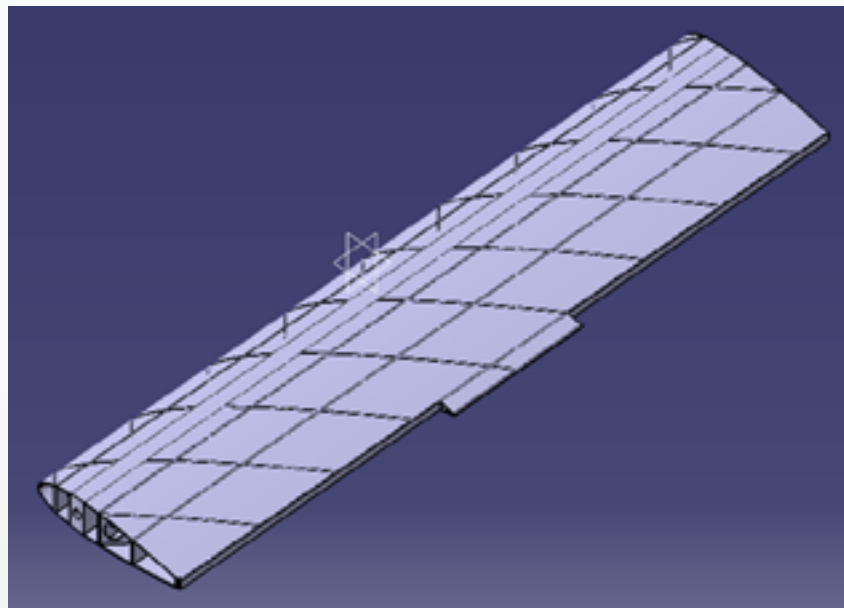


Figura 2. Disposición estructura kagome sin aligeramientos.



En la Figura 3 se observa la disposición final de la superficie alar a imprimir bajo deposición fundida.

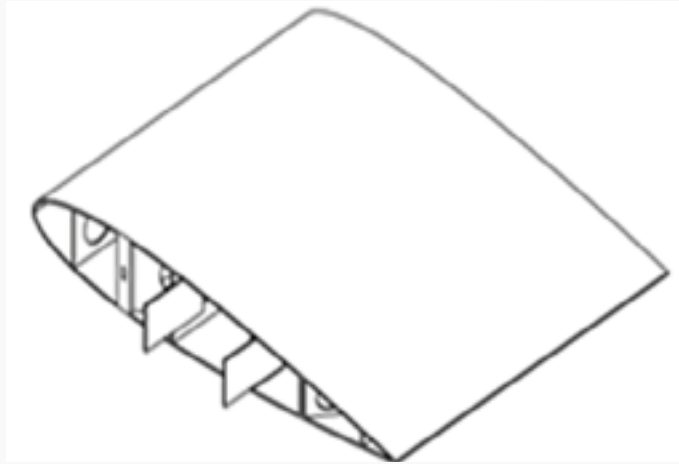
Figura 3. Disposición final de la superficie alar a imprimir



Debido a las limitaciones geométricas de la impresora 3D utilizada para imprimir los componentes, es necesario dividir el ala en secciones a lo largo de la envergadura. El ala es dividida en 6 secciones como se observa en la Figura 4, en las uniones se utilizan dos pestañas de refuerzo pegadas a cada una de las secciones adyacentes del ala y en la viga principal de carbono ubicada al 25% de la cuerda.



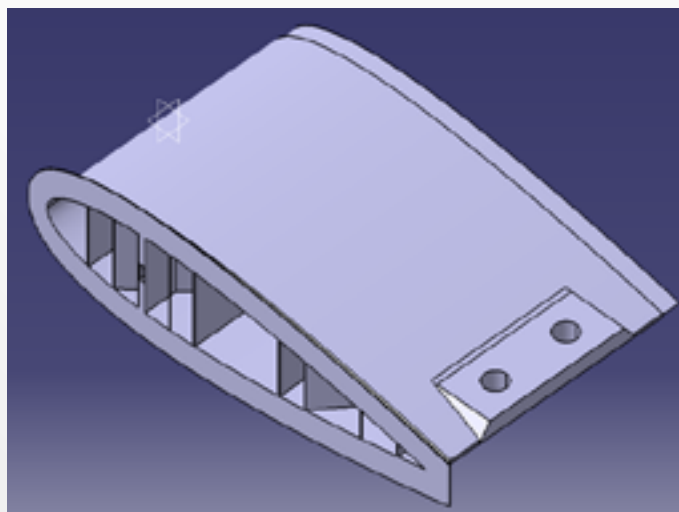
Figura 4. Soportes de unión entre secciones definidas en el ala



La superficie alar fue impresa en la máquina Flashforge Creator Pro con las siguientes configuraciones de impresión: material PLA, color blanco, temperatura de extrusión 215°C, velocidad de impresión 60 mm/s, temperatura de cama 60°C. El tiempo de impresión de cada sección fue en promedio 19 horas. Para la impresión fue importante evaluar la adherencia de la primera capa del modelo a la cama de impresión, ya que en varios ensayos realizados se encontró que se presentaba un levantamiento en las esquinas, constituyendo un defecto mayor que invalidaba el uso de la parte fabricada

Debido a este inconveniente, en una nueva iteración del diseño, se implementaron soportes tipo brim, los cuales se ubican en todo el perímetro del perfil alar, garantizando así mejor adherencia con la cama de impresión. Adicionalmente, se incluyeron pestañas de unión del tipo macho-hembra) para garantizar mayor integridad en el conjunto de la semi-envergadura como se observa en la Figura 5.

Figura 5. Soportes de adherencia para evitar desprendimiento de la superficie en contacto con la cama caliente de la impresora y uniones tipo hembra-macho. Modelo en CATIA.

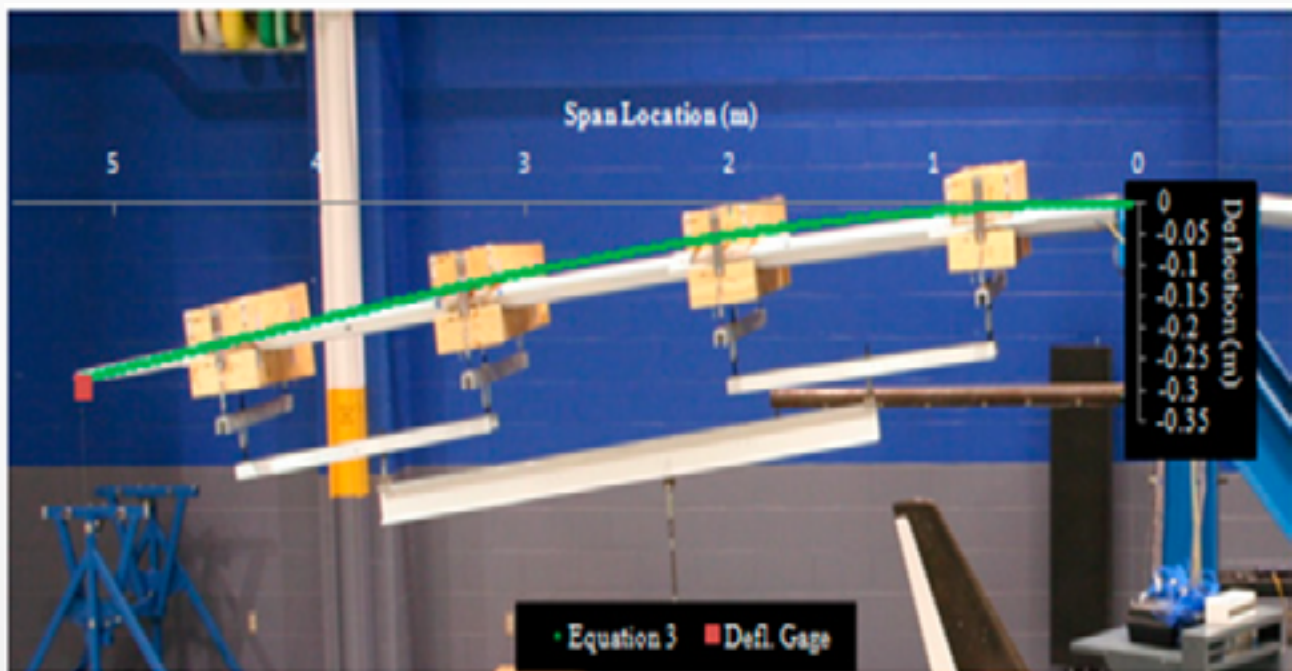




Finalmente, para evaluar la integridad estructural del modelo impreso bajo deposición fundida se diseñó un mecano de cargas, el cual es un dispositivo que consta de barras que soportan fuerzas en sus extremos y tienen un punto de pivote entre estas dos, es estáticamente estable, y se pueden hacer uso de varias barras similares para una mejor distribución de carga, este mecano permite simular la aplicación de cargas aerodinámicas estáticas a las que está sometida el ala de la aeronave durante el vuelo, en este caso una condición de vuelo recto y nivelado.

