



UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CUENCA
COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

Análisis del óxido metálico para revestimientos en fachadas

Autor:

Byron Fernando Quituisaca
León

Director:

MSc. Arq. José Francisco
Pesántez Pesántez

Trabajo de Titulación presentado ante la
Universidad Católica de Cuenca

como requisito para optar al título de:

Arquitecto

Julio - 2019

Declaración

Yo, **Byron Fernando Quituisaca León**, con cédula de identidad 0105332001, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. Que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y soy responsable de las ideas, doctrinas, resultados y lineamientos alternativos realizados en la presente investigación.
2. Que trabajo es original, siendo resultado de mi trabajo personal, el cual no he copiado de otro trabajo de investigación, ni utilizado ideas, fórmulas, citas completas, ilustraciones, tablas, etc. sacadas de alguna publicación (en versión digital o impresa).
Caso contrario, referencio en forma clara y exacta su origen o autor.
3. Que el trabajo no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.
4. Que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Católica de Cuenca.

Me hago responsable ante la universidad o terceros, de cualquier irregularidad o daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado y asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, responsabilizándome por todas las cargas pecuniarias o legales que se deriven de ello sometiéndome a la normas establecidas y vigentes de la UCACUE.



Byron Fernando Quituisaca León

Certificación

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de ARQUITECTO con el título: "*Análisis del óxido metálico para revestimientos en fachadas*" ha sido elaborado por el Br. **Byron Fernando Quituisaca León**, mismo que ha sido realizado con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que certifico que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.



MSc. Arq. José Francisco Pesantez Pesantez

Dedicatoria

A Dios y la Virgen del Cisne, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta ese momento tan importante de mi formación personal, a mi abuela Rosa por su cariño y apoyo incondicional. Desde lo personal, en memoria de mi tío Manuel A León.

Agradecimientos

A mis padres Manuel y Mercedes quienes con su esfuerzo, amor y paciencia me han permitido alcanzar un sueño más. A mis hermanos por sus consejos y apoyo en la etapa estudiantil, a mi familia por tu cariño. En particular, me gustaría dar las gracias a la Universidad Católica de Cuenca, a sus autoridades y docentes quienes sabiamente y de manera desinteresada compartieron sus conocimientos.

Resumen

El óxido es una reacción química producido por los metales, acción que resulta del metal al estar en contacto con agentes atmosféricos y sustancias químicas, generando una película que transforma las características y pigmentación del material.

La presente investigación en la búsqueda de dar solución a la problemática existente en las intervenciones para materiales de revestimiento de restauración y remodelación, a través de elementos de revestimiento; se propone una alternativa constructiva mediante la propuesta de paneles en fachadas y elementos decorativos, que aprovechan el reciclaje del metal con técnicas de óxido, mediante la reacción de sustancias químicas y naturales aplicados sobre láminas de acero, cobre, bronce y zinc.

Los resultados obtenidos presentan una diversidad de texturas y pigmentaciones que serán medidos a través ensayos de laboratorio bajo las normativas INEN: resistencia a la corrosión, resistencia altas temperaturas, adherencia y brillo, que permitirán garantizar la calidad constructiva del material.

Palabras clave: TÉCNICAS DE OXIDACIÓN, OXIDACIÓN ARTIFICIAL, LIMPIEZA QUÍMICA, PANELES METÁLICO, SISTEMA DE FIJACIÓN.

Abstract

Rust is a chemical reaction produced by metals, an action that results from the metal is in contact with atmospheric agents and chemical substances, generating a film that transforms the characteristics and pigmentation of the material. This investigation forwards of giving solution to the existent problematic in the interventions of restoration and remodeling, through elements of coating; a constructive alternative is proposed through the proposal of panels on facades and decorative elements, which take advantage of the recycling of the metal with oxide techniques, through the reaction of chemical and natural substances applied on sheets of steel, copper, bronze, and zinc. The obtained results have a diversity of textures and pigmentations that will be measured in laboratory tests under the INEN regulations: resistance to corrosion, resistance to high temperatures, adherence, and brightness, which will guarantee the constructive quality of the material.

Keywords: OXIDATION TECHNIQUES, ARTIFICIAL OXIDATION, CHEMICAL CLEANING, METAL PANELS, FIXING SYSTEM.

Introducción

La oxidación es una reacción química donde un metal o no metal pierde electrones, al estar en contacto con el agua, oxígeno, fuego y ácidos oxidantes. Este fenómeno degrada, altera las características físicas y cambia la tonalidad del material.

La mayoría de los metales sufren el proceso de oxidación, se presenta como una alteración de la capa superficial oscurecimiento o aclaración de la tonalidad natural del material.

La investigación con el fin de desarrollar un revestimiento metálico con paneles oxidados, analiza los procesos de oxidación en diferentes metales; a través de métodos naturales y artificial, que permitan generar un marco teórico. Para complementar la investigación se realiza un estudio práctico donde se emplean cuatro materiales: acero, cobre, zinc y bronce en los que se aplicaron diferentes técnicas y métodos de oxidación.

Los elementos planteados serán analizados con ensayos normalizados por el INEN, en laboratorios con el objetivo de conocer propiedades y resultados del material para garantizar su aplicación en el campo constructivo.

Problemática

Falta análisis de materiales degradados por la oxidación o corrosión, ha generado el aumento considerable de desechos metálicos que son depositados en vertederos o arrojados en lugares inadecuados producen óxidos contaminantes y disminución de la vida útil de los materiales metálicos, estos procesos de degradación por consecuencia son causantes de enfermedades respiratorias, virales, renales, entre otros, que afectan la salud del ser humano y altera el medio ambiente, a través de la contaminación del suelo, agua y aire.

Uno de los sectores que mayor contaminación genera es la construcción, debido explotación de recursos naturales, deforestación, consumo energético, entre otros. En el campo de la arquitectura, existen problemáticas en el diseño de los espacios para dar respuesta y plantear soluciones a intervenciones constructivas que demanda derrocar o generar cambios en los revestimientos internos o fachadas en la edificación, exigiendo nuevas adaptaciones que demandan un consumo energético.

La solución de estos problemas se vuelve complicado debido a la incapacidad de adaptabilidad y flexibilidad de los ambientes internos de una edificación por lo que los constructores se ven obligados a derrocar e implementar elementos que permitan satisfacer los nuevos usos.

Objetivos

Objetivo General

- Elaborar un panel metálico con revestimiento de óxido para generar una alternativa constructiva para recubrimientos.

Objetivos específicos

- a) Revisar bibliografía referente a las causas que producen la oxidación en los metales, técnicas oxidación artificial y natural, tipos acabados y protección del material.
- b) Elaborar métodos de oxidación en el cobre, acero, bronce y zinc para su aplicación en paneles de revestimiento.
- c) Realizar ensayos de laboratorio (corrosión, adherencia, brillo y resistencia a altas temperaturas), bajo la normativa INEN.
- d) Desarrollar a escala la propuesta de paneles como alternativa constructiva para la construcción mediante la oxidación del metal.

Justificación

El impacto ambiental ocasionado por la industria de la Construcción desde la época de la Revolución Industrial supuso un gran cambio en las metodologías empleadas en la fabricación de los materiales de construcción, las consecuencias de esto son el agotamiento de las riquezas naturales, aumento de desechos sólidos y el incremento de la emisión de contaminantes producidos en la industria.

Mediante un estudio de la oxidación generado sobre el acero, bronce, zinc y cobre, se puede generar una alternativa de revestimiento en láminas metálicas que servirá como elemento de cierre, en las fachadas de la edificación, muros de ambientes internos o elementos decorativos.

En la zona del Austro existe una gran cantidad de talleres mecánicos industriales que dispone de recursos y herramientas con equipos y materiales necesarios para la elaboración de técnicas aplicables en el panel, se dispone del uso de laboratorios para realizar las pruebas físico-químicas del material que permitan medir la resistencia y composición de los metales empleados en la propuesta de investigación.

El proceso específico se desarrolla en la siguiente fase:

1. Realizar un marco teórico
 - Revisión bibliográfica de, libros, revistas científicas como Rede Revistas Científicas de América Latina y el Caribe - REDALYC y Biblioteca Científica Electrónica en Línea – SCIELO, tesis y monografías.
 - Visitas de campo a los talleres de mecánica industrial para recolectar información.
 - Descripción de la información recolectada
2. Elaborar varios tipos de revestimientos en acero, bronce, cobre y zinc con diferentes métodos investigados.
 - Revestimientos por reacción a química
 - Revestimientos por reacción a altas temperaturas.
3. Análisis de laboratorio mediante ensayos normalizados
 - Descripción del ensayo
 - Procesos de ensayo
 - Descripción de los resultados obtenidos
4. Propuesta de paneles
 - Detalles constructivos de paneles con anclaje oculto y visto.
 - Presupuesto de paneles propuestos
 - Formas de aplicación

Índice de Contenidos

Declaración	I
Certificación	II
Dedicatoria	III
Agradecimientos	IV
Resumen	V
Abstract	VI
Introducción	VII
Problemática	VIII
Objetivos	IX
Justificación	X
Metodología	XI
Índice de Contenidos	XII
Lista de Figuras	XVI
Lista de Tablas	XIX
1. Marco Teórico	1
1.1. Oxidación metálica	1
1.2. Antecedentes del uso del óxido	1
1.3. Oxidación natural en los metales	2
1.3.1. Agentes que provocan la oxidación	3

1.4.	Descripción de los metales	4
1.4.1.	Cobre	4
1.4.2.	Titanio	6
1.4.3.	Zinc	7
1.4.4.	Acero	9
1.4.5.	Aluminio	11
1.5.	Proceso de recubrimientos superficiales del metal	12
1.5.1.	Recubrimientos con pinturas	13
1.5.2.	Componentes de la pintura	13
1.5.3.	Clases de pinturas	13
1.5.4.	Recubrimiento por electrolisis.	14
1.5.5.	Recubrimiento metálico.	16
1.6.	Técnicas de oxidación artificial	17
1.6.1.	Oxidación por calor	17
1.6.2.	Inmersión en frío	18
1.6.3.	Inmersión en caliente	19
1.6.4.	Aplicación en frío	19
1.6.5.	Aplicación con rociador	20
1.6.6.	Aplicación en caliente	21
1.6.7.	Aplicación por contacto	22
1.6.8.	Aplicación por evaporación	23
1.6.9.	Máscaras	23
1.6.10.	Bruñido	24
1.7.	Acabados en la superficie metálica	25
1.7.1.	Acabados bidimensionales	25
1.7.2.	Acabados tridimensionales	29
1.8.	Preparación del metal	31
1.8.1.	Limpieza física	31
1.8.2.	Limpieza química	33
2.	Elaboración de revestimientos a partir de óxido metálico	35
2.1.	Acero oxidado por reacción química	36
2.1.1.	Acero marrón	36
2.1.2.	Acero marrón oscuro	37
2.1.3.	Acero negro	38

2.1.4.	Acero amarillo	39
2.2.	Bronce oxidado por reacción química	40
2.2.1.	Bronce verde	40
2.2.2.	Bronce azul	41
2.3.	Acero oxidado por reacción al calor	42
2.3.1.	Acero azul oscuro	42
2.4.	Zinc marrón oxidado por reacción química	44
2.5.	Cobre oxidado por reacción química	45
3.	Normas, ensayos y resultados de los prototipos	47
3.1.	Resistencia a la corrosión de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) 1192: 2013.	47
3.1.1.	Proceso del ensayo	47
3.1.2.	Resultado del ensayo	48
3.2.	Determinación del comportamiento a altas temperaturas de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) 1193:2013	58
3.2.1.	Proceso del ensayo	58
3.2.2.	Resultados del ensayo	59
3.3.	Determinación del brillo de acuerdo a la norma a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) 950:2013	63
3.3.1.	Proceso del ensayo	63
3.3.2.	Resultados del ensayo	64
3.4.	Determinación de adherencia de acuerdo la Norma Técnica Ecuatoriana INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) 1179:2013	66
3.4.1.	Proceso del ensayo	67
3.4.2.	Resultados del ensayo	67
3.5.	Ensayo a la tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente NTE INEN 109.2009	69
3.5.1.	Proceso de ensayo	69
3.5.2.	Resultados	69
4.	Elaboración panel y sistema de fijación	71
4.1.	Antecedentes	71
4.1.1.	Caixa Forum Caso de estudio	71
4.2.	Elaboración del panel	73
4.3.	Sistema de anclaje	73

4.3.1. Detalles constructivos	74
4.4. Análisis de precios unitarios	94
4.5. Aplicación del panel	97
4.6. Conclusiones y recomendaciones	98
5. Anexos	100
Referencias bibliográficas	144
Referencias	144

Lista de Figuras

1.1. Cierva del camarín de la cueva de Arenaza	1
1.2. Estatua a de la libertad antes y después	2
1.3. Corrosión galvánica	2
1.4. Museo del fuego en Chile	5
1.5. Plancha de cobre oxidada	5
1.6. Museo Guggenheim en Bilbao	6
1.7. Villa serpentine que está ubicada en Francia	8
1.8. Plancha de zinc oxidado	8
1.9. Central Eléctrica de Mediodia (Madrid)	10
1.10. Plancha de zinc oxidado	11
1.11. El Dutchess House N° 1	12
1.12. Recubrimiento por inmersión en metal fundido	17
1.13. Proceso de oxidación inmersión en frío	18
1.14. Proceso de oxidación inmersión en caliente	19
1.15. Aplicación en caliente	22
1.16. Aplicación por evaporación	23
1.17. Acabados mecánicos.	27
1.18. Acabado emboss	29
1.19. Laminas grabada.	29
1.20. Laminas grabadas	30
1.21. Laminas micro-perforadas.	30
1.22. Mallas expandidas.	30

2.1. Proceso elaboración de revestimiento marrón en acero.	36
2.2. Proceso de elaboración de revestimiento negro - marrón.	37
2.3. Proceso de elaboración revestimiento negro	38
2.4. Proceso de elaboración revestimiento acero amarillo	39
2.5. Proceso elaboración de revestimiento verde	41
2.6. Proceso de elaboración de revestimiento azul	42
2.7. Proceso de elaboración de revestimiento azul	43
2.8. Proceso de elaboración de revestimiento marrón	44
2.9. Proceso de elaboración de revestimiento azul	45
3.1. Proceso del ensayo de resistencia a la corrosión	47
3.2. Proceso de elaboración de ensayo	58
3.3. Proceso de elaboración del ensayo	64
3.4. Proceso de elaboración del ensayo	67
3.5. Proceso de ensayo de tracción	69
4.1. Caixa Forum	71
4.2. Caixa Forum	72
4.3. Caixa Forum	73
4.4. Proceso de elaboración del panel	73
4.5. Tipos de paneles	74
4.6. Axonometría anclaje oculto panel de acero	75
4.7. Elevación anclaje oculto panel de acero	76
4.8. Detalle constructivo (anclaje muro)	77
4.9. Detalle constructivo (anclaje al muro y unión de paneles)	78
4.10. Detalle constructivo (remate superior y remate piso)	79
4.11. Detalle constructivo unión vano superior e inferior	80
4.12. Remate esquina tipo 1 y 2	81
4.13. Remate esquina interior y remate cielo raso	82
4.14. Axonometría anclaje visto	83

4.15. Elevación frontal anclaje oculto	84
4.16. Anclaje al muro de forma horizontal y vertical	85
4.17. Remate superior e inferior	86
4.18. Remate vano superior e inferior	87
4.19. Remate esquina tipo 1 y 2	88
4.20. Remate cielo raso y esquina interna	89
4.21. Axonometría panel inclinado	90
4.22. Elevación frontal	91
4.23. Anclaje y unión de los paneles	92
4.24. Anclaje y unión de los paneles	93
4.25. Empleo de paneles oxidados en fachadas	97
4.26. Empleo de paneles oxidados en interiores	98

Lista de Tablas

1.1. Clasificación de los metales	4
1.2. Tipos de recubrimiento por electrolisis	16
1.3. Tipos de oxidación por calor	18
1.4. Tipos de aplicación en frío	20
1.5. Tipos de aplicación con rociador	21
1.6. Tipos de aplicación por contacto	22
1.7. Tipos de mascara	24
1.8. Clasificación tipo de bruñido	25
1.9. Clasificación de acabado de fábrica	26
1.10. Tipos de limpieza física	33
1.11. Tipos de limpieza química	34
2.1. Acero marrón	36
2.2. Acero marrón oscuro	37
2.3. Acero negro	38
2.4. Acero amarillo	39
2.5. Bronce verde	40
2.6. Bronce azul	41
2.7. Acero azul oscuro	42
2.8. Tipos de acero texturizado	43
2.9. Zinc por oxidación química	44
2.10. Cobre verde	45
3.1. Resultados del ensayo corrosión	48

3.2. Resultados del ensayo de acuerdo a la norma NTE INEN 1192	49
3.3. Resultados del ensayo corrosión	50
3.4. Resultados del ensayo corrosión	51
3.5. Resultados del ensayo corrosión	52
3.6. Resultados del ensayo corrosión	53
3.7. Resultados del ensayo corrosión	54
3.8. Resultados del ensayo corrosión	55
3.9. Resultados del ensayo corrosión	56
3.10. Resultados del ensayo corrosión	57
3.11. Resultados del ensayo de acuerdo a la NTE INEN 1193	59
3.12. Resultados del ensayo de acuerdo a la NTE INEN 1193	59
3.13. Resultados del ensayo de acuerdo a la NTE INEN 1193	60
3.14. Resultados del ensayo de acuerdo a la NTE INEN 1193	60
3.15. Resultados del ensayo de acuerdo a la NTE INEN 1193	61
3.16. Resultados del ensayo de acuerdo a la NTE INEN 1193	61
3.17. Resultados del ensayo de acuerdo a la NTE INEN 1193	62
3.18. Resultados del ensayo de acuerdo a la NTE INEN 1193	62
3.19. Resultados del ensayo de acuerdo a la NTE INEN 1193	63
3.20. Caracterización de acuerdo a la NTE INEN 1193	64
3.21. Resultados del ensayo de brillo	66
3.22. Resultados ensayo determinación de adherencia	68
3.23. Resultados de los ensayos a tracción	70
3.24. Resultados de los ensayos a tracción	70
4.1. Análisis de precio unitario anclaje de oculto panel de acero	94
4.2. Análisis de precio unitario anclaje de oculto panel de bronce	95
4.3. Análisis de precio unitario anclaje de visto panel de acero	95
4.4. Análisis de precio unitario anclaje de visto panel de bronce	96
4.5. Análisis de precio unitario panel inclinado acero	96

4.6. Análisis de precio unitario panel inclinado acero 97

1.1. Oxidación metálica

El óxido es producto de la reacción química del oxígeno y la humedad al estar en contacto con el metal (Gutiérrez, 2002). Se conoce también como óxido a la capa superficial de distintos colores que se forma en los metales por producto de la oxidación según el diccionario de la lengua española. Ese fenómeno actúa comúnmente en los objetos metálicos formando en la superficie la herrumbre o desgaste.

La oxidación química se refiere a la pérdida de carga negativa (electrones) por sustancias químicas al estar en contacto con el agente oxidante. Existe gran variedad de óxidos, que están presentes en los 3 estados: sólido, líquido y gaseoso. Estos elementos reciben el nombre de monóxido si tiene un átomo de oxígeno, si posee dos átomos de oxígeno se le conoce como dióxido y si el elemento se compone con tres átomos de oxígeno se conoce como trióxido.