Para el cálculo del dispositivo es necesario contar con la distribución de la carga de sustentación a lo largo del ala. Luego, se divide el área bajo la curva en cinco secciones a lo largo de la envergadura determinando la ubicación del centroide de cada una de las secciones. A seguir, se calcula la fuerza equivalente para cada sección y se ubica en cada centroide como una carga puntual y no distribuida, a través de la integral de área en cada uno de los segmentos. Estas serán las cargas que serán transmitidas a la sección alar a través de cunas de soporte como se presenta en la Figura 6.

Figura 6. Montaje de referencia del mecano de carga (Nicolas, Sullivan, & Richards, 2016).



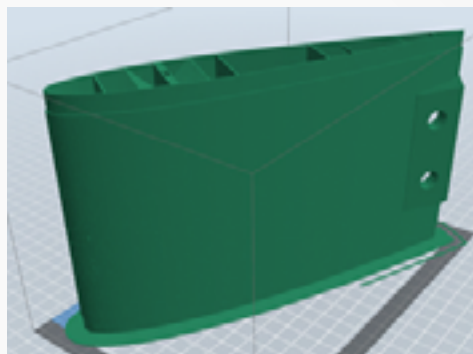
Para el desarrollo de la prueba uno de los extremos del ala debe estar empotrado a un banco de pruebas, emulando el tipo de unión entre el ala y el fuselaje de una aeronave no tripulada. Para este caso, se implementó en el diseño una unión con pernos plásticos a una estructura sólida que hace las veces del fuselaje.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

El modelo en formato STL de cada una de las secciones del ala fue importado en el software Flash Print, como se muestra en la Figura 7, para generar el código G y la simulación del proceso de impresión, permitiendo conocer la cantidad de material requerido y el tiempo de la impresión.

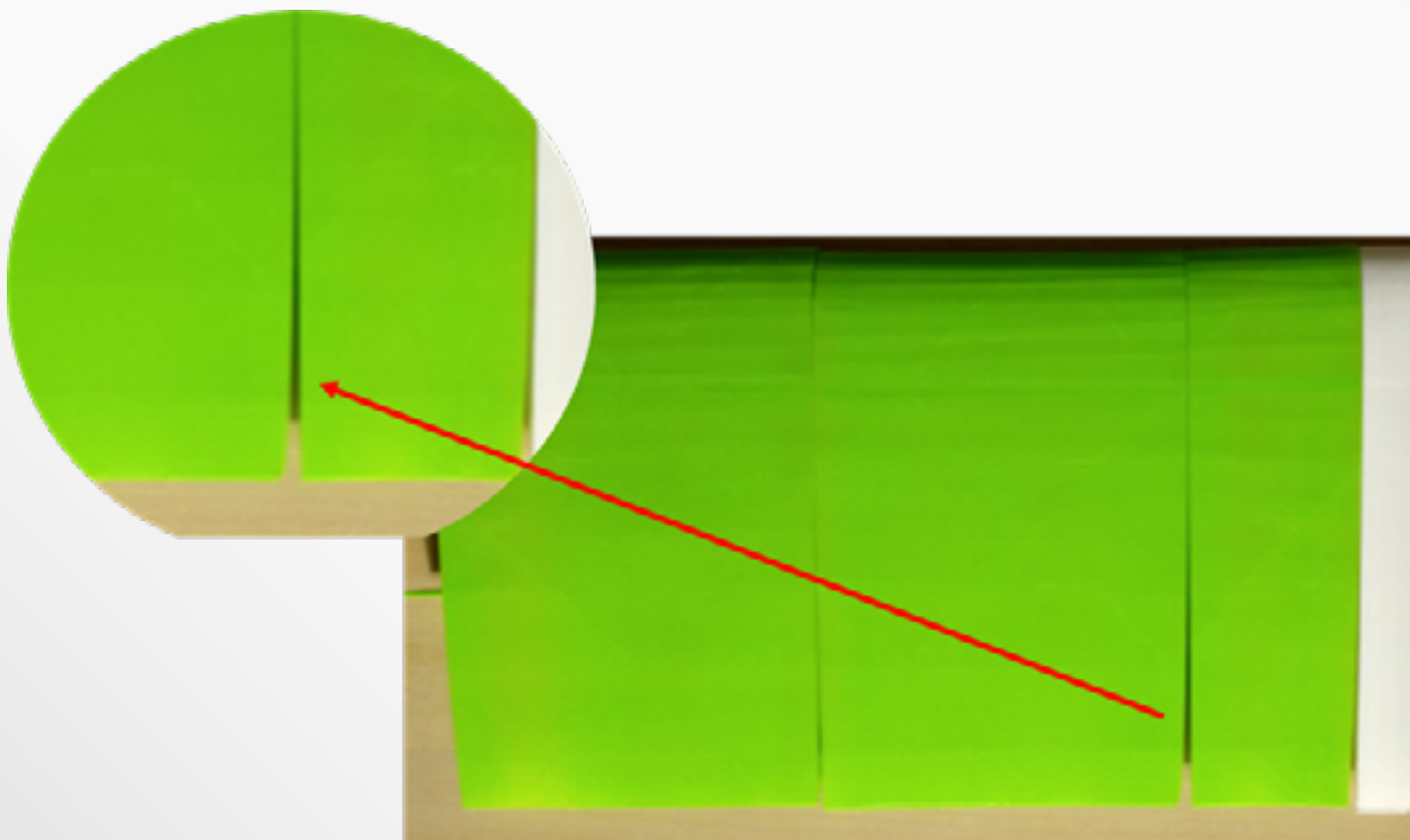


Figura 7. Geometría de la sección central del ala en el software Flash Print.



En la Figura 8, se observa que, debido al desprendimiento del modelo de la cama de impresión, se presenta un defecto mayor de planicidad adyacente de las superficies, lo que invalida el modelo impreso.

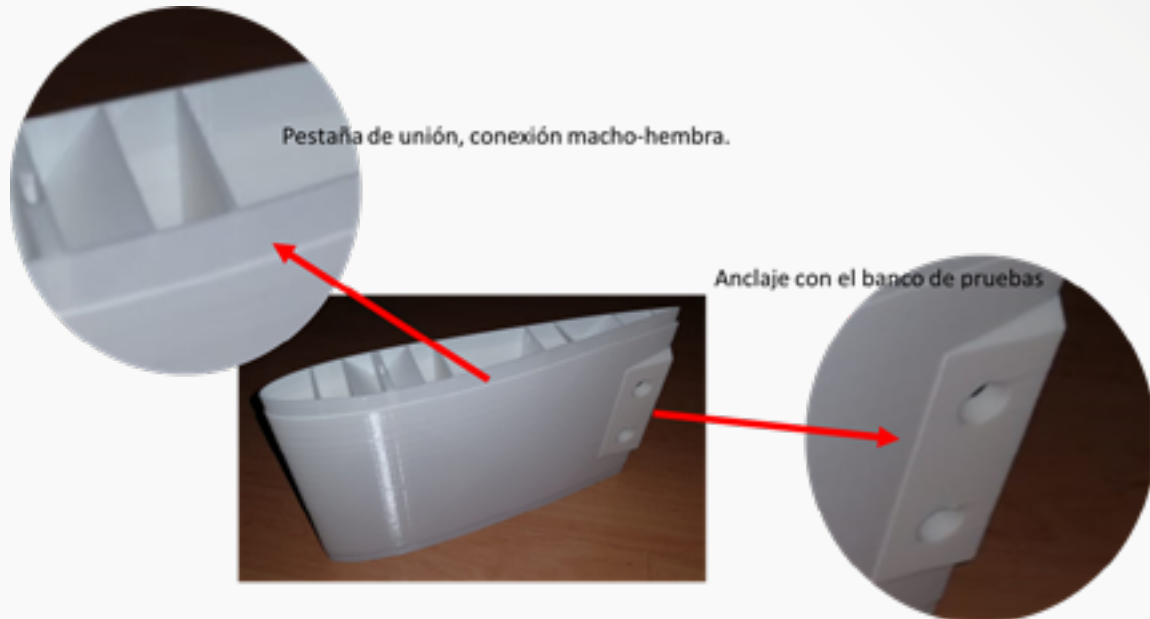
Figura 8. Defecto mayor de la superficie en contacto con la cama de impresión.





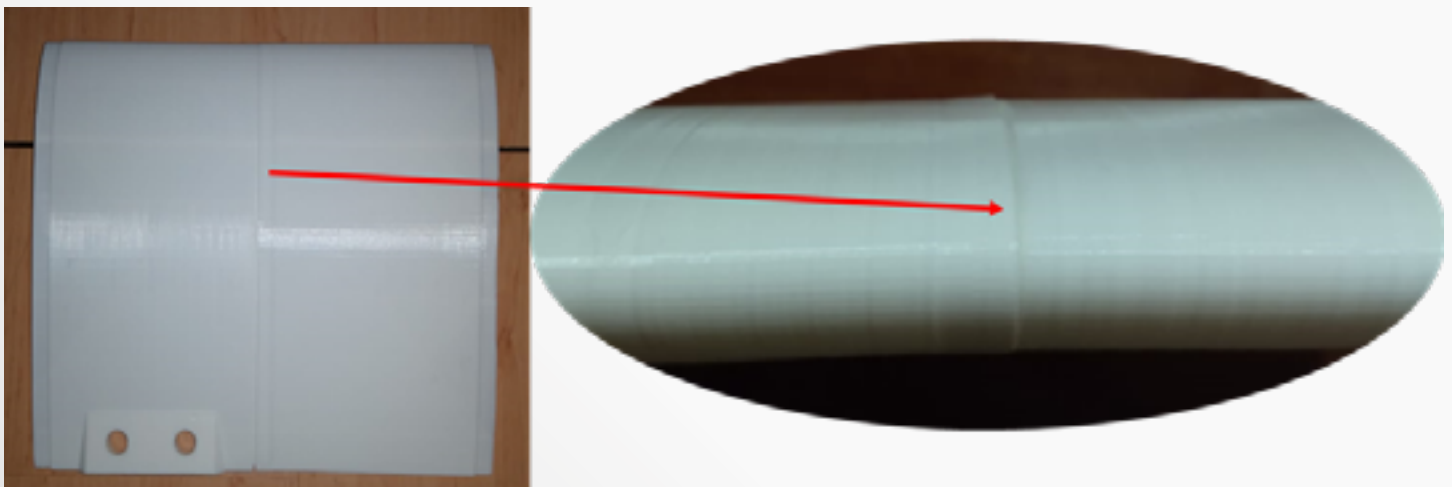
En la Figura 9 se puede observar la sección central del segundo diseño del ala, en ella se observa el resultado obtenido en la geometría destinada para realizar la unión entre secciones (pestaña de unión, conexión macho hembra), así como, el detalle de la zona de anclaje con el banco de pruebas.

Figura 9. Sección alar impresa con detalles de pestaña de unión y punto de anclaje al banco de pruebas



Adicionalmente, se observó que al realizar la unión entre las secciones del ala, se presentó en el modelo un resalto que afectaba la regularidad de la superficie exterior del ala, en la Figura 10 se observa dicho defecto, en el modelo de la figura se optó por pulir con lija pero los resultados no fueron satisfactorios. Por tal motivo, fue necesaria una nueva iteración del diseño para corregir las dimensiones de la pestaña de unión y así evitar este resalto.

Figura 10. Defecto de reborde por la pestaña de sujeción



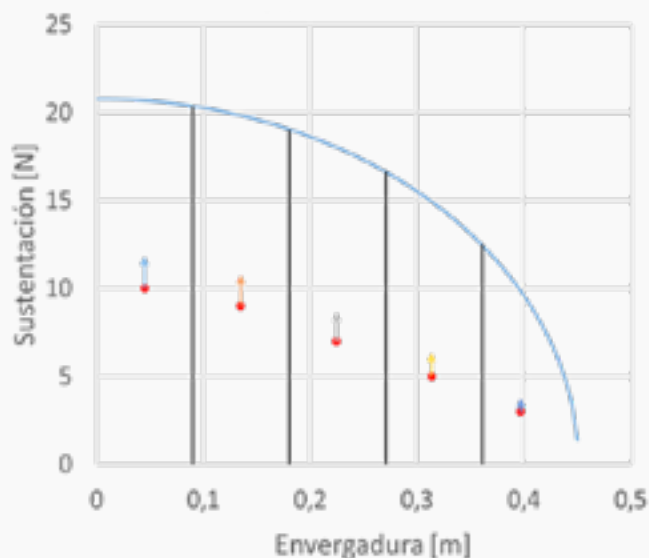


Por otra parte, es necesario calcular la distribución de la carga de sustentación sobre el ala de geometría rectangular. Para este tipo de ala y durante un vuelo recto y nivelado se puede asumir una distribución de carga elíptica a lo largo de la envergadura. La ecuación 1 describe este tipo de distribución, en donde L_i es la sustentación en cada estación, L_T es la sustentación inicial de la curva de Shrenk, y la distancia de la raíz hasta el punto de envergadura a estudiar y b es la envergadura total del ala (Anderson, 2011).

$$L_i = L_T \sqrt{1 - \left(\frac{y}{b/2}\right)^2} \quad (1)$$

Aplicando la ecuación, se obtiene la distribución de sustentación sobre media sección del ala. La parábola obtenida se dividió en cinco intervalos como se muestra en la Figura 11.

Figura 11. Cargas equivalentes por secciones



En cada una de las secciones se calculó el centroide y la magnitud de la carga puntual equivalente a la fuerza distribuida en cada intervalo, como se presenta en la Tabla 2.

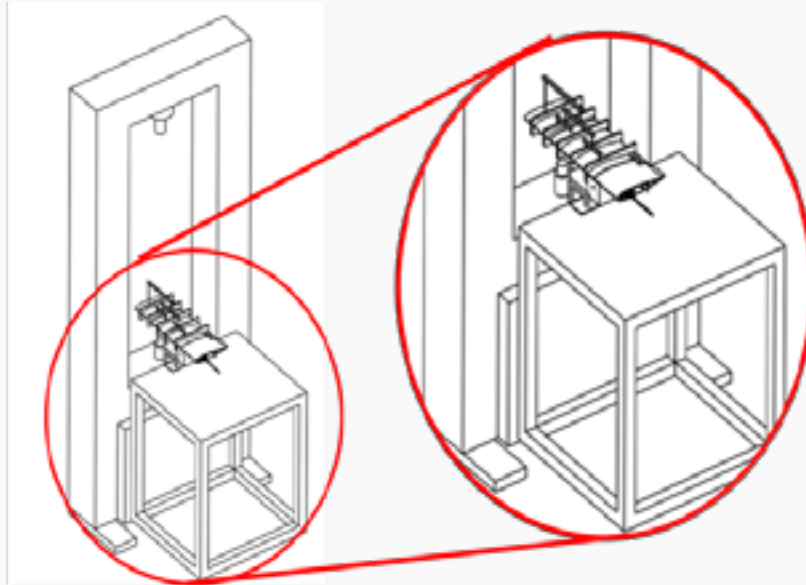
Tabla 2. Cargas equivalentes de sustentación

Segmento [m]	Carga de sustentación [N]	Centroide [m]
[0; 0,0902]	1,8609	0,0449
[0,0902; 0,1804]	1,7836	0,134801
[0,1804; 0,2706]	1,6177	0,22448
[0,2706; 0,3608]	1,32925	0,31359
[0,3608; 0,451]	0,76581	0,3972



Con el cálculo y ubicación de las cargas en los centroides a través de análisis estático de barras se encontró la disposición final del mecano de carga. En la Figura 12 se observa una aproximación final del montaje completo del ensayo en la máquina universal.

Figura 12. Montaje del ala y mecano de carga.



CONCLUSIONES

La técnica de modelado por deposición fundida permite una gran flexibilidad en los procesos de diseño y manufactura, ya que permite desarrollar prototipos preliminares en corto tiempo, con el fin de evaluar sus características y funcionalidad.

La implementación de técnicas de modelado por deposición fundida en la fabricación de partes de aeronaves no tripuladas permitió el diseño y manufactura de la superficie alar rectangular y con un arreglo estructural interno tipo kagome.