1.2. Antecedentes del uso del óxido

Cuevas



FIGURA 1.1: Cierva del camarín de la cueva de Arenaza
Fuente:<http://cuedelapileta.blogspot.com> .html

El uso del óxido es muy antiguo, data desde las primeras representaciones gráficas del hombre. En la historia existe diversas investigaciones de la cueva de Arenaza, que

se encuentra ubicada en el municipio de Galdames (Bizkaia); esta cueva cuenta con un conjunto rupestre paleolítico importante donde se encontraron diez manchas rojas de representación gráfica, que según los investigadores aseguran que es óxido de hierro (Garate, 2000).

Uso del óxido en estatuas



FIGURA 1.2: Estatua a de la libertad antes y después

Fuente:<http://www.zamson.net/2012/04/marrn-el-color-original-de-la-estatua-de-la-libertad/>

El óxido de algunos metales, están presentes en algunas figuras de bronce como es la “Estatua de la Libertad” en Estados Unidos. Este elemento esta compuesto de 1:1 de carbonato e hidróxido de cobre(II) (Arroyo C y Benítez, 2012).

La Estatua de la Libertad es uno de los hitos más conocidos en el mundo, fue un regalo de los franceses en 1886 por la conmemoración del Centenario de la Declaración de la Independencia de los Estados Unidos. El monumento originalmente era de cobre brillante, pero a medida que pasaban las décadas y por la acción de los diversos agentes atmosféricos a la que se expone, la apariencia de la estatua cambió; primero se transformó a un color marrón y, finalmente, evolucionó hasta el tono azul verdoso.

1.3. Oxidación natural en los metales



FIGURA 1.3: Corrosión galvánica

Fuente:<http://www.patologiasconstruccion.net/wp-content/uploads/2016/03/corrosion-galvanica-construccion-ingenieria-01.jpg>

Los agentes que provocan la oxidación en los metales son; el agua, oxígeno y en la actualidad las lluvias ácidas que se presenten en zonas costeras debido al ambiente salino. Para reducir el problema de la oxidación y corrosión, se debe proteger los metales con pinturas anticorrosivas que impide el progreso de la reacción anódica o catódica, también se emplean elementos galvanizados o estañadas.

1.3.1. Agentes que provocan la oxidación

Humedad

La oxidación debido a la humedad comienza cuando presenta un porcentaje mayor o igual al 70 %. Todos los metales que están expuestos a este fenómeno empiezan a reaccionar por la cantidad de oxígeno que se encuentra con el agua del ambiente.

Atmósfera marina

Esta atmósfera se caracteriza por las partículas finas de agua de mar llevadas por el viento siendo depositadas en la superficie de los metales. Estas partículas contienen sal por lo que contribuyen al proceso de oxidación. La cantidad de sal depende de la distancia que se encuentra hacia las costas.

Corrosión bimetalica

También conocido como corrosión galvánica, es un proceso electro-químico donde un metal se oxida al estar en contacto directo con otro metal diferente y ambos metales se encuentran expuestos a un ambiente húmedo. Como el acero inoxidable y aluminio o cobre.

Otras influencias especiales

Entre otras existe contacto directo con materiales corrosivos como madera tratada químicamente, aguas residuales o agua salada, aditivos para hormigón, agentes de limpieza, sal de deshielo. También el contacto directo con el suelo aporta significativamente a la oxidación de los metales (Nordberg, 2013).

1.4. Descripción de los metales

Metal	Cobre	Titanio	Zinc	Acero	Aluminio
Símbolo	Cu	Ti	Zn		Al
Numero atómico	29	22	30		13
Imagen					

Tabla 1.1: CLASIFICACIÓN DE LOS METALES

FUENTE:(NORDBERG, 2012)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

1.4.1. Cobre

El cobre su símbolo es Cu, el número atómico es 29, es el elemento 25 más abundante en la corteza terrestre. Las aleaciones de este material son el bronce (cobre y estaño) y el latón, (cobre y zinc).

El cobre fue unos de los primeros metales utilizados por el hombre, empleado en la prehistoria. Se han descubierto objetos de cobre en varias civilizaciones del mundo antiguo como; China, Egipto, Europa y Sudamérica.

Las características son; buena resistencia a la corrosión, es capaz de transporta electricidad, color rojizo y maleable. Sirve para realizar diferentes aleaciones que se emplean en la construcción. Los países que producen cobre son Chile, Perú, China y Estados Unidos.

Usos del cobre

- Se utilizó para acuñar monedas y fabricación de utensilios.
- Empleado en cables eléctricos, tuberías de agua y gas.
- Se usa para la fabricación de cables telefónicos.
- Se emplea para varios dispositivos de una computadora y para fabricar partes de automóviles.
- En láminas se utiliza para cubiertas y fachadas de edificios.

Uso en la arquitectura

El equipo de arquitectos OVO Grabczewscy Architekci ha utilizado el cobre como material envolvente en el diseño y la construcción de un edificio en Chile el “Museo del fuego”. La edificación abarca una superficie de 642 m² y está conformada por tres muros recubiertos de paneles de cobre. Estos paneles son colocados de forma irregular y asimétricas da un efecto de llamas por la luz que refleja. Según el grupo de arquitectos afirma que el cobre empleado en la edificación tarda en oxidarse debido al empleo de un callante que proteja el metal en toda su superficie, de forma que el efecto “fuego” esté siempre presente en la construcción.



FIGURA 1.4: Museo del fuego en Chile

Fuente: <http://jjperezmonzon.blogspot.com/2015/04/el-triangulo-de-cobre.html>

Oxidación natural del cobre

El fenómeno de oxidación del cobre produce una película en la superficie de color verde o verde azulada llamada pátina. Esta se forma por la acción de fenómenos atmosféricos y agentes químicos presentes en el medio ambiente. La pátina está compuesta por malaquita verde, siendo una composición de hidróxido-carbonato de cobre, y por el derivado azulado de composición estequiométrica (Salvadó, 2006).

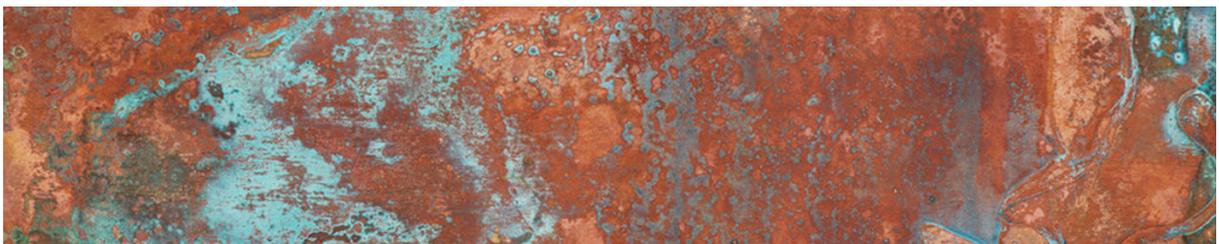


FIGURA 1.5: Plancha de cobre oxidada

Fuente: <https://www.pinterest.com/pin/77476056065343296/?lp=true>

Oxidación artificial del cobre

El cobre al igual que otros materiales reacciona y produce el fenómeno de la oxidación de forma superficial. Según el tipo de técnica existen diferentes soluciones para tener un resultado exitoso y una oxidación similar a la natural.

1.4.2. Titanio

El símbolo de este material es (Ti) posee buenas propiedades mecánicas como baja densidad y resistencia a la corrosión. Es compatible con otros metales que son utilizados en el sector de la construcción, como el acero y el aluminio. Este material mantiene su brillo del tiempo en relación a otros metales. Presenta una buena resistencia a la corrosión, ya que tiene un buen comportamiento al ataque de ácidos y del cloro húmedo. El titanio tiene un punto de ebullición de 3287°C , un punto de fusión de 1660°C y densidad relativa de 4.5 (Paredes, 2010). Los principales países que producen titanio son; China, Rusia y Japón.

Usos del titanio

- Los intercambiadores de temperatura en las plantas de desalinización.
- Los piercings corporales.
- Materiales quirúrgicos, las sillas de ruedas y las muletas.
- Estructura de los ordenadores portátiles.
- Uso de en techos y fachadas de edificios.

Uso en la arquitectura

La aplicación de titanio se evidencia en la fachada a del museo Guggenheim ubicado en Bilbao – España, diseñado por el famoso arquitecto Frank Gehry. Estas placas tienen un grosor de 0,038mm están colocadas en forma de escamas, conectado a la estructura por medio de platinas galvanizadas, por sus características de maleabilidad facilita la construcción de volúmenes curvos que con facilidad provoca variaciones en el tono y el brillo exterior.



FIGURA 1.6: Museo Guggenheim en Bilbao
Fuente:<http://rz100.blogspot.com>

Oxidación artificial del titanio

Para realizar una película de óxido sobre el titanio se realiza por medio de un proceso de anodizado, por medio del electrolisis donde se utiliza el ácido fosfórico y sulfúrico diluidos.

Este proceso realiza un tratamiento superficial que consolida y densifica las capas finas existentes, de esto se obtiene una gran variedad de colores. Para obtener estas capas se sumerge el metal en una solución de ácidos sulfúricos y/o fosfóricos y se aplica corriente directa. El elemento a anodizar se debe conectar con un polo positivo (ánodo) y a un polo negativo (cátodo) en una hoja de titanio o acero inoxidable (Paredes, 2010).

Para obtener capas de óxido de color amarillo violeta y azul, se aplica una solución de ácido fosfórico.

1.4.3. Zinc

El color natural de zinc es plateado metálico claro, su símbolo es (Zn) y número atómico es 30. Expuesto al ambiente, este color pierde su brillo y también se oscurece con el tiempo generando un acabado color gris azulado. La tasa de corrosión es la más baja que en los materiales ferrosos, debido a la capacidad de formar subproductos de la corrosión densa y adherente. Esta materia es usada para recubrimiento de metales como el hierro y el acero. Los principales países que producen zinc son China, Perú y la India.

Usos del zinc

- Empleado como recubrimiento en las fachadas de edificios industriales y residenciales.
- El zinc es empleado en la industria aeroespacial para misiles y cápsulas espaciales.
- Fabricación de baterías de computadoras portátiles.

Aplicación del zinc en la arquitectura

El Zinc además de ser usado en edificaciones industriales también se aplican en viviendas como es el caso de la Villa Serpentine, que está ubicada en Francia, este inmueble fue proyectado por el grupo de arquitectos IF ARCHITECTURE, la misma que se eleva de la superficie 40cm, la fachada emplea un recubrimiento con planchas de zinc pintado color negro con un formato de 244cm x 122cm de un grosor de 0,35mm, colocadas de forma horizontal ancladas a una estructura de acero por medio de torillos auto-perforantes.



FIGURA 1.7: Villa serpentine que está ubicada en Francia

Fuente:<http://diariodesign.com/2014/10/villa-serpentine-una-casa-reptil-que-serpentea-sobre-un-terreno-silvestre/>

Oxidación natural del zinc

Uno de los materiales más utilizados en el sector de la construcción es el Zinc, se utiliza en estructuras y en recubrimiento en ambientes internos y externos. El zinc expuesto al medio ambiente se combina con el oxígeno y forma una película muy delgada de óxido en la superficie (Brearley, Grace, Jiménez, y Sem, 2013). El SO₂, uno de los principales contaminantes de la atmósfera, provoca la corrosión en índices muy altos en el zinc. El óxido en este material también se produce en ambientes interiores ya que puede afectarse por diversos factores como el tipo de clima, el aislamiento, temperatura, aire acondicionado y cantidad de contaminantes.

Oxidación artificial zinc

La oxidación superficial del zinc se puede realizar artificialmente con la ayuda de sustancias químicas que al estar en contacto con metal reaccionan produciendo se el fenómeno de la oxidación superficial. Estas sustancias son de sulfato de cobre pentahidratado, que reacciona sobre el zinc formando una película de color negra para posteriormente adquirir un color rojizo (Heredia Avalos, 2011). También ácido nítrico, ácido acético y peróxido de hidrógeno son utilizados para oxidar este tipo de metal.



FIGURA 1.8: Plancha de zinc oxidado

Fuente:https://es.123rf.com/photo_78225634_manchas-de-%C3%B3xido-en-placas-de-zinc.html

1.4.4. Acero

Este material es una aleación de hierro (Fe) con una cantidad de carbono (C) que varía entre 0,03 % y 1,075 % en peso de su composición y se caracteriza por su alta resistencia. El acero posee las mismas características del hierro en estado puro, pero también las del carbono y de otros elementos tanto metálicos como no metálicos mejorando sus propiedades físico-químicas, como la resistencia.

Existen diferentes tipos de aceros por la presencia o ausencia de otros metales, dándole diferentes características como las resistencias al desgaste, la corrosión, al impacto y desgaste. Los principales países que producen acero son: China, Japón, India y Estados Unidos

Los aceros más conocidos en nuestro medio son; acero galvanizado, acero inoxidable y acero cor-ten.

Acero inoxidable

Es una aleación de hierro y carbono con un 10,5 % de cromo. Algunos tipos de acero inoxidable contienen más elementos como el níquel y el molibdeno. El acero forma una capa pasivadora que evita la corrosión de hierro debido a la presencia de cromo, ya que tiene gran afinidad con el oxígeno (Brearley y cols., 2013).

Acero galvanizado

Este tipo de acero posee un recubrimiento de zinc fundido, que se aplica por inmersión a las diferentes piezas. Los recubrimientos tienen buena adherencia a la base superficial debido al enlace metálico con el zinc; esta capa protege de la oxidación y corrosión (Oviedo, 2012).

Acero cor-ten

Este tipo de acero se caracteriza por poseer una capa de óxido de color rojiza, debido a su alto contenido de cobre, níquel y cromo. Su composición química hace la oxidación superficial que protege la pieza frente a la corrosión atmosférica, sin disminuir o perder las características mecánicas del material. La película es impermeable, lo que impide que la oxidación prosiga hacia el interior del material. El acero Cor-ten fue un acero patentado en los Estados Unidos en el año de 1933.

Uno de los principales inconvenientes que presenta el material es las uniones y la soldadura del material ya que las piezas no se desgastan a la misma velocidad que el resto del acero, por lo que se deben utilizar materiales especiales anticorrosivos en esas zonas.

La rehabilitación de la “Central Eléctrica de Medio día”, un edificio industrial de

ladrillo de finales del siglo XIX, fue una obra realizada por los arquitectos Herzog y de Meuron para albergar un centro sociocultural en Madrid.

La solución de los ejecutores de esta obra fue la ampliación del volumen existente, lo que creaba la duda de cómo conservar las fachadas existentes de ladrillo visto sobre el nuevo volumen. Este problema fue solucionado por el contraste de lo antiguo y lo moderno, una estructura de ladrillo que contrasta con las láminas de acero cor-te.



FIGURA 1.9: Central Eléctrica de Mediodía (Madrid)

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

Usos de acero

- En la construcción de edificios (varillas, pernos, vigas, columnas, planchas, etc)
- Construcción de puentes.
- Se emplea en la fabricación de rieles de trenes.
- Se utilizará para la fabricación de piezas en el sector automotriz.
- Con esta materia se elaboran objetos que tienen utilización en la vida cotidiana (sillas, estantes, objetos de decoración)

Oxidación natural acero

El acero al estar en contacto con el agua y oxígeno reacciona químicamente formando una capa superficial de óxido de color marrón conocida como herrumbre. Posteriormente el óxido al estar en contacto con el metal se convierte en corrosión alterando y dañando las características físico - mecánicas de metal.

Oxidación artificial acero

Este material resiste a la corrosión debido a que en la superficie se forma una capa de óxido de cromo la misma que se conoce con el nombre de pasivación. Cuando esta película protectora se destruye expone el metal a la corrosión. Una de las formas de oxidar artificialmente el acero es utilizando peróxido de hidrógeno, sal y ácido acético (vinagre).

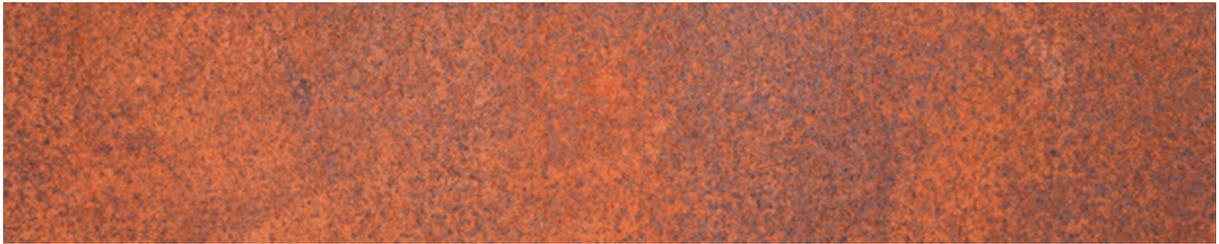


FIGURA 1.10: Plancha de acero oxidado

Fuente:https://es.123rf.com/photo_78225634_manchas-de-%C3%B3xido-en-placas-de-zinc.html

1.4.5. Aluminio

Este material es el tercer elemento más abundante en la corteza terrestre. El símbolo es Al y su número atómico es 13. Este metal posee una densidad de 2700 kg/m^3 , y con un bajo punto de fusión ($660 \text{ }^\circ\text{C}$). Mecánicamente es blando y maleable, en estado puro tienen un límite de resistencia en tracción de $160\text{-}200 \text{ N/mm}^2$ (Acebes, 2015).

El aluminio es un metal de color blanco plateado, resistente a la corrosión con una gran variedad de usos como; en el transporte, construcción, embalaje, señalización y decoración, debido que presenta propiedades como ligereza, resistencia, versatilidad y plasticidad.

Usos de aluminio

- Fabricación papel de aluminio.
- Se emplea para la elaboración de utensilios de cocina.
- Forma parte de los envases que contiene líquido como refresco y cervezas.
- Utilizado en el sector de la construcción (marcos de puertas y ventanas, revestimientos)

Aplicación del aluminio en la arquitectura

El grupo de arquitectos Grzywinski+Pons diseñaron una vivienda vacacional moderna. Este inmueble lleva el nombre de El Dutchess House N° 1, está ubicada en Millerton de la ciudad Nueva York (Estados Unidos), fue construida en el año 2012. Está la fachada de esta edificación está recubierta de paneles repujado de un formato de $20\text{cm} \times 40\text{cm}$ de un espesor de $0,4\text{mm}$, colocados de forma horizontal, anclados a la estructura principal por medio de patinas metálicas, brindando brillo único a toda la vivienda.



FIGURA 1.11: El Dutchess House N° 1

Fuente:<http://www.arqhys.com/wp-content/fotos/2012/09/Casa-de-Aluminio.jpg>

Oxidación natural del aluminio

El aluminio al estar en contacto con la atmósfera, forma una película de óxido en la superficie que no puede distinguirse y protege al metal contra la corrosión.

Esta capa que se forma tiene un grosor aproximado de entre 20 y 100Å, que transformado en milímetros resulta entre 0,000002 y 0,00001 mm, es decir es muy fina y además se protege en su totalidad de elementos adversos, la misma que puede ser atacada por soluciones químicas, el ácido sulfúrico, como el ácido clorhídrico o el hidróxido sódico, debido a que posee un comportamiento anfótero que reacciona como un ácido frente a las bases y como una base frente a los ácidos. En ambientes no tan agresivos es una capa de alúmina que se regenera por la presencia del oxígeno atmosférico, protegiéndose contra la corrosión.