El material PLA es muy utilizado por referentes bibliográficos consultados, debido a que es fácil de manipular y de imprimir. Adicionalmente, su baja densidad y alta resistencia mecánicas son factores a su favor.

Para la impresión de la superficie alar bajo este método de manufactura se requiere un control minucioso y preciso de variable durante la impresión como la temperatura del extrusor y de la cama, velocidad de impresión, altura de las capas, velocidades de retracción y soportes, todo ello encaminado a obtener un modelo funcional y apto para una validación experimental bajo la máquina universal de ensayos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este estudio quieren expresar su agradecimiento a la Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá por proporcionar los medios y los recursos económicos para el desarrollo de la presente investigación. Igualmente, quieren



agradecer a los miembros del Semillero de Aeronaves No Tripuladas de la Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá por el apoyo y compromiso durante la ejecución del proyecto.

REFERENCIAS

Agudelo, D., Ibarra, A., Cruel, C., Díaz, D., Montoya, M., & Hernandez, C. (2019). Caracterización de las propiedades mecánicas de probetas fabricadas bajo la técnica de modelado por deposición fundida. En E. Serna M, Desarrollo e innovación en ingeniería (págs. 497-507). Medellín: Instituto Antioqueño de Investigación.

Agudelo, D., Merchan, F., Nieto, S., & Rodríguez, S. (2019). Caracterización de las propiedades mecánicas a compresión de estructuras tipo sándwich con núcleo celular manufacturadas bajo técnica de deposición fundida. En E. Serna M, Desarrollo e innovación en ingeniería (págs. 120-131). Medellín: Instituto Antioqueño de Investigación.

Anderson, J. (2011). *Fundamentals of Aerodynamics*. New York, NY: McGraw Hill.

Calzado, M., Porras, J., Domínguez, I., Romero, L., & Espinosa, M. (2014). La fabricación aditiva: la evidencia de una necesidad. *Fabricación aditiva*, 64-82.

Goh, G., Agarwala, S., Goh, G., Dikshit, V., Sing, S., & Yeong, W. (2017). Additive manufacturing in unmanned aerial vehicles (UAVs): Challenges and potentials. *Aerospace Science and Technology*, 63, 140-151.

Ngo, T., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B*, 143, 172-196.

Nicolas, M., Sullivan, R., & Richards, W. (2016). Large Scale Applications Using FBG Sensors: Determination of In-Flight Loads and Shape of a Composite Aircraft Wing. *Aerospace*.

Santos, E., Shiomi, M., Ozakada, K., & Laoui, T. (2006). Rapid manufacturing of metal components by laser forming. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 1459-1468.

Torreblanca, D. (2016). Tecnologías de Fabricación Digital Aditiva, ventajas para la construcción de modelos, prototipos y series cortas en el proceso de diseño de productos. *IconoFacto*, 118-143.



ELABORACIÓN DE MÓDULOS ACÚSTICOS A BASE DEL BAGAZO DE LA PLANTA DE FIQUE

Cristian Nicolás Camargo Corredor (autor 1), Institución, Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia "UPTC", crinicacor98@gmail.com, Duitama

Carlos Ernesto Maldonado Chaparro (autor 2), Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia "UPTC", Carlos.maldonado04@uptc.edu.co, Duitama

Gina Paola prieto Ramírez (autor 3), Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia "UPTC", gina_11_0102@hotmail.com, Duitama

Fabián Eduardo Florián Peña (autor 4), Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia "UPTC", faflorian0912@gmail.com, Duitama

RESUMEN

El municipio de Garagoa se caracteriza por ser uno de los catorce municipios del valle de Tensa en formar parte de la cadena nacional de fique y ser centro de acopio de la materia prima, todo esto se realiza en la vereda Guànica, donde se encargan del cultivo, extracción y comercialización del fique. Los cultivadores al momento del proceso de desfibrado de la hoja del fique o penca para la obtención de la fibra larga o cabuya generan un desperdicio del 96% de la composición de la misma, este se compone de 90% jugo de fique, 0.4% de estopa o fibra corta y 9.6% de bagazo que está combinado entre pulpa vegetal, partículas de estopa y fibra larga, estos desperdicios para los cosechadores no representa un beneficio económico ya que ellos lo utilizan como abono para el cultivo del fique o alimento para rumiantes; de acuerdo a esta información se realizaron consultas y trabajos de campo sobre el bagazo para elaborar probetas de 25cm x 2.5 cm x 0.25 mm utilizando como matriz resina de poli estireno en moldes elaborados en silicón de acuerdo a la norma ACTM – D3039, lo que se busca con estas probetas es elaborar más adelante módulos acústicos que posean la capacidad de absorber y minimizar las ondas sonoras que se transmiten por aire y reducir las vibraciones de las estructuras. Gracias a esto se generará una nueva alternativa para los mercados de paneles acústicos ecológicos que actualmente solo fabrican a partir de aglomerados compuestos de partículas de cáñamo, corcho y viruta de madera.

PALABRAS CLAVE

Fique, bagazo, modulo acústico.

ABSTRACT

The municipality of Garagoa is characterized by being one of the fourteen municipalities of the Tensa Valley in being part of the national fique chain and being a collection center for the raw material, all this is done in the Guànica village, where they are responsible for the cultivation, extraction and marketing of the fique. The growers at the time of the process of defibration of the leaf of the fique or penca to obtain the long fiber or cabuya generate a waste of 96% of the composition of the same, this is composed of 90% fique juice, 0.4% of bast or short fiber and 9.6% of bagasse that is combined between vegetable pulp, bast particles and long fiber, these waste for the harvesters does not represent an economic benefit since they use it as fertilizer for the cultivation of the fique or food for ruminants; According to this information, consultations and field work were carried out on the bagasse to produce 25cm x 2.5 cm x 0.25 mm specimens using as a polystyrene resin matrix in molds made of silicone according to the ACTM - D3039 standard, what is sought with these probes is to develop later acoustic modules that have the capacity to absorb and reduce the sound waves that are transmitted by air and reduce the vibrations of the structures. Thanks to this, a new alternative will be generated for the ecological acoustic panel markets that currently only manufacture from agglomerates composed of hemp, cork and wood chip particles.



INTRODUCCIÓN

El siguiente documento recopila la información y el proceso para la elaboración de “módulos acústicos a base del bagazo de la planta de fique”, este proyecto se enmarca dentro de la carrera de diseño industrial para la materia máquinas y herramientas, con el propósito de generar una nueva alternativa para el mercado de módulos acústicos ecológicos que actualmente solo se elaboran con cáñamo, corcho y viruta de madera.

Razón por la cual el proyecto analiza la información generada por las consultas y el trabajo de campo realizado, con el fin de volver a implementar la cadena productiva del fique ya que se encuentra reducida por otros productos, brindando una alternativa a base del bagazo como insumo para los módulos enunciados.

A base de pruebas en probetas se estandarizará los requerimientos técnicos que debe cumplir el modulo, para la elaboración de una máquina que tecnifique el proceso de producción de estos.

MATERIALES Y MÉTODOS

METODO PARA LA OBTENCION DE MODULOS ACUSTICOS

Materiales

1. Resina poliéster RP p2002
2. Bagazo del desfibrado de la planta de fique (secado)

NOTA: el bagazo debe encontrarse almacenado dentro de hojas de papel periódico para absorber la humedad del material y acelerar el proceso de secado, ya que si se encuentra dentro de bolsas plásticas se conservará la humedad del material.

3. Estireno
4. Octoato
5. MEK
6. Palos para revolver
7. Vasos desechables (PP)

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

1. 2 moldes elaborados en silicón con medidas de 12x12 cm
2. Gramera
3. Tamizador

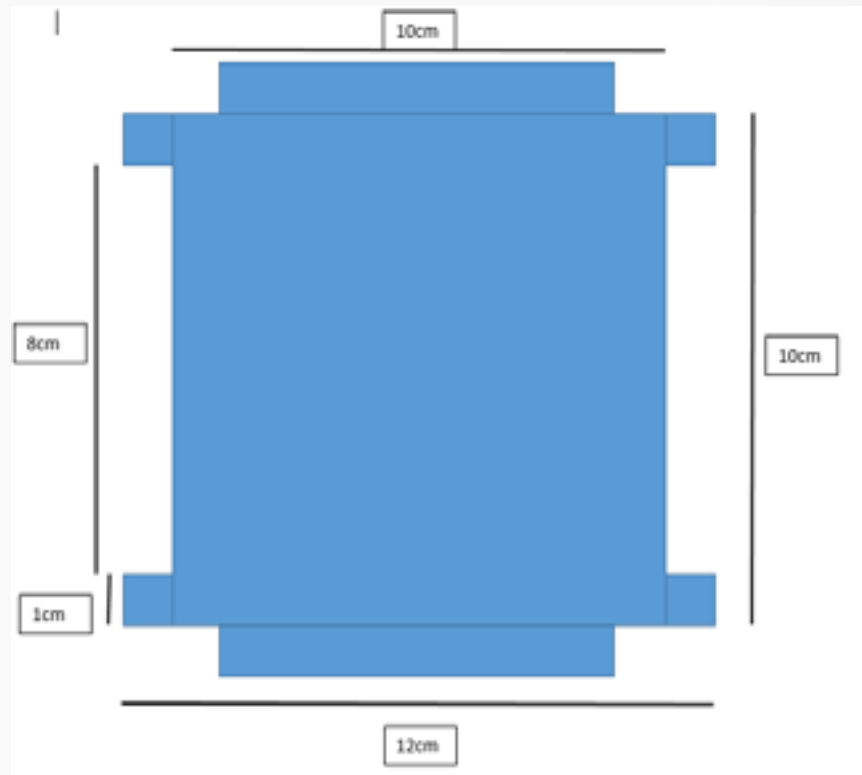
ELEMENTOS DE PROTECCION

1. Overol
2. Mascara con filtro
3. Guantes
4. Botas de seguridad



PROCEDIMIENTO / METODO

1. Con el tamizador filtrar en partículas homogéneas el bagazo del fique, que previamente se ha puesto a secar.
2. Calcular el volumen del molde de silicón



Calculamos el cuadrado interno de $10 \times 10 \times 0.6$ (espesor) = 60 cm^3

Calculamos los rectángulos laterales de $8 \times 1 \times 0.6 = 4.8 \text{ cm}^3$

Calculamos los cuadrados pequeños de $1 \times 0.6 \times 0.6 = 0.36 \text{ cm}^3$

Calcular el volumen total del molde:

$$V = 60\text{cm}^3 + (2 \times 4.8\text{cm}^3) + (4 \times 0.36\text{cm}^3) = 71.04\text{cm}^3$$

$$V = 72\text{cm}^3 \text{ aproximadamente.}$$

3. Calcular los porcentajes de resina, bagazo, estireno, octoato, MEK.



NOMBRE	CANTIDAD (gr)	CANTIDAD %
Resina RP (P 2002)	57.6 gr	80%
Carga (bagazo de fique)	7.2 gr	10%
Estireno	3.6 gr	5%
Octoato	8 gotas	2%
MEK	12 gotas	3%
Volumen total	72 cm ³ = 72gr	100 %

NOTA: estas cantidades y porcentajes se obtuvieron por regla de tres.

4. En un vaso desechable pesar en la gramera 57.6gr de la resina.
5. Agregar 7.2 gr de carga y mezclar lentamente para evitar generar burbujas
6. Agregar 3.6 gr de estireno a la mezcla y volver a combinar lentamente, para adelgazar la viscosidad de la resina
7. Agregar 8 gotas de octoato a la mezcla que funciona como iniciador para fraguar y compactar los componentes que se combinan lentamente
8. Por último, se aplica 12 gotas de catalizador MEK, que en conjunto con el octoato brindan la reacción para el curado de la pieza, todo esto se debe mezclar rápidamente para en el menor tiempo posible trasvasarlo al molde de silicón.
9. Esparcir toda la mezcla de manera homogénea en todo el molde.
10. Una vez homogeneizada toda la mezcla se debe calcular 30 minutos para el proceso de fraguado y 12 horas para curado total de la pieza.
11. Al cabo de estas 12 horas desmoldar las piezas y eliminar las rebabas causadas por el exceso de material.

NOTA: El procedimiento anterior se debe repetir 5 veces para obtener el cubo para las pruebas.

PRUEBA DE PRESION SONORA PARA LOS MODULOS ACUSTICOS

Materiales

1. Video "prueba de sonido" https://www.youtube.com/watch?v=8-Mz6cRA-_8&t=244s
2. Cubo de probetas elaborado a base del bagazo de la planta de fique
3. Cubo elaborado con cubetas de huevo
4. Habitación con mínima producción sonora
5. Herramientas y equipos



1. Computador
2. Parlante
3. Herramienta Excel

Procedimiento

Pre alistamiento de materiales

1. Búsqueda del video “prueba de sonido”
2. Vinculación vía bluetooth del parlante y el computador
3. Calibración de la aplicación “Sound analyzer App”

Proceso

1. Ubicar el parlante en la sala sin algún material cerca de absorción de ondas sonoras y ubicar el celular con la aplicación Sound analyzer App a una distancia de 10 cm
2. Reproducción del video “prueba de sonido” que emite al inicio 150 Hz hasta los 5kHz por un periodo de 2 min y medio para pausar la aplicación
3. Descargar el registro de la prueba, para su posterior análisis



NOTA: Para este análisis se debe tener en cuenta las variables LAF, que corresponden al nivel sonoro continuo equivalente de respuesta rápida, LAeq, nivel sonoro continuo equivalente y estas variables con respecto al tiempo.

4. Se ubica el parlante dentro del cubo a base del bagazo de fique teniendo en cuenta que el sensor se ubica a fuera del cubo, que es factible analizar el nivel de absorción del material
5. Se repite los pasos 2 y 3

NOTA: Para este análisis se debe tener en cuenta las variables LAF, que corresponden al nivel sonoro continuo equivalente de respuesta rápida, LAeq, nivel sonoro continuo equivalente y estas variables con respecto al tiempo.

6. Se ubica el parlante adentro del cubo de bagazo de fique acompañado del sensor
7. Se repite el paso 2 y 3

NOTA: Para este análisis se debe tener en cuenta las variables LAF, que corresponden al nivel sonoro continuo equivalente de respuesta rápida, LAeq, nivel sonoro continuo equivalente y estas variables con respecto al tiempo.

8. Se ubica el parlante adentro del cubo elaborado con cubetas de huevo con el sensor a fuera de este.
9. Se repite el paso 2 y 3

NOTA: Para este análisis se debe tener en cuenta las variables LAF, que corresponden al nivel sonoro continuo equivalente de respuesta rápida, LAeq, nivel sonoro continuo equivalente y estas variables con respecto al tiempo.

10. Se ubica el parlante adentro del cubo elaborado con cubetas de huevo acompañado del sensor
11. Se repite el paso 2 y 3

NOTA: Para este análisis se debe tener en cuenta las variables LAF, que corresponden al nivel sonoro continuo equivalente de respuesta rápida, LAeq, nivel sonoro continuo equivalente y estas variables con respecto al tiempo.

12. Análisis de los archivos descargados por medio de Excel, donde se analiza solamente las variables LAF, LAeq a través de la herramienta grafica de líneas.



RESULTADOS Y DISCUSIONES

Después de elaborar las probetas de acuerdo a los porcentajes obtenidos con los cálculos realizados y de esperar los tiempos establecidos para el fraguado y curado de las mismas se obtuvieron probetas que reflejaron imperfecciones por fallos al momento de su elaboración.

Tabla 1. Tiempos de elaboración de los módulos


Módulo de probetas (6 módulos)	Tiempo de preparación total de la mezcla	Tiempo de fraguado	Tiempo de curado
	<p>El tiempo de elaboración de la mezcla para los muros acústicos fue de 10 min.</p>	<p>El tiempo de elaboración de la mezcla para los muros acústicos fue de 10 min.</p>	<p>Para el curado total de cada uno de los módulos se necesita 12 horas a partir de que estas fraguan completamente.</p>

Figura 1. Probetas elaboradas a base del bagazo de la planta de fique



Tabla 2. Observaciones



Módulo de probetas (6 módulos)	Observaciones
	<ol style="list-style-type: none"> 1. En algunas de estas probetas se evidencio fallas de porcentajes de carga de bagazo, se concluye que el error se debió por falla humana y mala calibración de la gramera. 2. Al momento de revolver los componentes de resina y bagazo con el estireno, octoato y mek se produjo un exceso de burbujas al mezclar demasiado rápido estos componentes, por lo cual se realizó un proceso de vibración para eliminar el exceso de estas. 3. Debido a que las probetas se elaboraron en moldes de silicón se evidencio que este material no fue apto para el comportamiento de la mezcla, ya que generaba imperfecciones que se evidenciaron al momento del curado y debilitaban con cada elaboración el material del molde.