Oxidación artificial aluminio

El aluminio de manera natural, forma una capa oxida invisible, la misma que está formada en la superficie, puede llegar a tener un grosor mayor que la natural. Se acude a métodos industriales para aumentar la protección como es el caso el aluminio anodizado.

El anodizado se obtiene un recubrimiento de óxido sobre la superficie metálica, se realiza mediante un proceso electro químico y ácido sulfúrico para aumentar el grosor de la capas de óxido. De esta manera el aluminio aumenta las propiedades mecánicas de dureza, baja conductividad eléctrica y resistencia de los agentes químicos. Esta capa mejora la integridad, la adherencia y resistencia a la corrosión.

1.5. Proceso de recubrimientos superficiales del metal

Existen diferentes tratamientos para proteger el material contra la corrosión y la oxidación, en algunos casos ayudará al aumento de resistencia al desgaste del metal, y en ningún caso afectará las propiedades mecánicas del material.

1.5.1. Recubrimientos con pinturas

El recubrimiento con pinturas en metales se realiza con el objetivo que cumplan dos funciones principales como son: protección y decoración (Poveda Martínez, 2001), por tanto los fabricantes deberán cumplir estas funciones en mayor o menor medida, de esto dependerá la selección correcta del tipo de la pintura que se utilizara.

La finalidad de proteger los metales con pintura es evitar la oxidación y corrosión, ya que estos fenómenos se inician cuando el metal está en contacto directo con los agentes atmosféricos.

Antes de aplicar la capa de pintura en el metal, en la superficie no debe existir oxígeno y humedad para evitar la oxidación. Si no se controla se formará bolsas de aire debajo de la capa de pintura, dando lugar a la corrosión que avanzara de adentro hacia afuera destruyendo la capa protectora y destruirá la pieza metálica. Por ello, la importancia de la limpieza y la aplicación de imprimaciones para evitar estos efectos.

También para la aplicación de cualquier tipo de pintura se debe tener en cuenta la rugosidad; el rango ideal del acero es entre 30 y 50 micras. En superficies pulidas se dificulta la adherencia de la pintura y en las muy irregulares se obliga a aplicar una capa muy gruesa para poder cubrir toda la superficie. Si se pretende dejar un acabado liso en las superficies rugosas o que presentan rayones se debe rellenar con emplastecedores, y lijar para lograr la regularidad deseada y luego aplicar la pintura.

La pintura cumple una función decorativa por la gran cantidad de colores que podemos encontrar en el mercado, pueden realizar varios efectos, formas y dibujos.

1.5.2. Componentes de la pintura

Las pinturas se componen de distintos productos como son:

- Los pigmentos que proporcionan el color que caracteriza a la pintura.
- Los ligantes ofrecen a una pintura propiedades como dureza, protección, viscosidad y adherencia. La variación de ese elemento químico se define la calidad de pintura.
- Secantes y aditivos son componentes que influyen en el secado dando características especiales.

1.5.3. Clases de pinturas

Esmaltes.

Se caracterizan por formar superficies lisas, poseen brillo aunque algunas pueden ser mates. El secado de este tipo de pinturas se puede realizar al aire libre o en hornos especiales. Los esmaltes también se los conoce como pinturas al aceite o sintéticas.

Lacas

Estas se basan en termo-plásticos naturales o sintéticos. La pintura está compuesta por nitrocelulosas y derivados de celulósicos, resinas vinílicas y acrílicas (Poveda Martínez, 2001). Una de las ventajas es el poder aplicar una nueva capa sobre una antigua.

1.5.4. Recubrimiento por electrolisis.

Con este proceso se obtiene una capa metálica que protege el material mediante una película de níquel, cobre, zinc, cromo, entre otros, utilizándolos como ánodos, y los elementos que se van a cubrir como cátodos. Se consiguen con un baño electrolítico de una solución química en forma de sulfatos o cianuros del metal. Los principales recubrimientos por electrolisis son cobreados y niquelado.

Proceso	Descripción	Imagen
Cobreado	<p>El cobreado se utiliza para que cumpla funciones decorativas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apantallado para soldadura de latón. - Transferir el calor. <p>El cobreado con un pulido adecuado adquiere una tonalidad rojiza brillante por lo que es necesario proteger de manera inmediata.</p>	
Cromado	<p>Este tipo de proceso ofrece una capa brillante de gran resistente al deslucimiento; es aplicado a grandes elementos tanto industriales y domésticos. También protege de la oxidación y corrosión.</p>	
Niquelado	<p>Este recubrimiento ofrece resistencia al desgaste para cargas ligeras y medias, presenta buena resistencia de la corrosión, su coeficiente de dilatación es bajo.</p> <p>Para recubrimientos decorativos se puede aplicar sobre: acero con espesores de 0,01 a 0,05mm, sobre cobre de 0,002 a 0,01mm, sobre zinc de 0,01 a 0,03mm (Poveda Martínez, 2001)</p>	

<p>Cadmiado</p>	<p>Este tratamiento se aplica hierro, acero, fundición de hierro y aleaciones de cobre con el objetivo de proteger contra la corrosión. En el acero inoxidable se emplea para evitar la corrosión galvánica cuando entra en contacto con el aluminio.</p>	
<p>Zincado</p>	<p>El recubrimiento de zinc se aplica directamente al metal, y posee un color plateado brillante; los espesores están en un rango de 0,007 y 0,015 mm admitiendo tratamientos de cromado o fosfato (Poveda Martínez, 2001).</p>	
<p>Estañado</p>	<p>El estañado se caracteriza por soldabilidad, inalterabilidad, resistencia a la corrosión, ductilidad, a los que metales como el hierro, cobre, níquel, cuando entran en contacto con la electricidad.</p>	
<p>Plomeado</p>	<p>Se realiza este recubrimiento al acero y cobre, proporcionando una capa de protección contra la corrosión. Su bajo punto de fusión hace que se pueda utilizar en procedimiento de recubrimiento por inmersión en caliente del electrolítico.</p>	

<p>Plateado</p>	<p>Se realiza un recubrimiento con una fina capa de plata. Este tratamiento es utilizado en electricidad y electrónica. Posee un bajo coeficiente de rozamiento, buena resistencia a la corrosión, y su dureza varía entre 90 y 135 brinell, dependiendo del proceso (Póveda Martínez, 2001).</p>	
<p>Dorado</p>	<p>El dorado se aplica con funciones decorativas, se utiliza en la industria electrónica, conectores, guías de ondas y circuitos impresos. Se caracteriza por su brillo, conductividad eléctrica y protección contra la corrosión.</p>	

Tabla 1.2: TIPOS DE RECUBRIMIENTO POR ELECTROLISIS

FUENTE:(PÓVEDA MARTÍNEZ, 2001)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

1.5.5. Recubrimiento metálico.

Consiste realizar un baño al elemento con el metal protector fundido después se enjuaga y uniformiza el espesor de la película del metal adherido. Los recubrimientos más utilizados son el galvanizado y el estañado.

- Galvanizado

Se refiere al recubrimiento del acero y hierro con una película de zinc, este recubrimiento posee buena adherencia con el metal base por un enlace metálico y posee baja ductilidad. La temperatura de galvanizado está entre 445°C y 460° (Oviedo, 2012).

El objetivo de esta capa de protección contra de la corrosión de elementos metálicos, se aplica en chapas para cubiertas y elementos estructurales expuestos a los agentes atmosféricos, componentes de automóviles, tubos para la conducción de agua, tornillos, clavos, pernos, etc.

- Aluminización

La aluminización se conoce como la inmersión en el aluminio caliente, se aplica con el objetivo de que los elementos adquieran una resistencia a la oxidación en ambientes

industriales resistencia a la formación de cascarilla, resistencia a altas temperaturas en piezas empleadas para automóviles y aviones tales como las válvulas de escape (Poveda Martínez, 2001).

- Protección empleando inhibidores

Los inhibidores son soluciones químicas que se añade a un medio corrosivo, ya sea para detener o disminuir la corrosión de un metal (Cabrera, 2006). Existen dos tipos de inhibidores; los anódicos que es un método de controlar la corrosión es hacer pasivo el metal aplicando corriente en dirección en que se vuelva mas anodico y catódicos es una método para controlar corrosión de un metal en contacto con un electrolito.

- Protección empleando pasivadores

Son elementos que aplicados a la superficie de un metal, perdida de re actividad química en condiciones atmosféricas detiene la corrosión. Los pasivadores más utilizados son el aluminio y cromado de zinc.

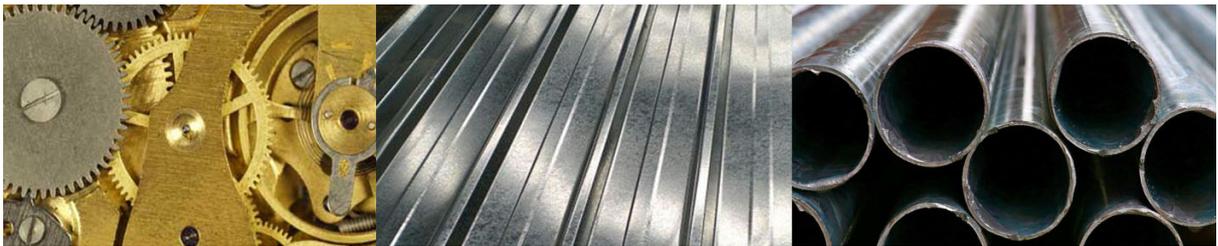


FIGURA 1.12: Recubrimiento por inmersión en metal fundido

Fuente:(Poveda Martínez, 2001)

Elaboración:Byron Quituisaca

1.6. Técnicas de oxidación artificial

1.6.1. Oxidación por calor

Al utilizar calor sobre una superficie metálica, inicia el proceso de oxidación. Es un método difícil de controlar. Los colores dependen de las características del metal y temperatura de fusión (Runfola, 2015). Además, existen otras variables que afectan el resultado final como son: el brillo, el tamaño de la fuente de calor, el grosor y conductividad del metal.

La oxidación por calor es un terminado con mayor adherencia y durabilidad, pero se debe proteger adecuadamente para evitar posible el deterioro de las características mecánicas del metal. La aplicación de lacas a revestimientos pueden transforman la pigmentación.

Herramienta	Descripción	Imagen
Soplete	El soplete de gas proporciona una fuente de calor muy pequeña, pero es capaz de modificar el color de metal. Los gases más utilizados son: propano, acetileno, oxígeno de propano, oxígeno de acetileno, entre otros. Los factores que se deben tomar en cuenta para un mejor resultado son: la intensidad de la llama, temperatura 220°C a 380°C y el tamaño de la boquilla.	
Hornillo	El empleo de fuentes de calor mediante el uso de hornillo al presentar mayor superficie en contacto del metal proporciona una oxidación uniforme. Se puede utilizar todo tipo de hornos u hornillos siempre y cuando alcance la temperatura entre 220°C Y 380°C. Este método funciona para elementos planos y de menor escala. Es recomendable el uso de guantes y tenazas para la manipulación del metal a temperatura alta.	

Tabla 1.3: TIPOS DE OXIDACIÓN POR CALOR

FUENTE:([RUNFOLA, 2015](#))

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

1.6.2. Inmersión en frío

Consiste en sumergir el metal en una solución a temperatura ambiente ([Runfola, 2015](#)). Este proceso ayuda a que toda la superficie se humedezca y genera una oxidación uniforme. La calidad y coloración se puede controlar por el tiempo que la lámina permanezca sumergida en la solución como el sulfuro de potasio.



FIGURA 1.13: Proceso de oxidación inmersión en frío

Fuente:([Runfola, 2015](#))

Elaboración:Byron Quituisaca

1.6.3. Inmersión en caliente

Se diferencian de la inmersión en frío, por el uso del calor a una temperatura de 100°C y soluciones químicas como el sulfato de cobre que reaccionan en temperaturas altas al sumergir un elemento metálico durante un tiempo de 5 a 15 min.



FIGURA 1.14: Proceso de oxidación inmersión en caliente

Fuente:(Runfola, 2015)

Elaboración: Byron Quituisaca

1.6.4. Aplicación en frío

Este método permite utilizar varios tipos de utensilios como; brochas pinceles o esponjas, para la aplicación de la solución a la superficie metálica. De acuerdo al tipo de herramienta empleada se define como pincelado, punteado, esponjado y el bruñido en húmedo (Runfola, 2015). La uniformidad de la oxidación depende de la técnica empleada, tipo y tamaño de las herramientas.

Proceso	Descripción	Imagen
Punteado	Este método se refiere a manchar el metal con una serie de toques con un pincel (Runfola, 2015). La técnica de aplicación es cargar la solución con la punta del pincel y presionar contra la superficie. El acabado final dependerá del grosor y forma de la punta del pincel, el número y patrón de punteadas.	
Pincelado	Es la misma técnica que se emplea para la aplicación de pintura sobre una superficie. Se puede utilizar pincel o brocha de acuerdo al tamaño de la superficie.	

Esponjeado	Es un proceso que emplea una esponja o cualquier otro tipo de material absorbente y texturizado. Para obtener mejores resultados se debe seguir un patrón en la aplicación de la solución.	
Bruñido en húmedo	Este método consiste en frotar y erosionar la superficie metálica, se emplea una almohadilla húmeda para aplicar la solución que reacciona rápidamente con el metal (Runfola, 2015).	

Tabla 1.4: TIPOS DE APLICACIÓN EN FRÍO

FUENTE:([RUNFOLA, 2015](#))

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

1.6.5. Aplicación con rociador

Esta técnica emplea un rociador, aerógrafo o aerosol. La aplicación con estas herramientas brindan la posibilidad cubrir de grandes áreas de superficie de manera uniforme mediante varias capas de solución. El rociador puede generar un efecto goteo que evita la oxidación natural de un metal ([Runfola, 2015](#)).

Existe varios factores que inciden en el resultado final como son; tipo de herramienta, el tamaño de orificio de la boquilla y distancia del aerosol a la superficie.

Se puede utilizar para aplicar soluciones en frío o calientes.

Proceso	Descripción	Imagen
Salpicado	Se utiliza cualquier tipo de herramienta que pueda lanzar o hacer gotear la solución en superficie metálica. El acabado final dependerá de la herramienta empleada y la forma aplicar.	

Aerosol	Consiste en emplear una bomba manual que desprenda gotas de solución al metal (Runfola, 2015). Con la boquilla del aerosol se puede regular el tamaño de las gotas para obtener un mejor resultado.	
Rociador	Se emplea un rociador con gatillo ajustable, obteniendo una fina rociada hasta un chorro. Esta técnica puede ser utilizada para la aplicación en láminas de grandes formatos.	
Aerógrafo	Esta herramienta ayuda a obtener resultados uniformes, debido al aire comprimido del aerógrafo, se puede controlar la velocidad del rociado para el tipo de acabado (Runfola, 2015).	

Tabla 1.5: TIPOS DE APLICACIÓN CON ROCIADOR

FUENTE: (RUNFOLA, 2015)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

1.6.6. Aplicación en caliente

En este método el metal se calienta a una temperatura de 80 a 95 C° , se aplica la solución a temperatura ambiente con un pincel o rociador. No todas las soluciones soportan la temperatura elevada del metal, por lo que se debe emplear este método en soluciones que reaccionan al calor y obtener un mayor agarre de la superficie y capa de revestimiento.

La aplicación deberá realizarse en áreas ventiladas, utilizando mascarillas para protegerse de gases ácidos producidos por la reacción química.



FIGURA 1.15: Aplicación por evaporación

Fuente: (Runfola, 2015)

Elaboración: Byron Quituisaca

1.6.7. Aplicación por contacto

En esta técnica se aplica la solución en frío, utilizando materiales absorbentes y texturizados para crear efectos, motivos y texturas. Se baña el material que se va a emplear con la solución, y después se pone en contacto con la superficie hasta que la solución reacciona con el metal (Runfola, 2015).

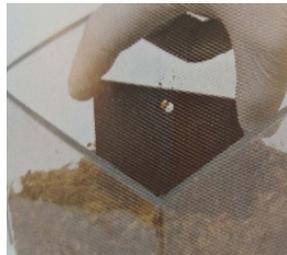
Proceso	Descripción	Imagen
Contacto	Esta técnica utiliza materiales como tela, papel, algodón, guipe entre otros. Estos se ponen en contacto con el metal hasta obtener una coloración deseada. Para lograr un buen resultado se debe tener en cuenta la textura del material, las piezas utilizadas, y el tamaño.	
Enterramiento	Este método consiste en colocar el metal en un recipiente y llenar con material suelto bañado con la solución (Runfola, 2015). Los materiales utilizados son; serrín, cascarilla de arroz, tozos muy pequeños de papel.	

Tabla 1.6: TIPOS DE APLICACIÓN POR CONTACTO

FUENTE:(RUNFOLA, 2015)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

1.6.8. Aplicación por evaporación

Para esta técnica no se aplica la solución de manera directa, se utiliza vapores reactivos que envuelven el metal y crea capas de oxidación. La superficie deberá estar expuesta para que los vapores reaccionen de forma regular en el metal (Runfola, 2015).



FIGURA 1.16: Aplicación por evaporación

Fuente: (Runfola, 2015)

Elaboración: Byron Quituisaca

La desventaja de este método es que se necesita un recipiente lo suficientemente grande para cubrir el metal y las soluciones como; ácido acético, nitrato de cobre, agua destilada, entre otros, las mismas que estarán en recipientes pequeños. El proceso genera una reacción por evaporación de las sustancias en una atmósfera cerrada, deberá realizarse en un espacio ventilado usando mascarillas para protegerse de los vapores.

1.6.9. Máscaras

Este método consiste en aplicar una máscara para evitar que entre en contacto con la solución y se produzca la reacción química (Runfola, 2015).

Proceso	Descripción	Imagen
Mascará de cinta	Se puede lograr varios efectos y formas, utilizando la cinta para enmascarar debido a la gran variedad de tamaños y tipos de adhesivos.	

Mascara de lápiz graso	Se emplea lápices grasos para enmascarar, ya que resisten en medios acuosos y permita lograr cualquier tipo de dibujo.	
Mascara de látex líquido	Se emplean pegamento de látex líquido o cualquier tipo de recubrimiento removible, estas mascararas se pueden controlar gracias al método de aplicación (Runfola, 2015).	

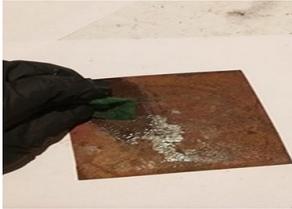
Tabla 1.7: TIPOS DE MASCARA

FUENTE:([RUNFOLA, 2015](#))

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

1.6.10. Bruñido

Consiste en frotar o erosionar una superficie. Esta técnica es utilizada con el objetivo de resaltar los bordes o texturas, para mezclar o eliminar el color y para unificar las zonas.

Proceso	Descripción	Imagen
Resaltar texturas	Este método se emplea en láminas que poseen texturas con relieve (Runfola, 2015). Se utiliza el bruñido en seco para eliminar el color en los puntos que sobresalen.	
Aclarado de color	Si el recubrimiento obtenido es oscuro, se puede eliminar el color con el bruñido en seco que aumenta la luminosidad y aclara el color.	