Figura 2. cubo elaborado con los módulos del bagazo de fique



Tabla 3. Observaciones del cubo

Cubo de probetas (6 módulos)	Observaciones
	<ol style="list-style-type: none"> 1 Por fallas del molde, las probetas obtenidas presentaron fallas en las uniones establecidas por los autores, por lo cual se requirió rellenar los espacios existentes con silicona para evitar fugas al momento de realizar la prueba de SPL 2 Se percibe que debido a que cada probeta posee un espesor diferente las ondas sonoras al momento de rebotar contra estas producen un sonido diferente. 3 Por las deformaciones de cada probeta, el cubo no es completamente estable por lo que puede incidir en la prueba SPL.



RESULTADOS Y DISCUSIONES DE LAS PRUEBAS SPL

Después de obtener el cubo realizado con las probetas de bagazo del desfibrado de la planta de fique se realizaron pruebas de medición del nivel de presión sonora (SPL) para medir la capacidad de absorción que tiene el objeto y su comparación con otro módulo de igual propósito.

Tabla 4. Cuadro comparativo de las 5 pruebas de SPL

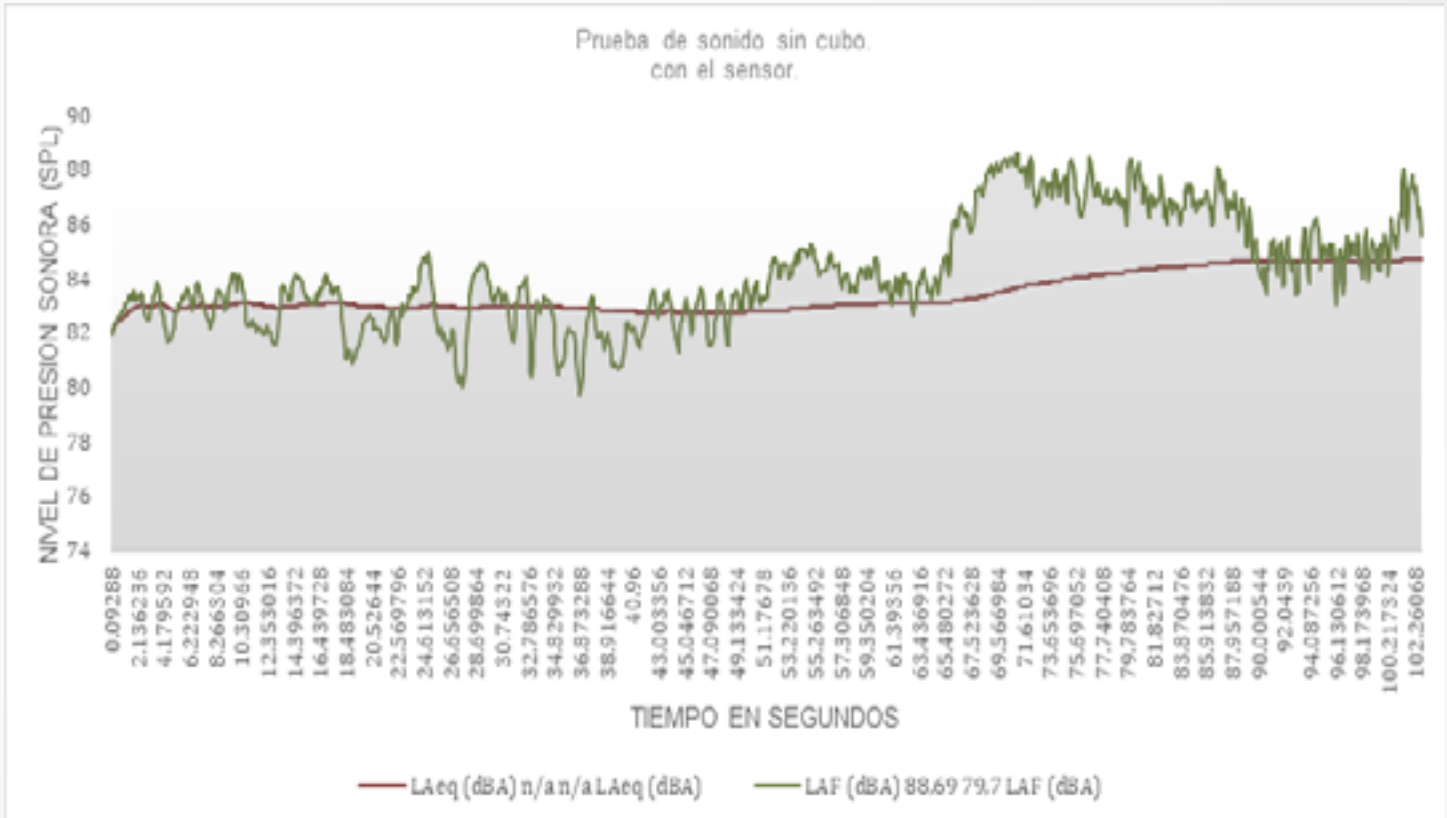
Prueba	Nivel sonoro continuo equivalente LAeq (dBA)	Nivel sonoro continuo equivalente de respuesta rápida LAF (dBA)	Cantidad de absorción acústica (dBA)
sin cubo	84.75	86.59	0
Cubo de bagazo con el sensor dentro	77.47	67.6	7.28
Cubo de bagazo con el sensor fuera	64.51	63.01	20.24
Cubo de cartón de huevos con el sensor dentro	71.9	63.7	12.85
Cubo de cartón de huevos con el sensor fuera	83.59	80.68	1.16

De la anterior tabla comparativa se puede observar una absorción del cubo de bagazo con el sensor fuera del 20.24 dBA y con el cubo de cartón de huevos con el sensor dentro del 12.85 dBA.

Las siguientes graficas expuestas hacen referencias a las pruebas más relevantes en los resultados siendo la primera la prueba en la cual se midieron los decibeles (dBA) del parlante sin ningún cubo que lo rodeara y otra en la que el parlante dentro del cubo de bagazo de fique con el sensor por fuera de este para determinar la cantidad dBA que absorbe el material.

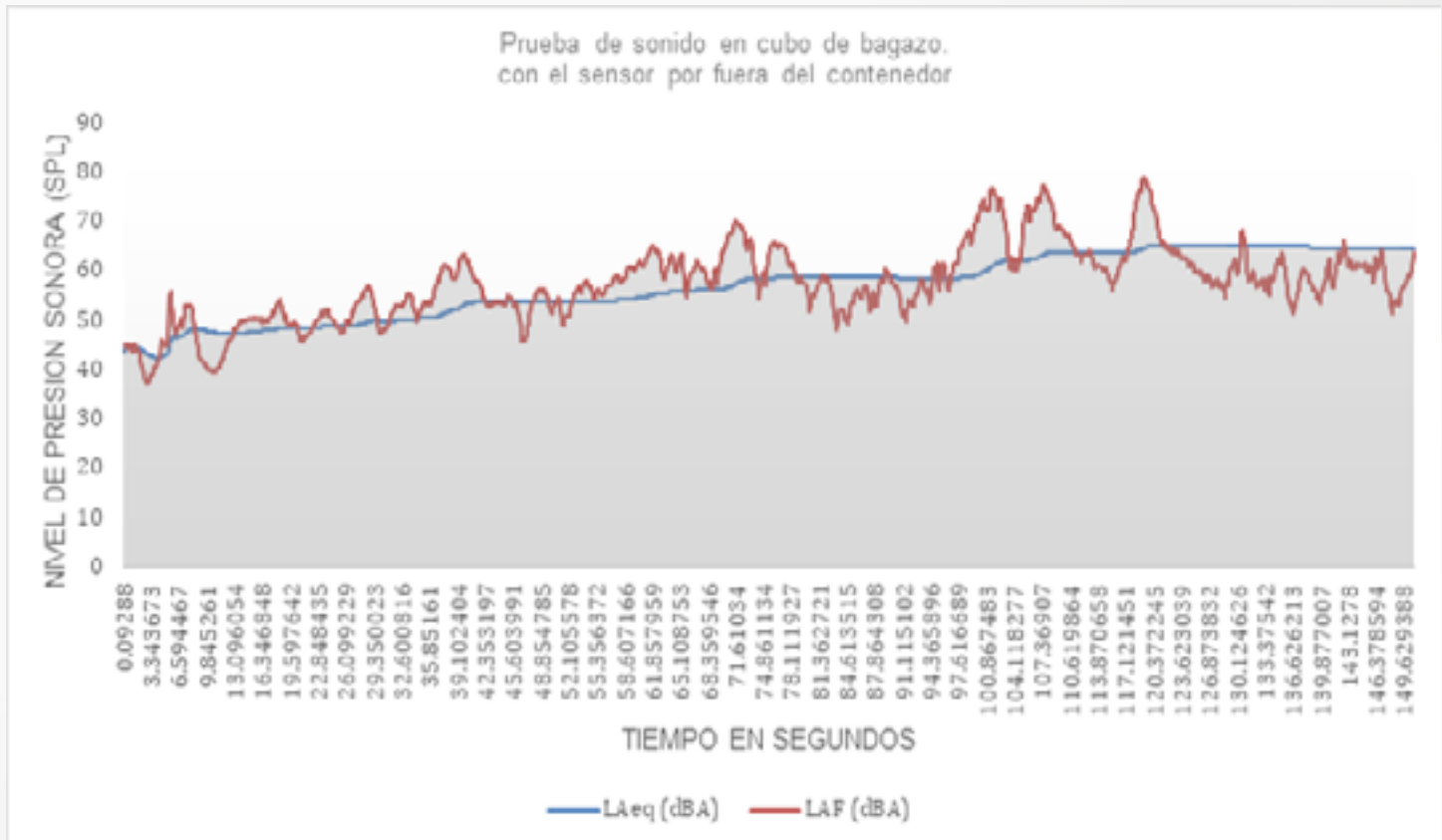


Grafica 1. prueba de medición sonora sin cubo





Grafica 2. Prueba de medición sonora del cubo de bagazo del desfibrado del fique con el sensor por fuera



Comparando las dos anteriores graficas de líneas se puede divisar un registro más homogéneo del nivel sonoro equivalente en la prueba de sonido en cubo de bagazo con el sensor por fuera del contenedor siendo un mejor resultado en cuanto a la percepción en dB(A).

CONCLUSIONES

- Se determinó que, para la elaboración de las probetas, los moldes deben ser metálicos para ser acorde a la estandarización de los acabados y medidas de los módulos.
- Tamizar varias veces el bagazo para obtener partículas completamente homogéneas, esto logrará que las partículas queden completamente esparcidas por el molde, que ayudarán a absorber las ondas sonoras por completo y darán mejores acabados.
- Aprovechando que el bagazo al momento de la elaboración de las probetas brinda texturas con relieves que ayudan a que por sus deformaciones resulte un factor a favor ya que ayuda a absorber la presión sonora.
- Dado los resultados obtenidos por la prueba de SPL se puede concluir que, comparando los cubos de bagazo y cubetas de huevos, el cubo de bagazo absorbe 20,24 decibels a comparación de las de huevo que absorben 1.16 decibels.
- Según las gráficas anteriores se deduce que, para aumentar el rendimiento de las probetas en cuanto a su absorción sonora en espacios internos, se determinó que una de sus caras que está ubicada en la parte externa debe poseer un relieve y la otra una cara lisa.



- El rendimiento de la variable LAeq y la LAF, según las gráficas eran más homogéneas en la prueba con el cubo de bagazo que en la que solo estaba el parlante. Lo que determina que el cubo de bagazo controla las interferencias estáticas del sonido.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento al nuestro director de proyecto Jorge Arturo Torres Pemberti, a las instalaciones de la universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, grupos de investigación y compañeros de nuestra clase.

REFERENCIAS

Duque Londoño, D. (2011). Sistema para la optimización de los subproductos del fique.

Navacerrada, M. A., Díaz, C., Pedrero, A., Isaza, M., Fernández, P., Álvarez-Lopez, C., & Restrepo-Osorio, A. (2016). Caracterización acústica y térmica de no tejidos basados en fibras naturales. In Euro Regio. Porto-Portugal

Maiti, R.K (1995). Fibras vegetales en el mundo: aspectos botánicos, calidad y utilidad. Trillas



CICLO SOSTENIBLE DE LOS RESIDUOS DE LAS PLACAS DE YESO LAMINADO “TRANSFORMACIÓN Y USO”

Jennyfer Triana. Sena, Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción, Sedeicos. jetrianam@sena.edu.co
Carlos Alberto Londoño, Sena, Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción, Sedeicos. clondono@sena.edu.co

RESUMEN

La selección y producción de materiales de construcción no es tarea sencilla, en la actualidad la producción, comercialización y desechos es insostenible. Esto permite que la industria aumente el reciclaje, la reutilización de recursos y la disminución de consumo de materiales. Lo anterior permitió que la presente investigación planteara un escenario de residuos de las placas de yeso laminado (RPLYL) y crear un perfil ambiental para la recuperación de los mismos, lo que concluyó que los RPLYL son recuperables hasta en un 48%, el cristal de yeso sometido a la temperatura de calentamiento 170°C/6 h permitió que el residuo del yeso obtuviera adherencia a una superficie y se comportara de una manera similar al estuco tradicional.

ABSTRACT.

The selection and production of construction materials is not a simple task. Currently the production, marketing and waste is unsustainable. This allows the industry to increase recycling, reuse of resources and decrease material consumption. This facts allowed the present investigation to propose a scenario of laminated plasterboard (LP) waste and create an environmental profile for their recovery, which concluded that LPW are recoverable by up to 48%. The glass of Plaster subjected to the heating temperature 170 ° C / 6 h allowed the plaster residue to obtain adhesion to a surface and behave in a manner similar to traditional stucco.

PALABRAS CLAVE.

Perfil ambiental, escenario de residuos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El yeso es un material que necesita de temperaturas de cocción para ser utilizado como moldura y estuco en el sector de la construcción. Los RPLYL son retazos asimétricos que están compuestos en tres capas: papel cartón-yeso-papel cartón, esta composición permite aprovechar el yeso encontrado en los residuos de drywall como materia prima para el proceso de estuco en las actividades de obra blanca en el sector de la construcción.

1. MÉTODO DE ESTUDIO

La gestión sostenible de los residuos sólidos, en los países en desarrollo se considera una solución viable para mejorar la sostenibilidad ambiental, la inclusión social y la reducción de la pobreza (Lino e Ismael, 2012), incluso son temas de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) introducido por las Naciones Unidas para difundir un crecimiento sustentable, uno de estos se menciona en el objetivo 12 “ciclo de vida de los desechos sólidos”, en especial para los países en vía de desarrollo (Rodic y Wilson, 2017). Esto ha permitido reciclar y usar materias primas secundarias (SRM) (Papargyropoulou et al., 2015), difundir soluciones innovadoras, como los escenarios integrados de gestión, los cuales evalúan la combinación de diferentes tecnologías y, con lo anterior, lograr sistemas de recolección con una solución óptima (Asnune et al., 2016).



Lo anteriormente descrito permitió plantear un escenario de residuos, en donde se logrará implementar técnicas y herramientas para transformar los RPYL y convertir el cristal del yeso reciclado en materia prima para la aplicación de estucos en el proceso de obra blanca.

Técnicas y herramientas para la transformación de los RPYL.

- La primera técnica es la trituración en una machacadora de mandíbula de carcasa. Sus dientes se fijan a una distancia de 2 mm para ejecutar el proceso de machacado a un retaso de residuo de yeso estandarizado, de 5 cm de ancho por 10 cm de largo.
- La segunda técnica es el tamizaje primario que permite transformar los residuos de PYL. En la trituración se logra obtener un polvo de residuo de yeso, este mismo se encuentra mezclado con papel cartón, lo que hace fundamental implementar un proceso de tamizaje para poder descontaminar el yeso. El tamaño de la malla utilizada para este proceso es de 4 mm y el tamizaje fue realizado de manera manual.
- La tercera técnica es el proceso de molienda, que es una técnica utilizada para brindarle mayor finura al residuo de yeso y que permita homogenizar la muestra. Este proceso es realizado con un molino multiuso de laboratorio.
- La cuarta técnica y última es el tamizaje secundario, el cual es realizado en un tamiz malla 8 para eliminar aquel material que no posee un tamaño de material tipo polvo.
- La muestra reciclada en polvo es sometida al horno a una temperatura 170°C/6 h con la finalidad de activar algunas propiedades químicas del residuo de yeso y obtener una viabilidad técnica del material para reutilizarlo en el proceso de estuco tradicional. La figura 1 ilustra las herramientas utilizadas en el proceso de recuperación del cristal yeso.