Igualdad de color	Se bruñe en seco el material hasta lograr una superficie uniforme en metales donde el recubrimiento no es regular y de la misma intensidad (Runfola, 2015).	
-------------------	---	---

Tabla 1.8: CLASIFICACIÓN TIPO DE BRUÑIDO

FUENTE:(RUNFOLA, 2015)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

1.7. Acabados en la superficie metálica

1.7.1. Acabados bidimensionales

Acabados de fábrica

La norma 10088 de ASTM asigna un código 2D, 2D, 2B, 2R entre otros. Según el tipo de acabado superficial, tipo de laminado de la chapa metálica de los cuales tenemos:

Nombre	Descripción	Imagen
Laminados en caliente	D1: Laminado en caliente, recocido y decapado.	
Esmerilado	2G/2K Pulidos con cintas abrasivas de grano 80 a 120.	

Grabado y texturizado	2F Grabados por laminación en frío	
Laminados en frío	2B: Laminado en frío, recocido y decapado y con una ligera laminación en tren skin-pass.	
	2R: Laminado en frío y recocido en horno de atmósfera controlada.	

Tabla 1.9: CLASIFICACIÓN DE ACABADO DE FÁBRICA

FUENTE:(ASTM10088, 2015)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

Acabados por procesos mecánicos

a. Pulido (Figura 1.16 - 1)

El pulido es un proceso mecánico que limpia, abrillanta y restaura elementos de plata, acero inoxidable, latón, cobre, aluminio, níquel, cromo u otros metales y aleaciones, con el fin de mejorar su aspecto visual, su textura y su forma. A este tratamiento también se la conoce como pulido y pulimento.

Para realizar el proceso de pulido y lograr una superficie lisa y brillante se emplea herramientas y maquinarias esmeriladoras, lustradoras y pulidoras fijas, de mesa o portátiles. Para pulir la superficie se utilizan ácidos, disolventes y materiales abrasivos que puede suponer algunos peligros como la exposición a sustancias químicas, atrapamiento/enredamiento, exposición a ruido y aspectos ergonómicos.

Por seguridad al momento de realizar el proceso, los trabajadores deben observar precauciones y utilizar equipos de protección personal como guantes, gafas de seguridad y caretas protectoras protegen las manos y los ojos. También es esencial en este tipo de trabajos el empleo de cremas que protegen la piel expuesta a la absorción de sustancias

químicas o metales. Las orejeras son importantes ya que protegen contra los riesgos que causa el ruido fuerte.

b. Pulido mecánico (Figura 1.16 - 2)

1. Pulido de diamante

El diamante se emplea como un abrasivo para tratar la eliminación de material de forma rápida y con unos excelentes resultados debido a su dureza que se obtiene con el corte del diamante.

Durante el pulido, es importante tener residuos pequeños para lograr una superficie uniforme. Se utilizan lijas con tamaños de grano menores, 3 o 1 μm , para obtener una superficie completamente lisa.

2. Pulido de óxido

Este tipo de tratamiento se aplica en materiales blandos y dúctiles, requieren un pulido de óxido mediante el empleo de sílice coloidal, las que deberán tener con un tamaño de grano de aproximadamente 0,04 μm y un pH en torno a 9,8. La combinación de la actividad química y una abrasión suave y fina evita la aparición de rayones y deformación en las muestras.

3. Pulido eléctrico

El electro-pulido también se le conoce con el nombre de pulido electro-químico. Es un tratamiento superficial, donde el metal pulido actúa como ánodo en una celda electrolítica. Al aplicar corriente, se forma una película polarizada en la superficie del metal, permitiendo a los iones metálicos se expandan a través de esta película.

c. Granallado (Figura 1.16 - 3)

Este proceso consiste en impactar partículas abrasivas a una gran velocidad, al impactar a la superficie del elimina cualquier tipo de contaminante al mismo tiempo crea una textura irregular. El método es empleado para la limpieza de elementos metálicos, texturizado de chapas y graneados microscópicos.

Los pulidos se pueden distinguir como:

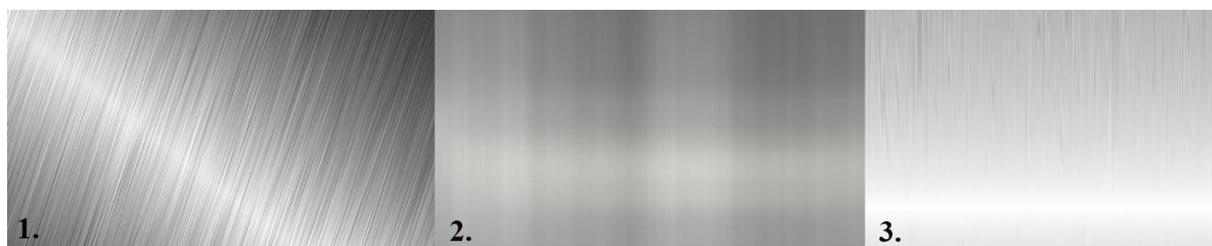


FIGURA 1.17: Acabados mecánicos.

Fuente: (ACXT,2013)

Elaboración: Byron Quituisaca

Acabados Emboss

Este tipo de acabado superficial en las chapas metálicas de la norma 1800-2 ASTM se asigna con el código 2M. Se obtiene a partir de laminas a bobinadas con rodillos previamente gravados. Este proceso endurece el metal y permite obtener un espesor más fino y reducción del peso total. Estos dos tipos; grabado de un solo lado donde una cara de la lamina es lisa, clasificado como 2M; y el grabado en las dos caras, el estampado se imprime por el reverso, conocido como 2W. Existe una gran variedad de grabados en el mercado con diferentes tipos de texturizado, diseños y tamaños.



FIGURA 1.18: Acabado emboss.

Fuente: (ACXT,2013)

Elaboración: Byron Quituisaca

Estampados

Es un proceso de transferir un estampado a la superficie de una chapa metálica por medio de la presión que ejerce un rodillo giratorio sobre el metal frío para posteriormente aplicar ácidos, que permitan visualizar de mejor manera la textura. La superficie grabada tiene dos acabados uno mate y otro pulido o satinado.



FIGURA 1.19: Laminas grabada.

Fuente: (ACXT,2013)

Elaboración: Byron Quituisaca

1.7.2. Acabados tridimensionales

a. Grabados Emboss (repujado)

La chapa repujada se elabora a partir de una lamina metálica mediante el estampado de las formas, figuras o dibujos, por medio de una prensa hidráulica que ejerce presión sobre dos moldes uno con grabado positivo y uno con grabado negativo, el metal es colocado

entre los moldes; se utilizan para la decoración estas son utilizadas para decoración de ambientes y para elaboración de pisos por su característica antideslizante



FIGURA 1.20: Laminas grabadas.

Fuente: (ACXT,2013)

Elaboración: Byron Quituisaca

b. Chapa perforada

Estas chapas se elabora a partir un proceso de estampado en frío a una lámina metálica lisa. Este proceso consiste en realizar varios corte a chapa con una bovina punzadora. Se puede obtener gran variedad de diseños y formas. Es utilizada en la arquitectura para revestir fachadas, dividir espacios y decorar balcones, también se utilizan en otros sectores de la industria como: agrícola, minera, molinera, la pesca, entre otros. Debido a su resistencia, durabilidad y transparencia.

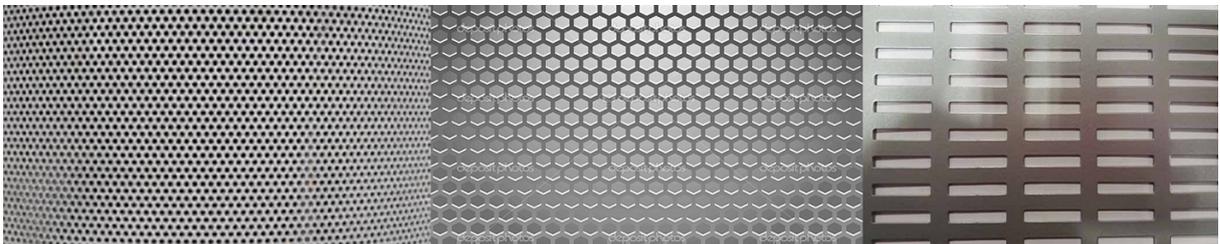


FIGURA 1.21: Laminas micro-perforadas.

Fuente: (ACXT,2013)

Elaboración: Byron Quituisaca

c. Chapa Expandida

Este tipo de chapa se caracteriza por la formación de una malla romboidal o hexagonal. Se realiza un proceso de corte, se expanden hasta obtener la forma adecuada a partir de chapas lisas entre 0,3 y 0,6mm. Se utiliza en la construcción pisos, rejas, plataformas, escaleras, rampas, protección en partes móviles de máquinas, vallas, parrillas de calefones, etc. Esta chapa soportan mayores cargas, debido al proceso de desplegado que le otorga un mayor espesor en su estructura y amarre.

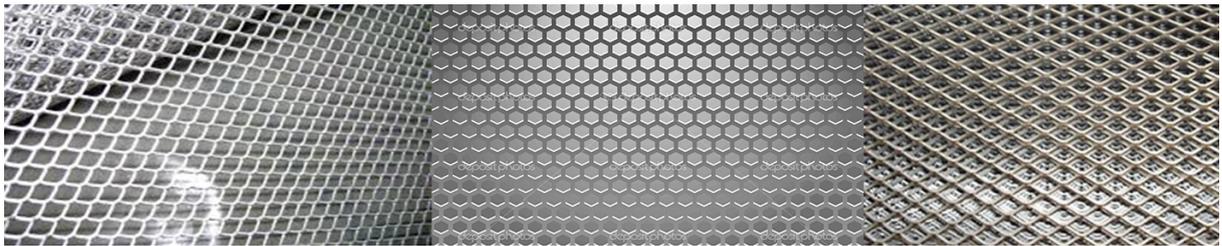


FIGURA 1.22: Mallas expandidas.

Fuente: (ACXT,2013)

Elaboración: Byron Quituisaca

1.8. Preparación del metal

Es el conjunto de pasos previos que se deben cumplir al momento de realizar una oxidación artificial en metal, cuyo objetivo es eliminar la suciedad, grasas y elementos que alteren el resultado final. Existen diversos métodos, su elección será de acuerdo al tipo metal, características superficiales y el acabado que se desee lograr.

1.8.1. Limpieza física

Este proceso consiste en aplicar un material abrasivo sobre el metal, afectando la superficie, alterando el aspecto estético y cambiando la coloración. Limpieza física elimina elementos que podrían afectar la adherencia de oxidación, brillo, coloración y regularidad del metal, la misma que irá siempre seguida de una limpieza química.

Proceso	Descripción	Imagen
Lijado manual	Este método consiste en frotar un pedazo de material abrasivo de manera uniforme al metal (Runfola, 2015). Esta técnica brinda un control de limpieza sobre las áreas delicadas e irregulares, pero es un proceso lento y la adherencia es menor a comparación con otros métodos. Los elementos abrasivos que se pueden utilizar son: lijas, estropajo, paño esmerilado, lana sintética, entre otros.	

Chorro de arena	En esta técnica se emplea una máquina con un rociador de aire comprimido, que expulsa partículas de arena en la superficie metálica (Runfola, 2015). Este proceso ayuda a obtener una limpieza rápida, adecuada y uniforme, debido a que puede regular el aire comprimido, la distancia del chorro y los materiales gruesos o finos. Los materiales empleados en el chorro son: micro esferas de cristal, cascara de nuez y arena de óxido de aluminio.	
Cepillado eléctrico	En este método se acopla un disco de cerdas a una herramienta eléctrica, es utilizado para eliminar manchas y dar regularidad al color de la superficie (Runfola, 2015). En el mercado se puede encontrar una variedad de cepillos, su elección será de acuerdo al acabado y limpieza deseada.	
Esmerilado	Se utiliza un disco de piedra, es un proceso agresivo ya que puede eliminar grandes cantidades de material, dejando la superficie oscura, irregular y áspera (Runfola, 2015). Debido a su intensidad es empleado para eliminar una capa considerable de metal.	
Lijado eléctrico	Este proceso emplea discos abrasivos en una herramienta eléctrica giratoria. La lija utilizada posee una numeración de acuerdo al tamaño de granos, los discos de grano fino dejan una superficie uniforme.	

Disco de láminas	Es similar al lijado el eléctrico, pero aquí se emplea un disco de lijas con láminas superpuestas en lugar de una la lija convencional.	
Disco de láminas sintéticas	Se emplea una amoladora o pulidora con un disco abrasivo de fibras sintéticas se puede conseguir una superficie lisa y una áspera, por la diversidad de discos desde grano fino a grano grueso generando una diferencia en el terminado acorde al material (Runfola, 2015).	
Pulido	El pulido es un método menos agresivo debido a que el resultado final es una superficie fina y brillante, pero no posee adherencia para tratamientos posteriores, se utiliza para eliminar rayas y marcas impregnadas por otros tratamientos (Runfola, 2015).	

Tabla 1.10: TIPOS DE LIMPIEZA FÍSICA

FUENTE:([RUNFOLA, 2015](#))

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

1.8.2. Limpieza química

Consiste en un baño al metal con una sustancia limpiadora para eliminar grasas, aceites o manchas procedentes de la manipulación o fabricación. El tipo de sustancia que se elija dependerá del tipo de metal, formato de la lámina, grado de limpieza y calidad de superficie deseada. Es necesario utilizar guantes de látex limpios, para evitar cualquier tipo de contaminación a la superficie. Al finalizar el proceso inmediatamente se procederá a oxidar.

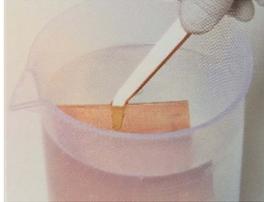
Sustancia	Descripción	Imagen
Decapante	Consiste en un baño de ácido caliente que disuelve residuos y elimina grasas (Runfola, 2015). Para ello se sumerge el metal en la solución de 5 a 8 min. La mayoría de decapantes solo funciona con metales no ferrosos.	
Ácido fosfórico	El ácido es empleado para limpiar metales ferrosos y no ferrosos, se puede aplicar en frío con una brocha o un aerosol, ya que son apropiados para utilizar en elementos de grandes formatos.	
Acetona	Este producto químico es utilizado en acabados de metal, elimina grasas y aceites, sin altera las características del material (Runfola, 2015). La acetona evapora inmediatamente eliminando humedad y no deja ningún residuo.	
Detergente	Es muy útil para realizar limpieza ligera de aceites, grasa y suciedad (Runfola, 2015). Se aplica con un cepillo o material abrasivo, emplea detergente para este proceso.	
Disolvente.	Es producto químico, se aplica de manera directa hasta que la superficie este uniforme y limpia.	

Tabla 1.11: TIPOS DE LIMPIEZA QUÍMICA

FUENTE: (RUNFOLA, 2015)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

Elaboración de revestimientos a partir de óxido metálico

Para la elaboración de prototipos se utilizó probetas, modelos y muestras a escala en un dimensionamiento de 10 x 10 cm con metales de acero, bronce, zinc y cobre, debido al gran uso que se brinda en el sector de la construcción. Estos materiales presentan características mecánicas de dureza, maleables y dúctiles, empleados para la elaboración de paneles en revestimientos de muros internos y externos. En la presente investigación se analiza el material laminado, procesado y reciclado, considerado el óxido como una alternativa constructiva sobre la superficie del metal sin alterar la composición físico mecánicas, para garantizar la calidad del metal. La pigmentación de estos metales varia acorde al tipo de metal y las acciones o métodos de oxidación, obteniendo colores oscuros, marrones en el acero, hasta pigmentación vivas verdes en el bronce.

El acabado superficial del metal, emplea varias sustancias químicas y métodos que aceleran y controlan el proceso de oxidación. Para su aplicación es necesario poseer herramientas apropiadas como; guantes de látex, mascarilla, gafas protectoras, respirador, medidores de vidrio, recipientes de plástico, cucharas medidoras, mandil y equipos como compresor, amoladora, taladro, soplete, orillo a gas, especializados para la manipulación de sustancias que permitan garantizar un buen revestimiento.

Para la selección de los métodos de oxidación de cada prototipo, se tomo en cuenta su versatilidad, facilidad de manipulación, factibilidad de aplicación, tonalidad y dureza. El proceso de experimentación se utilizó muestras de 10 x 10cm con un grosor de 0,5mm.

Se realizó una clasificación en: acero por oxidación a reacción química, bronce por oxidación a reacción química, acero oxidación a reacción al calor, acero texturizado, zinc por oxidación a reacción química y cobre por oxidación a reacción química, considerando el tipo metal utilizado, el método empleado, sustancias químicas y grado de oxidación, para obtener diferentes tonalidades y texturas en los revestimientos.

2.1. Acero oxidado por reacción química

2.1.1. Acero marrón

Tabla 2.1: ACERO MARRÓN

Acabado	Materiales	Herramientas
	<ul style="list-style-type: none"> · Lámina de acero laminado en caliente · Cloruro de sodio (sal) · Ácido acético (vinagre) · Peróxido de hidrógeno 	<ul style="list-style-type: none"> · Gafas · Mascarilla · Guantes · Recipientes · Estopa de hilo

Para obtener la oxidación de color marrón en una lámina de acero, se emplea 40 ml de ácido acético, 100 ml de peróxido de hidrógeno y 100 gr de cloruro de sodio (figura 2.1 - 1); estos elementos se colocan en un recipiente plástico, posteriormente se realiza una mezcla hasta obtener una solución sin partículas sólidas (figura 2.1 - 2).

Después de preparar la sustancia química, se realiza una limpieza mecánica y química del material sobre la superficie metálica; para la limpieza mecánica se emplea la técnica de lijado manual, con una lija de grano fino número 120 y en la limpieza química se aplica disolvente frotando firmemente con un paño o estopa en toda la lámina (figura 2.1 - 3), dejando aproximadamente 5 min, luego se realiza la aplicación de un segundo químico alcohol industrial.

Una vez concluido la limpieza, se procede a verter la solución, empleando el método de inmersión que consiste en sumergir la lámina en la mezcla colocada en un recipiente de tamaño mayor al formato del prototipo (figura 2.1 - 4). El metal deberá permanecer inmerso 2 min aproximadamente hasta que se recubra por una capa de color marrón oscuro (figura 2.1 - 5). Posteriormente se extrae y se deja secar mínimo 24 h en un lugar ventilado, para la protección del revestimiento y se aplica de una laca en aerosol que protegerá el recubrimiento.

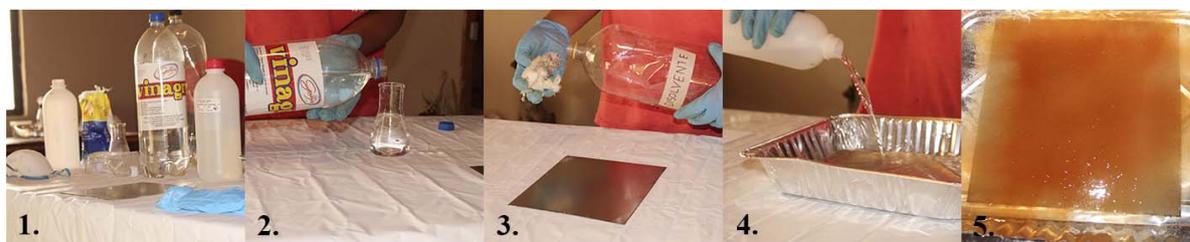


FIGURA 2.1: Proceso elaboración de revestimiento marrón en acero.