Figura 1. Herramientas utilizadas en el proceso de recuperación del cristal yeso.



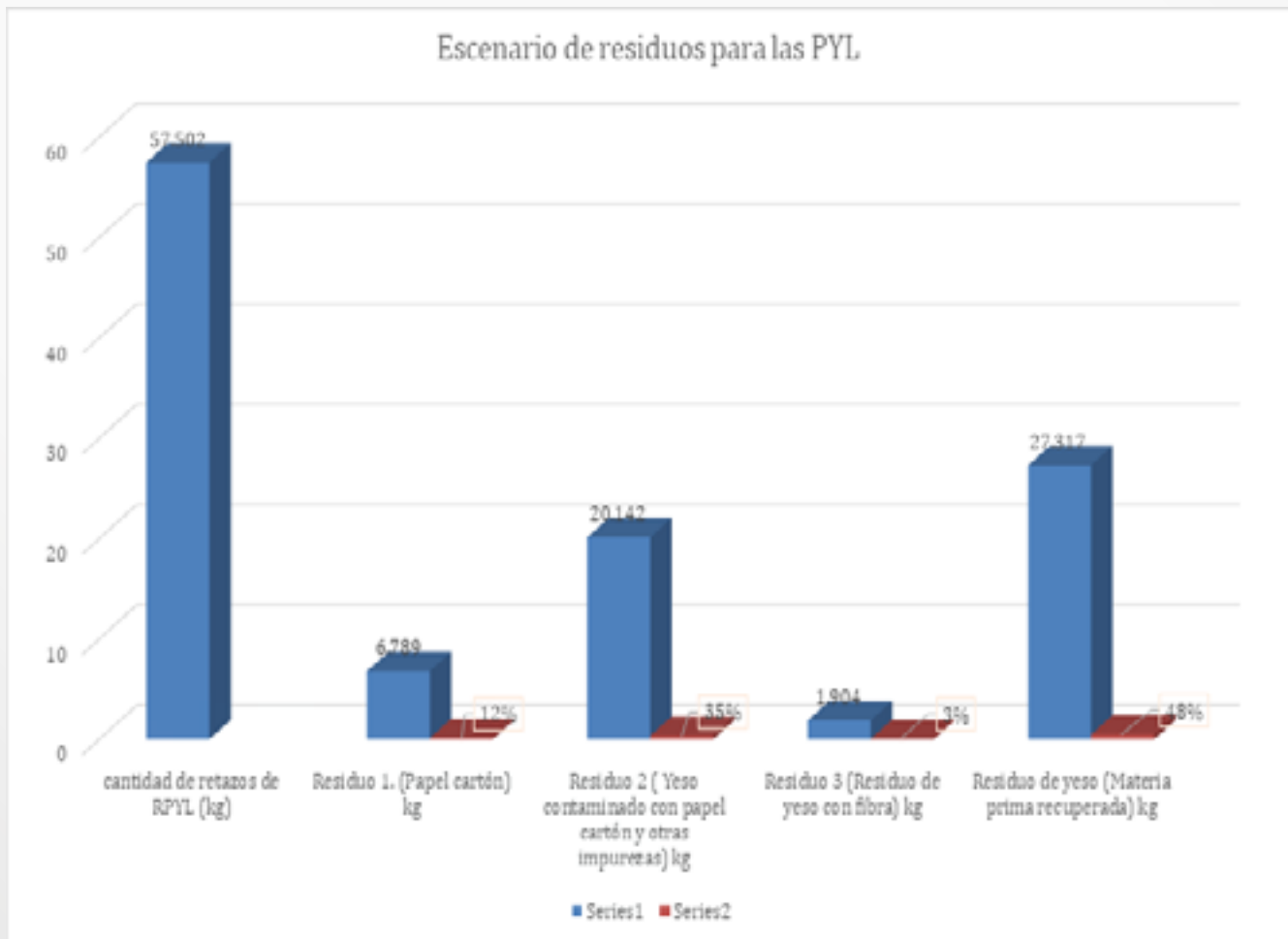


RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultado uno.
Escenario de residuos.

Realizar un escenario de residuo a la recuperación del yeso proveniente del drywall, permitió una recuperación de los RPYL del 48% en volumen. Con el propósito de implementarlo como materia prima en el proceso de acabados de la construcción y, consecuentemente, poder determinar si este proceso cumple con la meta que se plantea Colombia en el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 12 (Producción y consumo responsable); el cual, para el 2022 se espera sea del 12% y para el 2030 del 17,9% (CONPES 3918, 2018). La grafica 1 ilustra el planteamiento del escenario de residuos para la recuperación del cristal del yeso proveniente de los RPYL.

Grafica 1. Escenario de residuos para la recuperación del cristal yeso proveniente de los RPYL.





Resultado dos.

Residuo de yeso para utilizar como estuco tradicional en el proceso de revestimiento.

Los revestimientos forman parte de la arquitectura para otorgar a las viviendas mayor carácter estético o simplemente se usan para brindar propiedades físicas como son: impermeabilización y mejor comportamiento térmico. El estuco es un material fácil de manipular y necesita de sucesivos trabajos de desbastados y pulido, por lo que necesita una gran demanda de mano de obra. Este mismo tiene la limitante que no se puede utilizar en grandes superficies, pero tiene la gran ventaja cubrir las imperfecciones de las paredes. Para poder cumplir con estas condiciones del estuco tradicional, el residuo de yeso utilizado del drywall, se propusieron los siguientes parámetros técnicos:

- Temperatura de calentamiento: 170°C
- Tiempo de calentamiento: 6 h
- Muro seleccionado para aplicar el estuco: tradicional, con las siguientes medidas 2,34 m de alto, 82 cm de ancho. Su aplicación se realizó en tres capas y la dosificación se muestra en la tabla 1. La imagen 1 ilustra la aplicación del residuo de yeso como estuco tradicional.

Tabla 1. Dosificación establecida para aplicar el yeso reciclado como estuco tradicional en tres capas de aplicación

Capa 1 (Dosificación)		Capa 2 (Dosificación)		Capa 3 (Dosificación)	
Agua (l)	Residuo de yeso (kg)	Agua (l)	Residuo de yeso (kg)	Agua (l)	Residuo de yeso (kg)
1		3/4	1.5	1/2	0,5

Imagen 1. Muro de ensayo para la aplicación del estuco tradicional con yeso reciclado.





Discusión

Se logró plantear un escenario de residuos y determinar cuánto desecho se deja de eliminar al ambiente con la recuperación de los RPYL. Elaborar un perfil de impacto en el consumo energético de la recuperación del yeso es fundamental, ya que es el factor dominante.

Se tiene conocimiento que el componente químico dominante de los RPYL es el sulfato de calcio (CaSO_4), se sugiere para futuras investigaciones realizar una caracterización de materiales para los residuos de yeso, ya que el drywall posee algunos aditivos que forman componentes químicos diferente al sulfato de calcio.

CONCLUSIONES.

El planteamiento del escenario de residuos permitió determinar que los RPYL son recuperables hasta en un 48%.

Someter el residuo de yeso a una temperatura de calentamiento 170°C y en un tiempo de 6 h, permitió trabajar el material durante cinco minutos para la aplicación de estuco tradicional y ser viable como material utilizable en obra.

REFERENCIAS.

- Asnoune, & Mesghouni. (2016). Búsqueda de una gestión óptima y económica de residuos domésticos de Tiaret (Argelia Occidental) . Residuos solidos , 1136-1147.
- Colombia, C. N. (2018). Estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en Colombia . Bogotá D.C.: Departamento Nacional de Planeación.
- Lino, F., & Ismael, K. (2012). Análisis del potencial de los residuos sólidos municipales en Brasil . Medio ambiente. , 105-113.
- Papargyropoulou, & Soudmant. (2015). El caso económico para la gestión de residuos con bajas emisiones de carbono en ciudades de rápido crecimiento en el mundo en desarrollo . Medio ambiente , 11-19.
- Rodic, L, & Wilson. (2017). Prolemas de gobernanza para lograr los objetivos prioritarios de desarrollo sostenible relacionados con la gestión de residuos sólidos en países en desarrollo. . Sostenibilidad , 12-14.