Fuente: Byron Quituisaca

Elaboración: Byron Quituisaca

2.1.2. Acero marrón oscuro

Tabla 2.2: ACERO MARRÓN OSCURO

Acabado	Materiales	Herramientas
	<ul style="list-style-type: none"> · Lámina de acero laminado en caliente · Óxido de hierro color negro · Ácido nítrico · Disolvente 	<ul style="list-style-type: none"> · Gafas · Mascarilla · Guantes · Envase de plástico · Estopa de hilo · Brocha · Papel abrasivo

La oxidación de color marrón - oscuro en una lámina de acero se obtiene a través de la aplicación directa de un elemento químico (figura 2.2 - 1). cuyo proceso se inicia con una limpieza mecánica utilizando un cepillo de bronce con una equipo eléctrico; se frota ligeramente la superficie (figura 2.2 - 2) y se realiza una limpieza química mediante disolvente con lana sintética (figura 2.2 - 3); luego se deja secar al aire libre hasta que evapore.

Posterior a la limpieza del metal, se aplica el ácido nítrico utilizando el método de aplicación en frío, se emplea una capa con brocha sobre la superficie de manera uniforme (figura 2.2 - 4), se deja que el metal y químico actúe por unos minutos hasta que se genere una capa de color marrón oscura.

Transcurrido 10 min aproximadamente se procede aplicar el óxido de hierro color negro, se recurre al método por salpicado, utilizando un pequeño cepillo de cerdas flexibles en toda la superficie de forma regular. Inmediatamente se aplica el ácido nítrico, dejando secar por 48 horas ventilado, luego se protegerá el metal con una capa de laca en aerosol (figura 2.2 - 5).

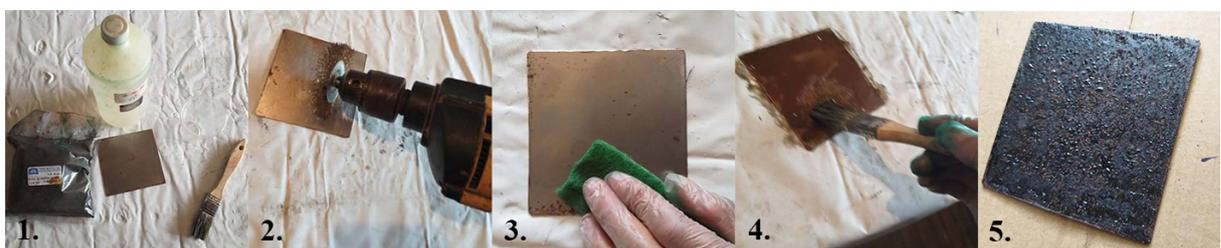


FIGURA 2.2: Proceso de elaboración de revestimiento negro - marrón.

Fuente: Byron Quituisaca

Elaboración: Byron Quituisaca

2.1.3. Acero negro

Tabla 2.3: ACERO NEGRO

Acabado	Materiales	Herramientas
	<ul style="list-style-type: none"> · Lámina de acero laminado en caliente · Sulfato de cobre · Agua destilada · Peróxido de hidrógeno · Alcohol industrial 	<ul style="list-style-type: none"> · Gafas · Mascarilla · Guantes · Envase de plástico · Estopa de hilo · Brocha · Papel abrasivo · Soplete

Para la elaboración del recubrimiento de óxido de color negro se emplea 100 ml de agua destilada y 5 gr sulfato de cobre (figura 2.3 - 1); estos materiales son colocados en un envase, y se remueve hasta que al sulfato se disuelva por completo.

La preparación de la superficie se realiza mediante una limpieza mecánica utilizando una herramienta eléctrica con cepillo, se aplica sobre el metal para eliminar rayones y manchas (figura 2.3 - 2). De forma inmediata se efectuó la limpieza química, se frota alcohol industrial con un pedazo de estopa dejando secar en un lapso de 20 min (figura 2.3 - 3), luego se aplica el disolvente siguiendo el mismo proceso.

Posteriormente a la preparación de la superficie, se colocará solución en un envase abierto, se sumergirá el metal por un tiempo de 24h (figura 2.3 - 4). Se retira el metal y se dejar secar. Finalmente se quema con soplete la superficie del metal para obtener el color negro (figura 2.3 - 5), luego se deja enfriar y se aplica una laca transparente.



FIGURA 2.3: Proceso de elaboración revestimiento negro

Fuente: Byron Quituisaca.

Elaboración: Byron Quituisaca

2.1.4. Acero amarillo

Tabla 2.4: ACERO AMARILLO

Acabado	Materiales	Herramientas
	<ul style="list-style-type: none"> · Lámina de acero laminado en caliente · Óxido de hierro color amarillo · Ácido nítrico · Disolvente 	<ul style="list-style-type: none"> · Gafas · Mascarilla · Guantes · Envase de plástico · Estopa de hilo · Brocha · Disco de laminas

Para obtener un recubrimiento de óxido de color marrón sobre el acero se aplica de forma directa el ácido nítrico y el óxido de hierro (figura 2.4 - 1). Este proceso se inicia con la preparación de la superficie metálica con una limpieza mecánica empleando un disco de láminas superpuestas 115 x 22,23 mm que se aplica en el metal eliminando cualquier tipo de irregularidad; luego se realiza la limpieza química frotando disolvente con una estopa de hilo (figura 2.4 - 2), se deja secar aproximadamente 20 min en un ambiente ventilado.

Posteriormente se procede a la aplicación de ácido nítrico utilizando la técnica de aplicación en frío con pincel o brocha cargada de ácido sobre superficie (figura 2.4 - 3); se deja que el metal reaccione y adquiera un color marrón oscuro, y aplica el óxido de hierro color amarillo empleando la técnica de salpicado, utilizando un pequeño cepillo de cerdas flexibles (figura 2.4 - 4). Se deja secar el metal en un área ventilada y finalmente se aplica una laca brillante con una densidad de 0,88 Kg./Lt en aerosol (figura 2.4 - 5).

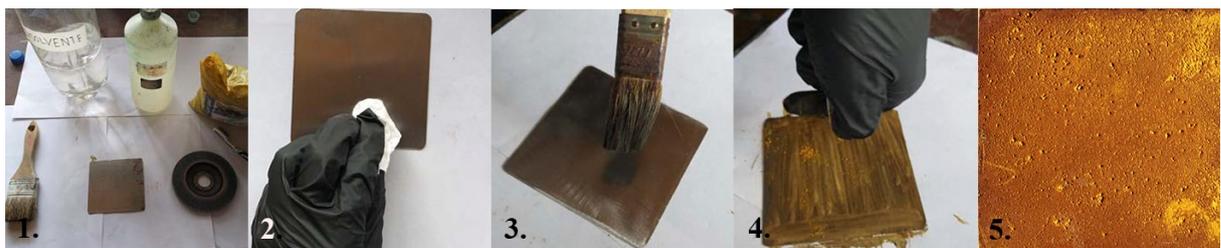


FIGURA 2.4: Proceso de elaboración revestimiento acero amarillo

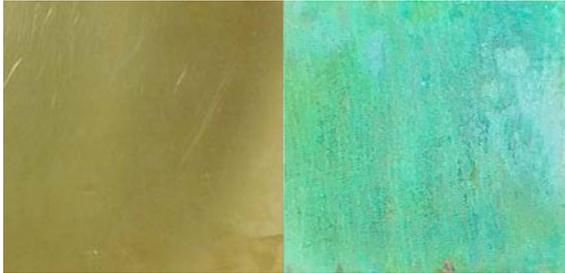
Fuente: Byron Quituisaca.

Elaboración: Byron Quituisaca

2.2. Bronce oxidado por reacción química

2.2.1. Bronce verde

Tabla 2.5: BRONCE VERDE

Acabado	Materiales	Herramientas
	<ul style="list-style-type: none"> · Lamina de bronce · Cloruro de amonio · Sulfato de cobre · Agua destilada · Ácido fosfórico · Lana sintética fino · Laca brillante · Tela de algodón 	<ul style="list-style-type: none"> · Pinceles · Laca · Guaípe · Lija de metal · Guantes · Gafas · Medidor de líquidos · Cucharas medidora

Para obtener la oxidación de color verde en una lámina de bronce, se utiliza 100 ml de agua destilada, 0,7gr cloruro de amonio y 7,6 gr sulfato de cobre (figura 2.5 - 1); estos elementos son colocados en un envase de vidrio, posteriormente se mezclan hasta que las partículas sólidas se disuelven por completo.

Se procede a realizar una limpieza de la superficie metálica utilizando el método de limpieza mecánica, consiste en frotar un pedazo lana sintética sobre el metal de manera uniforme (figura 2.5 - 2), la segunda limpieza química utiliza el ácido fosfórico aplicando con una brocha, se deja que la solución actué en el metal durante 3 min (figura 2.5 - 3). Luego se frota la lámina con la lana sintética, presionando ligeramente para una limpieza completa; inmediatamente se lava el metal con abundante agua y jabón para neutralizar las sustancias químicas y eliminar residuos.

Luego de haber realizado la limpieza, se coloca un trozo de tela de algodón de textura gruesa en el metal, se aplica la solución con un pincel a la tela y a la superficie (figura 2.5 - 4); se repite el proceso 4 veces en intervalos de 24h, después se retira la tela dejando que el metal reaccione al aire mínimo 3 días.

Para el sellado se aplica una laca líquida brillante en aerosol, de forma perpendicular a una distancia de 20cm a 25cm del metal, formando una línea continua de izquierda a derecha de la superficie hasta cubrir completamente se aplica dos o tres capas ligeras para su protección (figura 2.5 - 5). Este proceso permitirá obtener un acabado más fino y de mayor durabilidad.

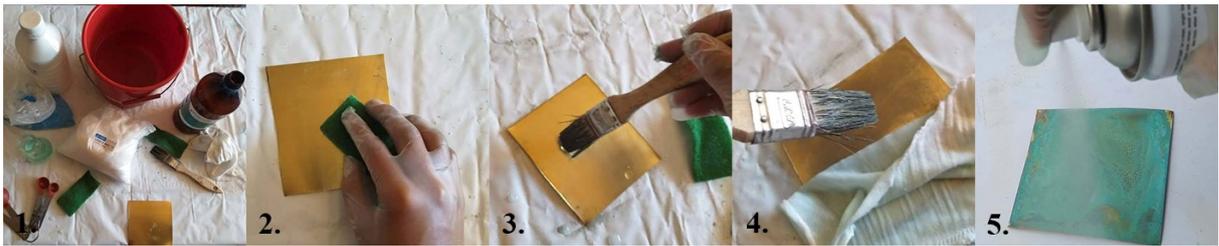


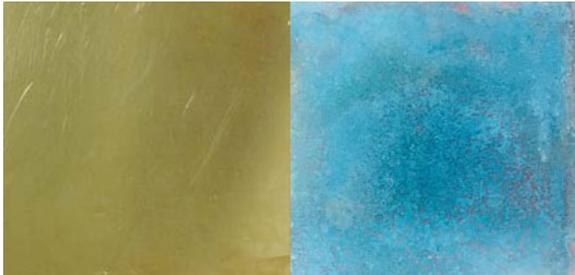
FIGURA 2.5: Proceso elaboración de revestimiento verde

Fuente: Byron Quituisaca.

Elaboración: Byron Quituisaca

2.2.2. Bronce azul

Tabla 2.6: BRONCE AZUL

Acabado	Materiales	Herramientas
	<ul style="list-style-type: none"> · Lamina de bronce · Cloruro de amonio · Sulfato de cobre · Agua destilada · Ácido fosfórico · Laca brillante · Tela de algodón 	<ul style="list-style-type: none"> · Pinceles · Laca brillante · Guaípe · Lija de metal · Guantes · Gafas · Medidor de líquidos

Para realizar un recubrimiento de óxido de color verde sobre una lámina de bronce, se utiliza 100 ml agua destilada , 7,6 gr cloruro de amonio y 0,7 gr sulfato de cobre (figura 2.6 - 1); se colocan en una probeta de vidrio, mezclando los elementos hasta que las partículas sólidas se disuelvan y la solución adquiera una coloración verde- azulado (figura 2.6 - 2).

Se prepara la superficie metálica aplicando la limpieza mecánica con un cepillo bronce en forma de copa sobre el latón descubierto, hasta obtener un acabado regular y uniforme (figura 2.6 - 3), se realiza la limpieza química usando alcohol industrial con un pedazo de guaípe, restregando sobre el metal, se enjuaga en agua y se deja secar al aire libre en un ambiente ventilado.

Luego de haber preparado la superficie, se emplea el método de aplicación por contacto para adherir la mezcla; con un pedazo de tela de algodón se cubre el bronce y con un rociador de bombilla ajustable se coloca la solución en el metal y la tela (figura 2.6 - 4), se repite el método hasta conseguir el color deseado; finalmente se protege la lámina con dos capas de esmalte brillante aerosol (figura 2.6 - 5).

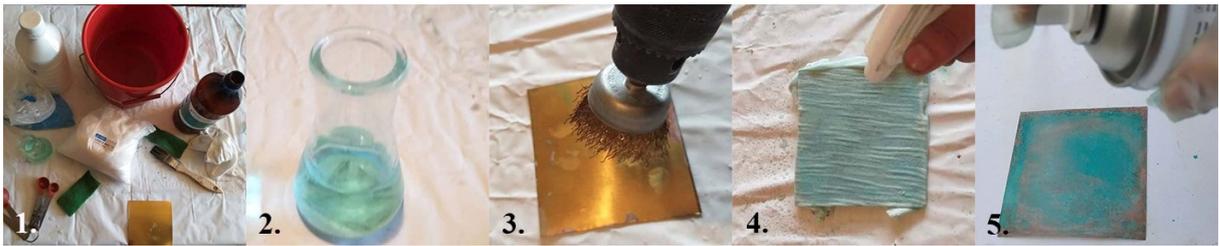


FIGURA 2.6: Proceso de elaboración de revestimiento azul

Fuente: Byron Quituisaca

Elaboración: Byron Quituisaca

2.3. Acero oxidado por reacción al calor

2.3.1. Acero azul oscuro

Tabla 2.7: ACERO AZUL OSCURO

Acabado	Materiales	Herramientas
	<ul style="list-style-type: none"> · Lamina de acero laminado en caliente · Lana sintética · Laca brillante · Alcohol industrial · Agua 	<ul style="list-style-type: none"> · Hornillo a gas · Recipiente grande

Para obtener la oxidación de color azul en una lámina de acero, se empieza con una limpieza de la superficie metálica, se realiza el método de limpieza mecánica utilizando un papel abrasivo número 120 (figura 2.7 - 1), luego se emplea el método de limpieza química, aplicando alcohol industrial con guaípe (figura 2.7 - 2), posteriormente se deja en un ambiente ventilado hasta que el metal seque.

Se procede a colocar el material en un hornillo a gas (figura 2.7 - 3), se controla el cambio de color de la superficie ya que al aumentar la temperatura la tonalidad irá variando. Al adquirir el color deseado, se retira de la fuente de calor con unas tenazas metálicas y guantes de protección contra el calor. Inmediatamente se sumerge en agua para detener la coloración, luego se coloca en el hornillo para eliminar la humedad de acero. Para dar protección al metal se aplica laca líquida brillante en aerosol (figura 2.7 - 4).

Con este método se puede obtener diferentes acabados por; el tiempo que permanece en la fuente de calor a una temperatura de 220° a 380 °C y el tipo de limpieza mecánica. El acabado de color azul mate no se emplea de método con el limpieza mecánica; el azul claro adquiere al dejar más tiempo el metal sobre la fuente de calor con una temperatura de 275° - 320 °C; el azul texturizado se concibe empleando un disco de láminas sobrepuestas

en la limpieza mecánica empleando materiales y herramientas abrasivas; si se requiere generar azul brillante se emplea una lamina pulida o con ondas (tabla 2.9), también se puede colorear partes de la superficie para tener un degradado metálico (figura 2.7 - 5).

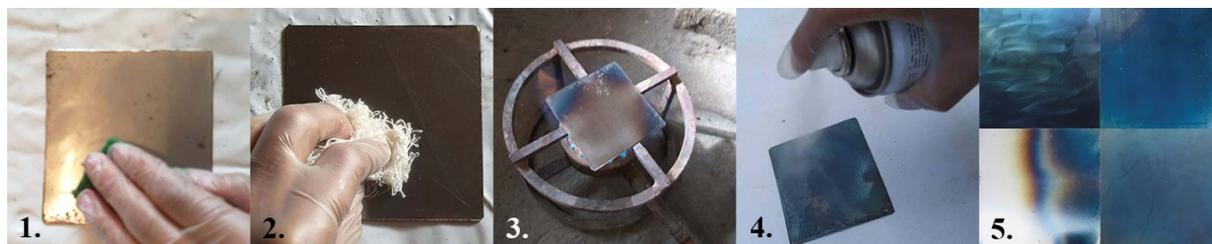


FIGURA 2.7: Proceso de elaboración de revestimiento azul

Fuente: Byron Quituisaca.

Elaboración: Byron Quituisaca

Tipos de acero texturizado		
Acero rayado	Acero con ondas	Acero brillante
		
Utilización de cepillo de bronce en forma lineal sobre la superficie.	Aplicación de un disco de láminas en la superficie generando una textura de movimiento ondulado.	Se frota con un disco de lija de diversas granulometrías desde el numero 90 hasta el 180 de esta manera se obtiene un terminado más pulido.

Tabla 2.8: TIPOS DE ACERO TEXTURIZADO

FUENTE:BYRON QUITUISACA

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

2.4. Zinc marrón oxidado por reacción química

Tabla 2.9: ZINC POR OXIDACIÓN QUÍMICA

Acabado	Materiales	Herramientas
	<ul style="list-style-type: none"> · Lamina de zinc · Ácido nítrico · Laca brillante · Alcohol industrial · Lija de grano fino 	<ul style="list-style-type: none"> · Brocha · Recipiente grande · Guantes · Estopa de hilo

Para lograr un recubrimiento de óxido de color marrón sobre el zinc se emplea ácido nítrico (figura 2.8 - 1). Se prepara la superficie aplicando una limpieza mecánica, se frota la lija sobre el metal eliminando mancha y rayones (figura 2.8 - 2), luego se realiza la limpieza química con un pedazo de estopa (figura 2.8 - 3), se deja secar en un ambiente ventilado.

Se procede a la aplicación de ácido nítrico utilizando la técnica de aplicación en frío con pincel, con una brocha cargada de ácido se adquiere en la superficie (figura 2.8 - 4); se deja que el metal reaccione y adquiera el color marrón oscuro (figura 2.8 - 5), después se deja secar por 24 h y se aplica una laca brillante en aerosol.



FIGURA 2.8: Proceso de elaboración de revestimiento azul

Fuente: Byron Quituisaca.

Elaboración: Byron Quituisaca

2.5. Cobre oxidado por reacción química

Tabla 2.10: COBRE VERDE

Acabado



Materiales

- Lámina de cobre
- Lana sintética
- Laca brillante
- Cloruro de amonio
- Sulfato de cobre

Herramientas

- Hornillo a gas
- Recipiente grande
- Guantes
- Gafas
- Medidor de líquidos

Para obtener un recubrimiento de óxido de color verde claro sobre una lámina de cobre, se prepara una solución compuesta de 100 ml agua destilada, 7,6 gr cloruro de amonio y 7,6 gr sulfato de cobre (figura 2.9 - 1); se colocan en una probeta de vidrio y se mezcla hasta que las partículas sólidas se disuelven y la solución adquiera una coloración verde.

Se realiza la limpieza mecánica con un trozo de lana sintética (figura 2.9 - 2); se frota obteniendo una superficie regular y uniforme; luego se aplica la limpieza química usando ácido fosfórico y un pedazo de guaípe, restregando sobre la superficie; se enjuaga en agua y se deja secar al aire libre en un ambiente ventilado.

El método consiste en colocar un paño de tela de forma irregular (figura 2.9 - 4), luego se emplea la técnica de aplicación en frío, con un pincel humedecido se aplica la solución en la superficie y de manera uniforme, dejando que el ácido reaccione en un periodo de tiempo de 24h luego se aplica una capa delgada de barniz transparente (figura 2.9 - 5).



FIGURA 2.9: Proceso de elaboración de revestimiento verde texturizado

Fuente: Byron Quituisaca.

Elaboración: Byron Quituisaca

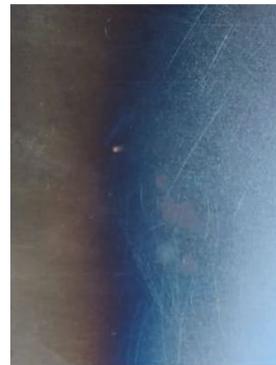
Tipos de revestimientos obtenidos



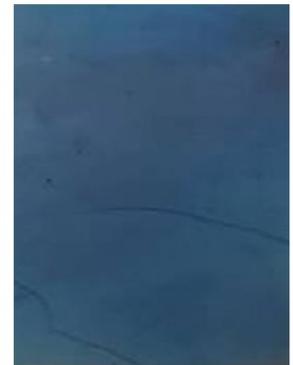
*ACERO MARRON
OXI-101*



*ACERO NEGRO
OXI-102*



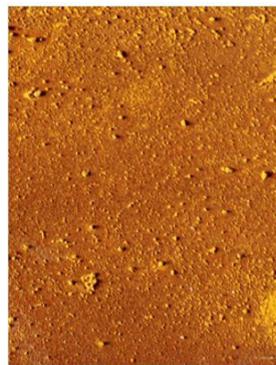
*ACERO AZUL
OXI-103*



*ACERO AZUL
OXI-104*



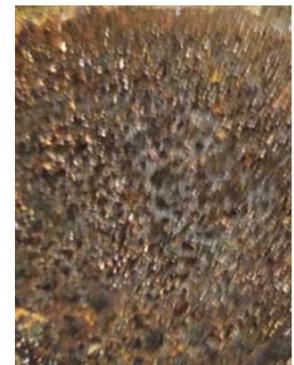
*ACERO AZUL
OXI-113*



*ACERO AMARILLO
OXI-108*



*ACERO BRILLANTE
OXI-114*



*ZINC MARRON
OXI-115*



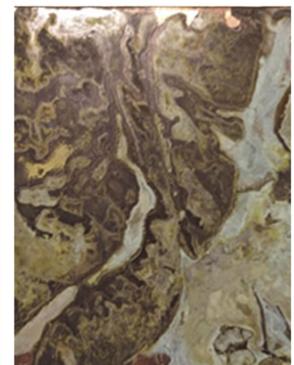
*BRONCE AZUL
OXI-105*



*BRONCE VERDE
OXI-106*



*BRONCE NATURAL
OXI-107*



*COBRE - TEXTURA
OXI-115*

Normas, ensayos y resultados de los prototipos

3.1. Resistencia a la corrosión de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) 1192: 2013.

Esta norma determina la resistencia de la corrosión de un revestimiento sobre el metal a través de un ensayo.

Exponiendo los prototipos a condiciones atmosféricas y climáticas del entorno y a distintos ángulos con respecto a la horizontal establecidos en la norma NTE INEN 1192, durante un periodo de tiempo establecido (INEN, 2013b).

3.1.1. Proceso del ensayo

Para realizar el ensayo de resistencia a la corrosión, se elaboró ocho muestras con un formato de 10 x 10 cm (figura 3.1 - 1 y 2) de diferentes tipos de revestimientos en el bronce, acero, zinc y cobre, luego construyó un elemento que sirva como soporte para exponer los distintos prototipos a ángulos de 90° (figura 3.1 - 3) y a 0° (figura 3.1 - 4) a las condiciones climáticas y fenómenos atmosféricos.



FIGURA 3.1: Proceso del ensayo de resistencia a la corrosión

Fuente: (INEN, 2013b)

Elaboración: Byron Quituisaca

Se coloca las muestras en el soporte durante un periodo de tiempo de ochenta y un días, durante este periodo se realizó un registro de las condiciones atmosféricas y climáticas,

también se utilizó un registro fotográfico de las muestras, con la finalidad de registrar la presencia de grietas, manchas, porosidades, alteración de la pigmentación de revestimiento o cualquier otra reacción en la superficie del material.

Finalmente se realizó un cuadro de resultados de cada uno de las muestras, con los registros realizados durante el periodo del ensayo, según los parámetros establecidos en la norma correspondiente.

3.1.2. Resultado del ensayo

Nº muestra 1 Tipo de metal - formato	Lámina de bronce - 10cm x 10cm.	
Datos de la muestra	Inclinación 0°	Orientación
Condiciones ambientales	Atmósfera de ciudad – contaminada con dióxido de azufre, hollín y polvos (INEN, 2013b) .	
Condiciones climáticas	Temperatura ambiental 16,2 °C	Humedad relativa 66 (INAMHI, 2019). % Precipitaciones 70,4 mm (INAMHI, 2019).
Tiempo de duración	Inicio 18/02/2019	Finalización 24/04/2019
Descripción	El recubrimiento es de color azul de la reacción de cloruro de sodio, ácido acético y peróxido de hidrógeno.	
Registro fotográfico		
Día 1	Día 28	Día 81
		
Estado de la muestra antes de ser expuesta a los diferentes fenómenos atmosféricos presentes en el entorno.	Como se puede observar la superficie de las probetas no presenta cambios significativos y no ha aflorado ningún tipo de manchas	Al finalizar el ensayo se puede observar que la superficie de la muestra no ha aflorado ningún tipo de mancha y ampollas de oxidación.

Tabla 3.1: RESULTADOS DEL ENSAYO CORROSIÓN

FUENTE:(INEN, 2013B)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

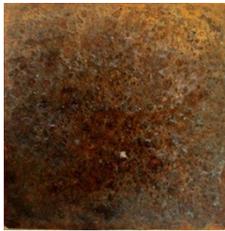
Nº muestra 2 Tipo de metal - formato	Lámina de acero - 10cm x 10cm.	
Datos de la muestra	Inclinación 0°	Orientación
Condiciones ambientales	Atmósfera de ciudad – contaminada con dióxido de azufre, hollín y polvos (INEN, 2013b) .	
Condiciones climáticas	Temperatura ambiental 16,2 °C	Humedad relativa 66 (INAMHI, 2019). % Precipitaciones 70,4 mm (INAMHI, 2019).
Tiempo de duración	Inicio 18/02/2019	Finalización 24/04/2019
Descripción	El recubrimiento es de color negro de la reacción de óxido de hierro color negro y ácido nítrico.	
Registro fotográfico		
Día 1	Día 28	Día 81
		
Superficie de la muestra antes de ser expuesta a los diferentes fenómenos atmosféricos presentes en el entorno.	Oxidación mínima en la superficie de la muestra y alteración parcial de color del revestimiento.	Al finalizar el ensayo se puede observar que en la superficie a aflorado manchas productos de la oxidación atmosférica en un 60% de la superficie total y se modificado el color.

Tabla 3.2: RESULTADOS DEL ENSAYO DE ACUERDO A LA NORMA NTE INEN 1192

FUENTE:(INEN, 2013B)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

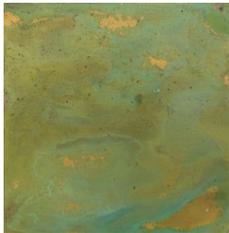
Nº muestra 3 Tipo de metal - formato	Lámina de acero - 10cm x 10cm.	
Datos de la muestra	Inclinación 0°	Orientación
Condiciones ambientales	Atmósfera de ciudad – contaminada con dióxido de azufre, hollín y polvos (INEN, 2013b) .	
Condiciones climáticas	Temperatura ambiental 16,2 °C	Humedad relativa 66 (INAMHI, 2019). % Precipitaciones 70,4 mm (INAMHI, 2019).
Tiempo de duración	Inicio 18/02/2019	Finalización 24/04/2019
Descripción	El recubrimiento es de color verde de la reacción de cloruro de amonio, sulfato de cobre agua destilada y ácido fosfórico.	
Registro fotográfico		
Día 1	Día 28	Día 81
		
Superficie de la muestra antes de ser expuesta a los diferentes fenómenos atmosféricos presentes en el entorno.	No existe alteración de oxidación en la superficie de la muestra.	No existe presencia de oxidación en la superficie de la muestra.

Tabla 3.3: RESULTADOS DEL ENSAYO CORROSIÓN

FUENTE:(INEN, 2013B)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

N° muestra 4 Tipo de metal - formato	Lámina de acero - 10cm x 10cm.	
Datos de la muestra	Inclinación 0°	Orientación
Condiciones ambientales	Atmósfera de ciudad – contaminada con dióxido de azufre, hollín y polvos.	
Condiciones climáticas	Temperatura ambiental 16,2 °C	Humedad relativa 66 (INAMHI, 2019). % Precipitaciones 70,4 mm (INAMHI, 2019).
Tiempo de duración	Inicio 18/02/2019	Finalización 24/04/2019
Descripción	El recubrimiento es de color marrón de la reacción del metal y fuego.	
Registro fotográfico		
Día 1	Día 28	Día 81
		
Superficie de la muestra antes de ser expuesta a los diferentes fenómenos atmosféricos presentes en el entorno.	Oxidación presente en las esquinas de las superficies de color marrón claro .	La oxidación presente en el día 9 se a expandido el centro de la probeta, dañando un 25 % de la superficie total.

Tabla 3.4: RESULTADOS DEL ENSAYO CORROSIÓN

FUENTE:(INEN, 2013B)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

Nº muestra 5 Tipo de metal - formato	Lámina de acero - 10cm x 10cm.	
Datos de la muestra	Inclinación 90°	Orientación
Condiciones ambientales	Atmósfera de ciudad – contaminada con dióxido de azufre, hollín y polvos (INEN, 2013b) .	
Condiciones climáticas	Temperatura ambiental 16,2 °C	Humedad relativa 66 (INAMHI, 2019). % Precipitaciones 70,4 mm (INAMHI, 2019).
Tiempo de duración	Inicio 18/02/2019	Finalización 24/04/2019
Descripción	El recubrimiento es de color marrón de la reacción de cloruro de sodio, ácido acético y peróxido de hidrógeno	
Registro fotográfico		
Día 1	Día 28	Día 81
		
Superficie de la muestra antes de ser expuesta a los diferentes fenómenos atmosféricos presentes en el entorno.	No existe alteración en la superficie de la muestra.	La oxidación presente en la superficie metálica es mínima y no cambiado el color del revestimiento en el acero.

Tabla 3.5: RESULTADOS DEL ENSAYO CORROSIÓN

FUENTE:(INEN, 2013B)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

Nº muestra 6 Tipo de metal - formato	Lámina de bronce - 10cm x 10cm.	
Datos de la muestra	Inclinación 90°	Orientación Norte
Condiciones ambientales	Atmósfera de ciudad – contaminada con dióxido de azufre, hollín y polvos (INEN, 2013b) .	
Condiciones climáticas	Temperatura ambiental 16,2 °C	Humedad relativa 66 (INAMHI, 2019). % Precipitaciones 70,4 mm (INAMHI, 2019).
Tiempo de duración	Inicio 18/02/2019	Finalización 24/04/2019
Descripción	El recubrimiento es de color azul de la reacción de cloruro de sodio, ácido acético y peróxido de hidrógeno.	
Registro fotográfico		
Día 1	Día 28	Día 81
		
Superficie de la muestra antes de ser expuesta a los diferentes fenómenos atmosféricos presentes en el entorno.	No existe alteración de la superficie de la metálica.	No existe alteración en la pigmentación de la superficie de la muestra.

Tabla 3.6: RESULTADOS DEL ENSAYO CORROSIÓN

FUENTE:(INEN, 2013B)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

Nº muestra 7 Tipo de metal - formato	Lámina de bronce - 10cm x 10cm.	
Datos de la muestra	Inclinación 90°	Orientación Norte
Condiciones ambientales	Atmósfera de ciudad – contaminada con dióxido de azufre, hollín y polvos (INEN, 2013b) .	
Condiciones climáticas	Temperatura ambiental 16,2 °C	Humedad relativa 66 (INAMHI, 2019). % Precipitaciones 70,4 mm (INAMHI, 2019).
Tiempo de duración	Inicio 18/02/2019	Finalización 24/04/2019
Descripción	El recubrimiento es de color verde de la reacción de cloruro de amonio, sulfato de cobre agua destilada y ácido fosfórico.	
Registro fotográfico		
Día 1	Día 28	Día 81
		
Superficie de la muestra antes de ser expuesta a los diferentes fenómenos atmosféricos presentes en el entorno.	No existe oxidación en la superficie metálica ni alteración del color.	No existe oxidación en la superficie metálica ni alteración del color.

Tabla 3.7: RESULTADOS DEL ENSAYO CORROSIÓN

FUENTE: (INEN, 2013B)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

Nº muestra 8 Tipo de metal - formato	Lámina de acero laminado en caliente - 10cm x 10cm.	
Datos de la muestra	Inclinación 90°	Orientación Norte
Condiciones ambientales	Atmósfera de ciudad – contaminada con dióxido de azufre, hollín y polvos (INEN, 2013b) .	
Condiciones climáticas	Temperatura ambiental 16,2 °C	Humedad relativa 66 (INAMHI, 2019). % Precipitaciones 70,4 mm (INAMHI, 2019).
Tiempo de duración	Inicio 18/02/2019	Finalización 24/04/2019
Descripción	El recubrimiento es de color azul de la reacción del metal y fuego.	
Registro fotográfico		
Día 1	Día 28	Día 81
		
Superficie de la muestra antes de ser expuesta a los diferentes fenómenos atmosféricos presentes en el entorno.	Existe presencia mínima de la oxidación en el perímetro de la probeta.	Oxidación mínima en la superficie de la muestra la pigmentación de revestimiento se a alterado parcialmente.

Tabla 3.8: RESULTADOS DEL ENSAYO CORROSIÓN

FUENTE:(INEN, 2013B)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

Nº muestra 9 Tipo de metal - formato	Lámina de zinc - 10cm x 10cm.	
Datos de la muestra	Inclinación 0°	Orientación
Condiciones ambientales	Atmósfera de ciudad – contaminada con dióxido de azufre, hollín y polvos.	
Condiciones climáticas	Temperatura ambiental 16,2 °C	Humedad relativa 66 (INAMHI, 2019). % Precipitaciones 70,4 mm (INAMHI, 2019).
Tiempo de duración	Inicio 18/02/2019	Finalización 24/04/2019
Descripción	El recubrimiento es de color producto de la reacción química de metal y el ácido nitrito.	
Registro fotográfico		
Día 1	Día 28	Día 81
		
Superficie de la muestra antes de ser expuesta a los diferentes fenómenos atmosféricos presentes en el entorno.	Oxidación mínima en la superficie de la muestra y alteración parcial de color en el revestimiento.	Al finalizar el ensayo se puede observar que en la superficie ha aflorado manchas productos de la oxidación atmosférica en un 60 % de la superficie total, alteración mínima del color.

Tabla 3.9: RESULTADOS DEL ENSAYO CORROSIÓN

FUENTE: (INEN, 2013B)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

Nº muestra 10 Tipo de metal - formato	Lámina de cobre - 10cm x 10cm.	
Datos de la muestra	Inclinación 90°	Orientación Norte
Condiciones ambientales	Atmósfera de ciudad – contaminada con dióxido de azufre, hollín y polvos (INEN, 2013b) .	
Condiciones climáticas	Temperatura ambiental 16,2 °C	Humedad relativa 66 (INAMHI, 2019). % Precipitaciones 70,4 mm (INAMHI, 2019).
Tiempo de duración	Inicio 18/02/2019	Finalización 24/04/2019
Descripción	El recubrimiento texturizado producto de la reacción química de cloruro de amonio y sulfato de cobre.	
Registro fotográfico		
Día 1	Día 28	Día 81
		
Superficie de la muestra antes de ser expuesta a los diferentes fenómenos atmosféricos presentes en el entorno.	No existe alteración de la superficie de la muestra.	No existe alteración del color en la superficie de la muestra.

Tabla 3.10: RESULTADOS DEL ENSAYO CORROSIÓN

FUENTE: (INEN, 2013B)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

3.2. Determinación del comportamiento a altas temperaturas de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) 1193:2013

La finalidad de esta norma es determinar el comportamiento del recubrimiento a altas temperaturas de un ensayo, consiste en someter la muestra hasta una temperatura en un horno controlado, después enfriar de manera inmediata como se especifica en norma técnica ecuatoriana INEN 1193. Finalmente se analiza el estado actual del revestimiento después de haber realizado el ensayo (INEN, 2013c).

3.2.1. Proceso del ensayo

Este ensayo se realizó en el laboratorio de sanitaria de la Universidad de Cuenca, se inicio elaborando varias probetas con diferentes tipos de recubrimientos con un formatos de 10cm x 10 cm (figura 3.2 - 1). Luego se colocan las probetas sobre cápsulas de cerámica (figura 3.2 - 2), se introducen las probetas en la mufla (figura 3.2 - 3) durante un tiempo 5 min y con una temperatura de 380°C y 500° (figura 3.2 - 4), luego haber transcurrido este tiempo se retiró de la mufla y se procedió a enfriar de manera inmediata sumergiendo las probetas en un envase con agua a temperatura ambiente (figura 3.2 - 5). Finalmente se realizó un análisis del estado de la superficie del recubrimiento.



FIGURA 3.2: Proceso de elaboración de ensayo

Fuente: (INEN, 2013c)

Elaboración: Byron Quituisaca

3.2.2. Resultados del ensayo

N° Muestra 1	Nombre del prototipo	Acero rallado	Muestra - 10 x 10
Metal base	Acero	Temperatura 500 ° C	Tiempo-5min
Tipo de recubrimiento		Texturizado con disco de láminas	
Estado superficial del recubrimiento		Antes	Después
En superficie de la muestra observa que la textura del metal se mantiene, pero con la aparición irregular de manchas de color marrón. El metal conserva sus características físicas después de haber sido sometidas al ensayo.			

Tabla 3.11: RESULTADOS DEL ENSAYO DE ACUERDO A LA NTE INEN 1193

FUENTE:(INEN, 2013c)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

N° Muestra 2	Nombre del prototipo	Bronce verde	Muestra - 10 x 10
Metal base	Bronce	Temperatura 500 ° C	Tiempo-5min
Tipo de recubrimiento		Sulfato de cobre y cloruro de amonio	
Estado superficial del recubrimiento		Antes	Después
Se observa que el revestimiento se ha desprendido en el perímetro de la muestra del metal base, también existe de manchas irregulares de color rojo y negro.			

Tabla 3.12: RESULTADOS DEL ENSAYO DE ACUERDO A LA NTE INEN 1193

FUENTE:(INEN, 2013c)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

N° Muestra 3	Nombre del prototipo	Acero azul	Muestra - 10 x 10
Metal base	Acero	Temperatura 500 ° C	Tiempo-5min
Tipo de recubrimiento		Por cambio de temperatura	
Estado superficial del recubrimiento		Antes	Después
<p>La superficie de la muestra se ha alterado totalmente apareciendo de manchas irregulares de color negro. El metal conserva sus características físicas.</p>			

Tabla 3.13: RESULTADOS DEL ENSAYO DE ACUERDO A LA NTE INEN 1193

FUENTE:(INEN, 2013c)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

N° Muestra 4	Nombre del prototipo	Negro marrón	Muestra - 10 x 10
Metal base	Acero	Temperatura 500 ° C	Tiempo-5min
Tipo de recubrimiento		Ácido nítrico y óxido de hierro	
Estado superficial del recubrimiento		Antes	Después
<p>No existe desprendimiento del recubrimiento con el metal base, se observa que el color ligeramente se a oscurecido a una tonalidad marrón. La características físicas de metal no se mantienen.</p>			

Tabla 3.14: RESULTADOS DEL ENSAYO DE ACUERDO A LA NTE INEN 1193

FUENTE:(INEN, 2013c)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

N° Muestra 5	Nombre del prototipo	Amarillo	Muestra - 10 x 10
Metal base	Acero	Temperatura 380 ° C	Tiempo-5min
Tipo de recubrimiento		Ácido nítrico y óxido de hierro	
Estado superficial del recubrimiento		Antes	Después
Se observa que no existe desprendimiento del recubrimiento y el metal base, el color se ha alterado parcialmente oscureciendo a una tonalidad marrón. Las características físicas del metal no se han alterado.			

Tabla 3.15: RESULTADOS DEL ENSAYO DE ACUERDO A LA NTE INEN 1193

FUENTE:(INEN, 2013c)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

N° Muestra 6	Nombre del prototipo	Negro marrón	Muestra - 10 x 10
Metal base	Acero	Temperatura 380 ° C	Tiempo-5min
Tipo de recubrimiento		Ácido nítrico y óxido de hierro	
Estado superficial del recubrimiento		Antes	Después
Se observa que no existe desprendimiento del recubrimiento y el metal base, la tonalidad de color se ha alterado parcialmente. La características físicas de metal no se a modificado.			

Tabla 3.16: RESULTADOS DEL ENSAYO DE ACUERDO A LA NTE INEN 1193

FUENTE:(INEN, 2013c)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

N° Muestra 7	Nombre del prototipo	Bronce azul	Muestra - 10 x 10
Metal base	Bronce	Temperatura 380 ° C	Tiempo-5min
Tipo de recubrimiento		Sulfato de cobre y cloruro de amonio	
Estado superficial del recubrimiento		Antes	Después
Se observa que no existe desprendimiento del recubrimiento y el metal base, la tonalidad de revestimiento se ha oscureciendo generando un tono café pastoso. La características físicas de metal no se a modificado.			

Tabla 3.17: RESULTADOS DEL ENSAYO DE ACUERDO A LA NTE INEN 1193

FUENTE:(INEN, 2013c)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

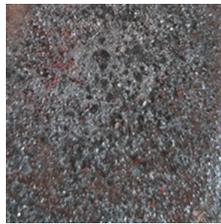
N° Muestra 8	Nombre del prototipo	Zinc marrón	Muestra - 10 x 10
Metal base	Zinc	Temperatura 380 ° C	Tiempo-5min
Tipo de recubrimiento		Ácido nítrico	
Estado superficial del recubrimiento		Antes	Después
Se observa que no existe desprendimiento del recubrimiento y el metal base, la pigmentación se ha alterado a un oscuro. La características físicas de metal no se a modificado.			

Tabla 3.18: RESULTADOS DEL ENSAYO DE ACUERDO A LA NTE INEN 1193

FUENTE:(INEN, 2013c)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

N° Muestra 9	Nombre del prototipo	Cobre texturizado	Muestra - 10 x 10
Metal base	Cobre	Temperatura 380 ° C	Tiempo-5min
Tipo de recubrimiento		Sulfato de cobre y cloruro de amonio	
Estado superficial del recubrimiento		Antes	Después
Se observa desprendimiento de 50 % del revestimiento, la tonalidad se ha alterado a un amarillo. La características físicas de metal no se a modificado.			

Tabla 3.19: RESULTADOS DEL ENSAYO DE ACUERDO A LA NTE INEN 1193

FUENTE: (INEN, 2013c)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

3.3. Determinación del brillo de acuerdo a la norma a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) 950:2013

Con esta norma se podrá determinar el brillo de recubrimiento superficial de las probetas, a través de un ensayo que se establece en la NTE INEN 1197, el ensayo consiste en observar el reflejo de una escritura de 5 mm de altura sobre un papel de fondo blanco (figura 3.3 - 1); según la distancia que se pueda apreciar se clasificará el material (INEN, 1984).

3.3.1. Proceso del ensayo

Previamente elaboradas las probetas con su revestimiento, se colocan en una mesa plana con un ángulo de 90° con respecto a la horizontal (figura 3.3 - 2) y de la misma forma se colocó la escritura a una distancia de 4.5mm del elemento metálico.

El ángulo de observación se encuentra a 30° con respecto a la superficie metálica (figura 3.3 - 3) y de acuerdo a la distancia que se visualice la reflexión de la escritura en el metal se clasificó el material como se indica en la tabla 3.16.

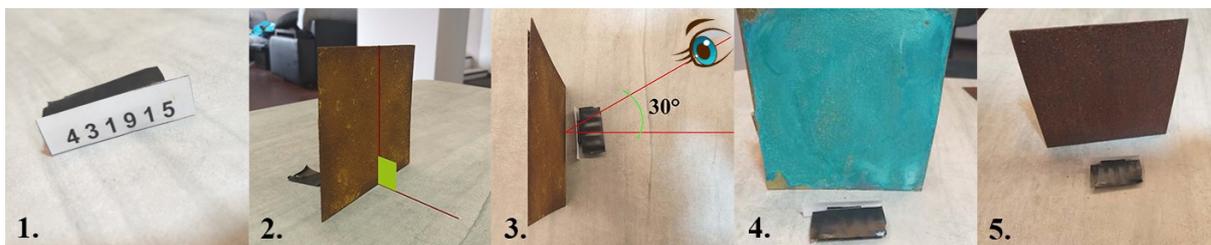


FIGURA 3.3: Proceso de elaboración del ensayo

Fuente: (INEN, 1984)

Elaboración: Byron Quituisaca

No.	Denominación	Abreviatura	Características
1	Mate	mt	Sin reflejo
2	Lustroso	p	Imagen reflejada es legible a 5mm
3	Brillante	b	Imagen reflejada es legible a 100mm
4	Brillante intenso	bi	Imagen reflejada es legible a 400mm, huellas de rectificado puede ser aun visible
5	Brillante especular	be	Imagen reflejada es legible a 400mm, huellas de mecanizado no son visibles

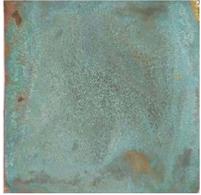
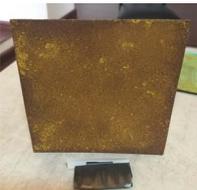
Tabla 3.20: CARACTERIZACIÓN DE ACUERDO A LA NTE INEN 1193

FUENTE:(INEN, 1984)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

3.3.2. Resultados del ensayo

Nº	Nombre	Descripción de la probeta	Brillo	Imagen
1	Acero marrón 	Revestimiento por reacción química del ácido acético, peróxido de hidrógeno y cloruro de sodio	MATE mt	

2	<p>Bronce Azul</p> 	<p>Revestimiento por reacción química de cloruro de amonio y sulfato de cobre.</p>	<p>MATE mt</p>	
3	<p>Bronce verde</p> 	<p>Revestimiento por reacción química de cloruro de amonio y sulfato de cobre.</p>	<p>MATE mt</p>	
4	<p>Acero negro</p> 	<p>Revestimiento por reacción química óxido de hierro negro, nitrato de cobre.</p>	<p>MATE mt</p>	
5	<p>Acero azul</p> 	<p>Revestimiento por reacción a altas temperaturas.</p>	<p>LUSTROSO mt</p>	
6	<p>Acero amarillo</p> 	<p>Revestimiento por reacción química óxido de hierro amarillo, nitrato de cobre.</p>	<p>MATE p</p>	

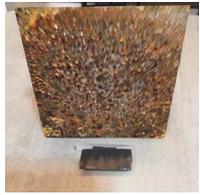
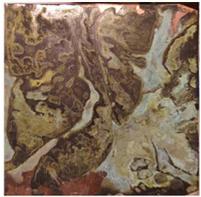
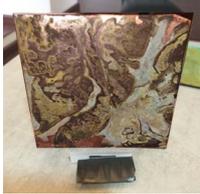
7	<p>Acero texturizado</p> 	<p>Revestimiento por reacción mecánica de un material abrasivo con la superficie metálica</p>	<p>BRILLANTE b</p>	
8	<p>Zinc marrón</p> 	<p>Revestimiento por reacción química del ácido nítrico.</p>	<p>MATE mt</p>	
9	<p>Cobre texturizado</p> 	<p>Revestimiento por reacción química de cloruro de amonio y sulfato de cobre.</p>	<p>MATE mt</p>	

Tabla 3.21: RESULTADOS DEL ENSAYO DE BRILLO

FUENTE: FUENTE: (INEN, 1984)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

3.4. Determinación de adherencia de acuerdo la Norma Técnica Ecuatoriana INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) 1179:2013

Se aplicó esta norma a los prototipos con la finalidad de determinar la adherencia del revestimiento con el metal a través métodos de aplicación de: limado, bruñido manual, enfriado brusco en temperaturas altas, cinta adhesiva, rallado, martillado y doblado (INEN, 2013a).

3.4.1. Proceso del ensayo

Como primer paso se elaboró las probetas de dimensiones de 10 x 10 cm (figura 3.4 - 1), luego se procedió a realizar el ensayo empleando el método bruñido manual que consiste en frotar con un cepillo de cerdas de bronce (figura 3.4 - 2) en una área de 700 mm² (figura 3.4 - 3) sobre la superficie de la probeta de forma rápida (figura 3.4 - 4) y firme durante 15 segundos.

Después de haber realizado el ensayo, se registra y describe el cambio de color, aflojamiento ampollas, y grado de desprendimiento del área frotada con el cepillo de bronce (figura 3.4 - 5).



FIGURA 3.4: Proceso de elaboración del ensayo

Fuente: (INEN, 2013a)

Elaboración: Byron Quituisaca

3.4.2. Resultados del ensayo

N°	Nombre	Descripción de efectos	Imagen
1	Acero azul: oxidación por reacción de altas temperaturas	Se a producido un cambio de color del revestimiento de azul al gris base natural de metal. Desprendimiento del revestimiento 100 %	
2	Acero marrón: oxidación por reacción química del ácido nitro.	Se a producido un cambio de color del revestimiento marrón a amarillo, un desprendimiento del 50 % del terminado	

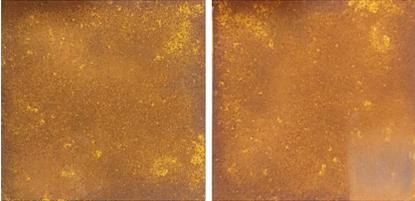
4	Acero marrón: oxidación por reacción química del ácido nítrico y óxido de color amarillo.	Se a producido un cambio parcial de color del revestimiento amarillo a amarillo claro, con un desprendimiento 20 % del revestimiento mantiene su tonalidad.	
5	Bronce azul: oxidación por reacción química del cloruro de amonio y sulfato de cobre.	Se a producido un cambio de color del revestimiento amarillo a amarillo claro, con un desprendimiento del 15 % terminado.	
6	Zinc marrón: oxidación por reacción química del ácido nítrico	Se a producido un cambio de color del revestimiento marrón a amarillo, un desprendimiento del 50 % terminado.	
7	Cobre texturizado: oxidación por reacción química del cloruro de amonio y sulfato de cobre.	Se a producido un cambio de color del revestimiento verdes a verde claro, con un desprendimiento del 15 % terminado.	

Tabla 3.22: RESULTADOS ENSAYO DETERMINACIÓN DE ADHERENCIA

FUENTE:(INEN, 2013A)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

3.5. Ensayo a la tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente NTE INEN 109.2009

El objetivo de este ensayo determinar el grado de alteración de las características mecánicas de metal base después de haber sido sometidas a procesos de recubrimiento por oxidación (INEN, 2009).

3.5.1. Proceso de ensayo

Se realizo las muestras normalizada de acuerdo a la norma (INEN, 2009) que especifica el dimensionamiento y forma (figura 3,5 - 1), luego se realiza el recubrimiento de oxidación artificial, en prensa universal del laboratorio de sueldos de la Universidad Católica de Cuenca, se coloca la probetas y con las mordazas de realiza presión a los extremos del metal. Finalmente se inicia con el estiramiento de metal hasta su ruptura. El material empleado para el ensayo es acero debió es mas utilizado en el sector de la construcción y el que mas expuesto esta la de oxidación por la composición química a diferencia del zinc, bronce y cobre,



FIGURA 3.5: Proceso de ensayo de tracción

Fuente: (INEN, 2009)

Elaboración: Byron Quituisaca

3.5.2. Resultados

Para verificar la alteración de las características mecánicas de acero con revestimiento a partir del método de oxidación por reacción química se realizaron dos probetas la primera sin revestimiento y la segunda con revestimiento. Comparando las gráficas de la tabla 3.23 se observa una diferencia considerable del esfuerzo máximo, la fuerza máxima entre la probeta uno sin oxidar con la probeta dos con oxidación. Por lo tanto, las características del acero no son afectan por la oxidación química.

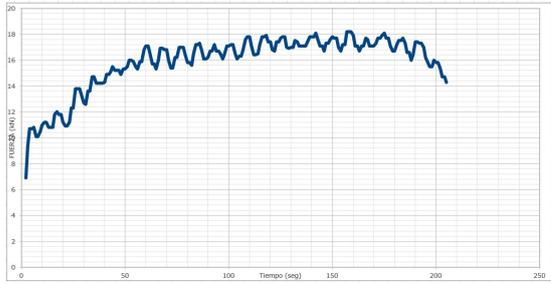
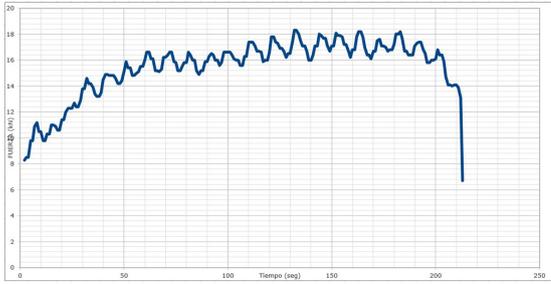
Gráficas de los ensayos a tracción	
Muestra 1	Muestra 2
	
Acero sin oxidación fuerza máxima 18,2 kn, esfuerzo máximo 228,199Mpa	Acero con oxidación química fuerza máxima 18,3 kn, esfuerzo máximo 229,453Mpa

Tabla 3.23: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A TRACCIÓN

FUENTE:(INEN, 2009)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

Para verificar la alteración de las características mecánicas de acero con revestimiento a partir del método de oxidación por reacción a altas temperaturas se realizaron dos probetas la primera sin revestimiento y la segunda con revestimiento. Comparando las gráficas en la tabla 3.24 se observa una diferencia considerable del esfuerzo máximo, la fuerza máxima entre la probeta tres sin oxidar con la probeta cuatro con oxidación. Por lo tanto, las características del acero no son afectan por la oxidación química.

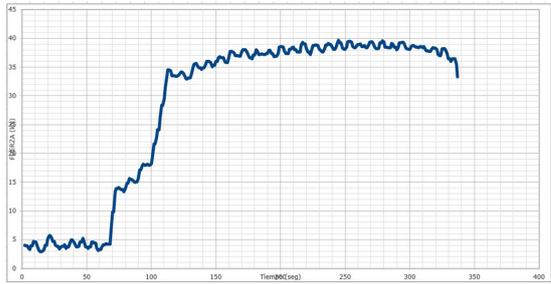
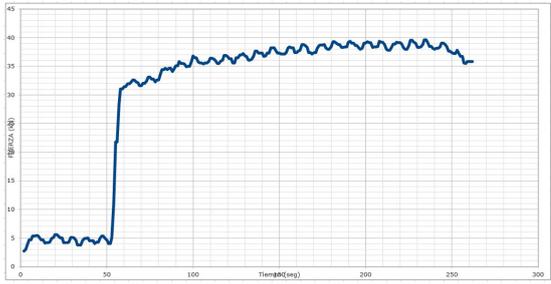
Gráficas de los ensayos a tracción	
Muestra 3	Muestra 4
	
Acero sin oxidación fuerza máxima 39,6 kn, esfuerzo máximo 457,774Mpa	Acero con oxidación por calor fuerza máxima 39,6 kn, esfuerzo máximo 496,521Mpa

Tabla 3.24: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A TRACCIÓN

FUENTE:(INEN, 2009)

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

Elaboración panel y sistema de fijación

4.1. Antecedentes

La fachada es una de los principales elementos que se relacionan con el contexto generándole la característica que le proporciona identidad a la edificación, esta envolvente tiene la capacidad de proteger los espacios de los factores climáticos y atmosférico que afectan al confort y alteran los materiales de la construcción.

La capacidad de iluminar, ventilar, o disponer de vistas al exterior y relacionarse con el entorno. El desarrollo histórico de la fachada ha sido una carrera tecnológica en pos de ampliar y tecnificar los materiales para responder a la problemática medioambiental. Existen materiales micro-perforados que emplean abertura donde el tamaño y disposición de los huecos condicionado y modifican de acuerdo a las necesidades y usos que se requiera en el espacio; en el mercado existen una gran cantidad de paneles que emplean chapas metálicas, paneles sándwiches, paneles micro-perforados, chapas perfiladas, entre otros, constituidos por elementos de revestimiento que soportan una sub estructura anclada sobre la mampostería de la edificación.

4.1.1. Caixa Forum Caso de estudio



FIGURA 4.1: Caixa Forum
Fuente:(Sanchez, 2013)

Descripción

Caixa Forum es un centro cultural y museo ubicado en el centro de la ciudad de Madrid España. Esta edificación es compuesta por dos áreas principales el edificio y la plazoleta exterior. El proyecto fue elaborado entre los años 2001 – 2003 y fue ejecutado en el 2008 por los arquitectos Herzog y DeMeuron.

El edificio de Caixa - forum Madrid consiste en la rehabilitación y ampliación de una central eléctrica de 1899 y parte del objetivo arquitectónico que permite des-configurar un espacio público eliminando la base inferior del muro existente, logrando el efecto de una edificación suspendida en el aire. Se empleó una estructura principal del edificio conformada por tres pilares de hormigón de gran tamaño los cuales son los únicos elementos portantes verticales, un muro perimetral continuo de hormigón adosado y conectado al muro de ladrillo, y dos paredes estructurales interiores que conectan los núcleos con el muro perimetral (Sanchez, 2013).



FIGURA 4.2: Caixa Forum
Fuente:(Sanchez, 2013)

La fachada conformada de una estructura mixta; el ladrillo conservado de la edificación original y el revestimiento de paneles acero cor-ten con un dimensionamiento de 800 mm x 800 mm x 10 mm.

El acero corten esta compuesto por aleación de acero con níquel, cromo, cobre y fósforo haciendo que el material se a resistente a la oxidación atmosférica. La capa de oxido formada en la superficie del metal es de color rojo anaranjado, alta adherencia, impermeable al agua y a la humedad, impidiendo que la oxidación afecte las características físicas de material, por ello no es necesario aplicar una protección como pintura, galvanizado o cromado.

Los paneles están perforados siguiendo un patrón irregular, semejantes a los mosaicos españoles de las viviendas aldañas; el material oxidado forma parte de los revestimientos de paredes internas y cielo raso de los pisos inferiores con paneles micro perforados, relieves y mallas expandidas. La estructura que sostiene a los paneles metálicos esta conformada por perfiles galvanizado, colocados de forma horizontal y vertical anclados a la estructura de la edificación por medio de pernos y tornillos.

El revestimiento de las paredes y el cielo raso de las áreas internas como; salas de actos y exposiciones, están elaborada con placas cuadradas de diferentes formatos compuestos con; malla de acero expandido (deployé), con la superficie tridimensional irregular, colocadas de forma continua. Estos diseños se elaboraron a partir de sistemas de modelización en

3d. Los paneles encajan entre si formando un mosaico continuo y armónico, se consigue montando la pieza con un giro de 90° con respecto a la anterior placa metálica.



FIGURA 4.3: Caixa Forum
Fuente:(Sanchez, 2013)

4.2. Elaboración del panel

Para elaborar el panel se inicia con el corte de metal se puede emplear tijeras y una amoladora con un disco delgado; se dibujará el modelo del panel en el metal y se procederá a recortar, después se pasará la amoladora con un disco abrasivo sobre los recortes, para eliminar exceso de material y dejar el corte más regular. Existen más métodos de corte empleando láser, con plasma, cierra, entre otros.

Se procede a doblar a 90° la lámina metálica hasta obtener un elemento en forma de bandeja como muestra en la figura 4.7. Se utilizará una dobladora manual o hidráulica en los dobleces más largo y en los pequeños se emplearán herramientas manuales.

Finalmente se realizará el recubrimiento del metal con óxido, de acuerdo al acabado final, se seleccionará un método utilizado en los prototipos mencionados del estudio.



FIGURA 4.4: Proceso de elaboración del panel
Fuente: Byron Quituisaca
Elaboración: Byron Quituisaca

4.3. Sistema de anclaje

Se empleo tres tipos de sistemas constructivos ; anclaje oculto con estructura metálica, anclaje visto con estructura de madera y paneles inclinados con ménsulas; a continuación

se describen los elementos que forma parte del sistema.

- Anclaje oculto son; ménsula en forma de L estos elementos metálicos de b 25mm, h 25mm, e 2mm que serán colocadas de forma vertical a una distancia de 50 cm. Omega de b 35mm, h 50 mm, c 20 mm, e 2 mm, se anclarán a las ménsulas con tornillos autoperforantes a cada 50 cm como se especifica en los detalles constructivos (figura 4.8). Los colgantes son platinas de acero de forma rectangular que posee un ancho de 7mm x 20mm. Panel de 110cm x 50cm será colocado en la sub estructura anclada a las varillas de acero colocada con pernos en la visera superior de panel (figura 4.7 - 1 y 2).
- Anclaje visto son; ménsula en forma de L tendrán un dimensionamiento de b 25mm, h 25mm, e 2mm que serán colocadas perpendiculares a una distancia de 60 cm como se especifica en los detalles constructivos (figura 4.16). Las tiras de madera de 50 x 40 mm se anclarán a las ménsulas con tornillos autoperforantes a 60 cm. El panel será colocado a la sub-estructura por medio de torillos autorperforantes de 1 pulga (figura 4.7 - 3).
- Paneles inclinados; ménsula en forma de L tendrán un dimensionamiento de b 20mm, h 20mm, e 2mm panel de 25cm y 25cm (figura 4.7 - 4).

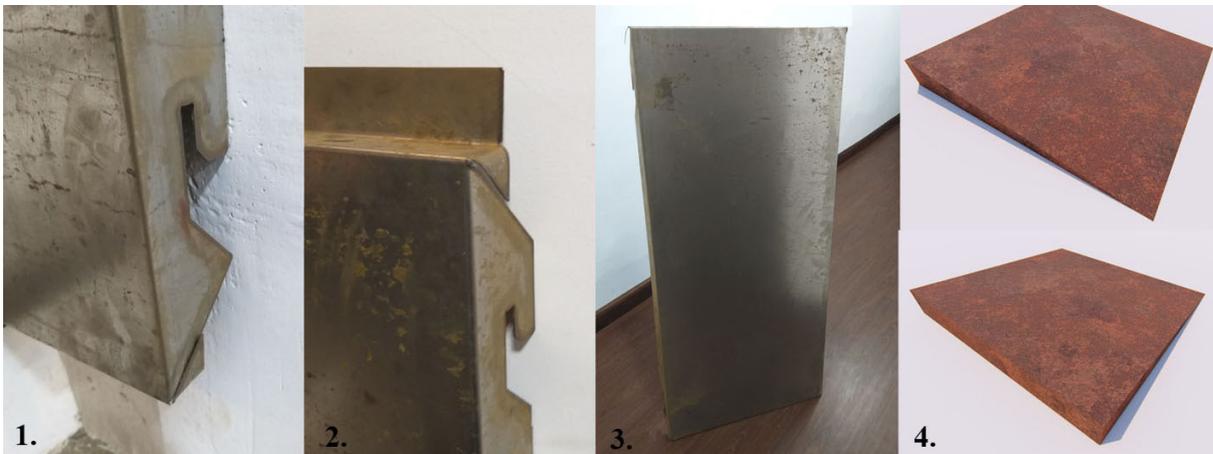


FIGURA 4.5: Proceso de elaboración del panel

Fuente: Byron Quituisaca

Elaboración: Byron Quituisaca

4.3.1. Detalles constructivos

Para entender los distintos tipos de conexiones que se puede generar al momento montar los paneles propuestos en obra, es necesario detallar de forma técnica cada elemento que forma parte del sistema constructivo como son: sub estructura, tipo de material, juntas y anclaje.

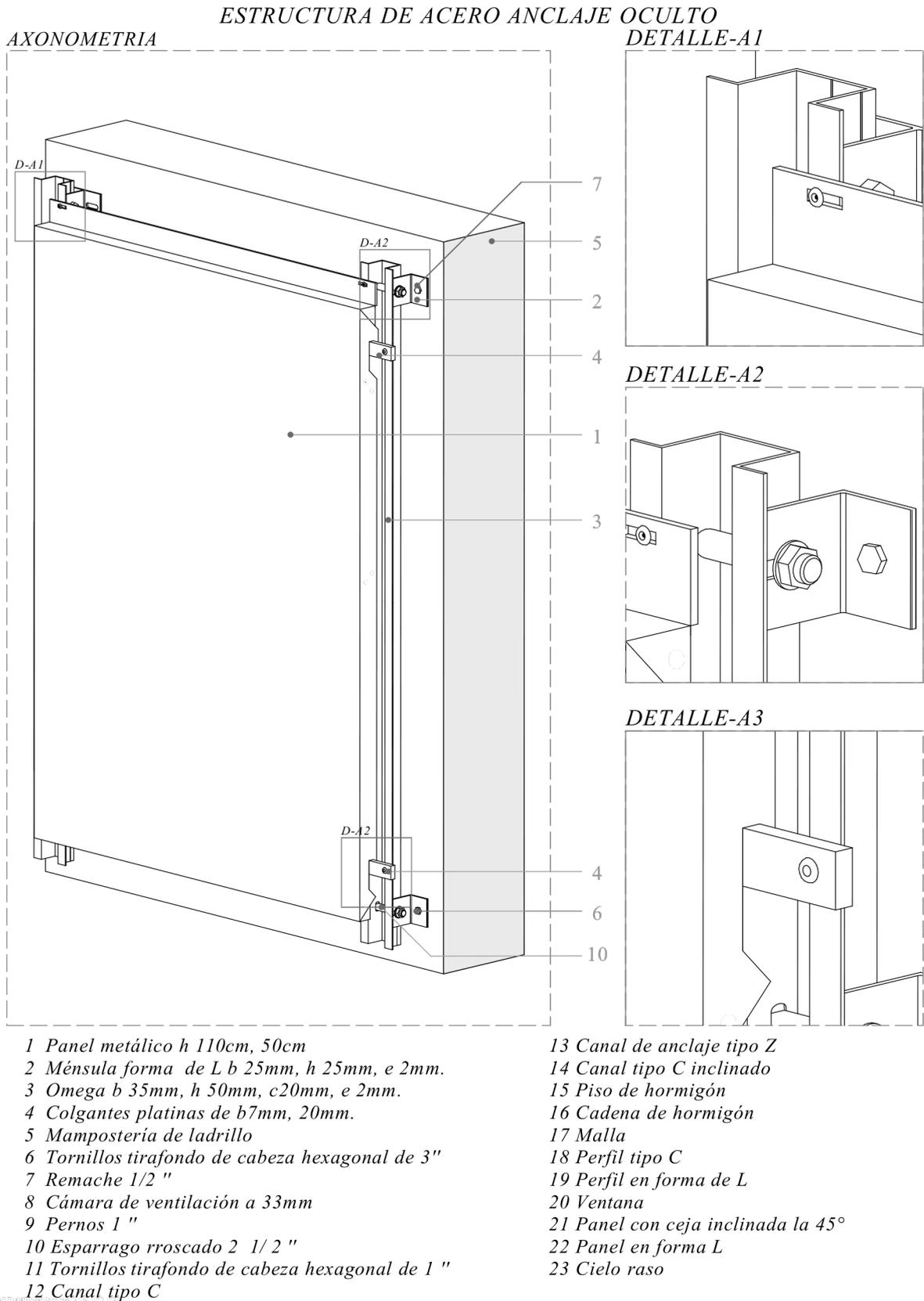
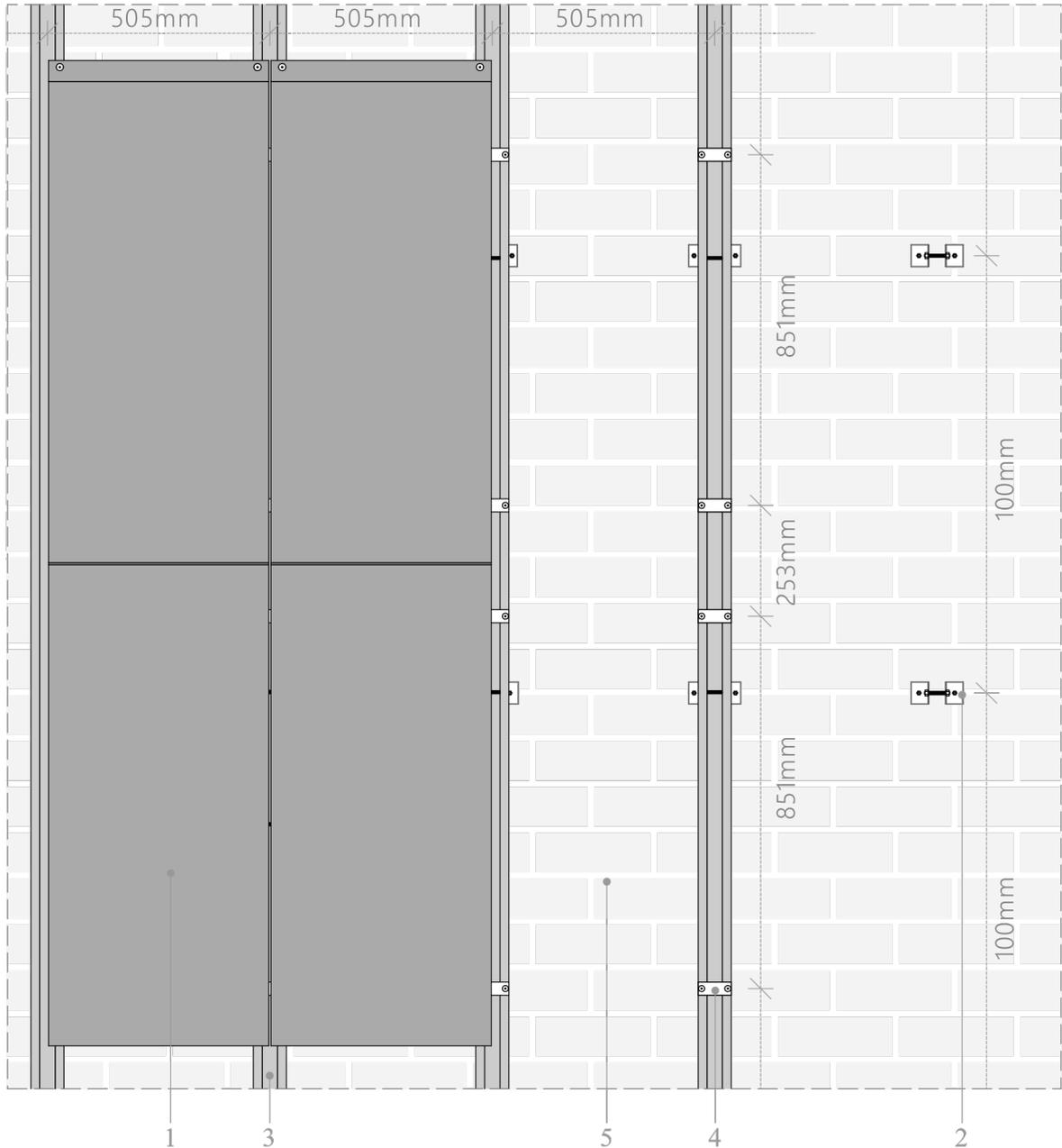


FIGURA 4.6: Axonometría anclaje oculto panel de acero

Fuente: Byron Quituisaca

Elaboración: Byron Quituisaca

ELEVACIÓN FRONTAL



- | | |
|--|---|
| <p>1 Panel metálico h 110cm, 50cm
 2 Ménsula forma de L b 25mm, h 25mm, e 2mm.
 3 Omega b 35mm, h 50mm, c20mm, e 2mm.
 4 Colgantes platinas de b7mm, 20mm.
 5 Mampostería de ladrillo
 6 Tornillos tirafondo de cabeza hexagonal de 3"
 7 Remache 1/2 "
 8 Cámara de ventilación a 33mm
 9 Pernos 1 "
 10 Esparrago rroscado 2 1/2 "
 11 Tornillos tirafondo de cabeza hexagonal de 1 "
 12 Canal tipo C</p> | <p>13 Canal de anclaje tipo Z
 14 Canal tipo C inclinado
 15 Piso de hormigón
 16 Cadena de hormigón
 17 Malla
 18 Perfil tipo C
 19 Perfil en forma de L
 20 Ventana
 21 Panel con ceja inclinada la 45°
 22 Panel en forma L
 23 Cielo raso</p> |
|--|---|

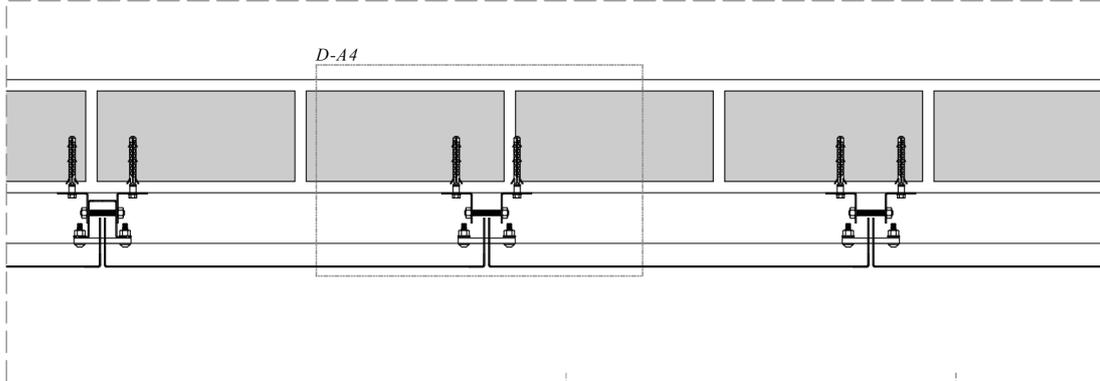
FIGURA 4.7: Elevación anclaje oculto panel de acero

Fuente: Byron Quituisaca

Elaboración: Byron Quituisaca

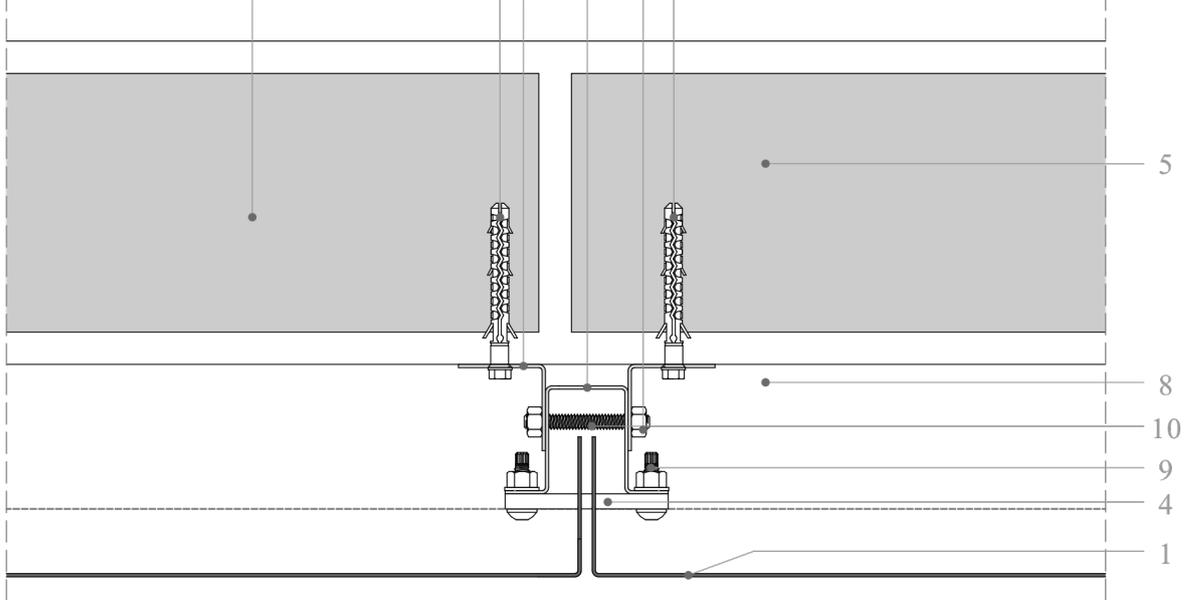
PLANTA

Escala 1:10



DETALLE-A4 (anclaje muro)

Escala 1:3,5



- 1 Panel metálico h 110cm, 50cm
- 2 Ménsula forma de L b 25mm, h 25mm, e 2mm.
- 3 Omega b 35mm, h 50mm, c20mm, e 2mm.
- 4 Colgantes platinas de b7mm, 20mm.
- 5 Mampostería de ladrillo
- 6 Tornillos tirafondo de cabeza hexagonal de 3"
- 7 Remache 1/2 "
- 8 Cámara de ventilación a 33mm
- 9 Pernos 1 "
- 10 Esparrago rroscado 2 1/2 "
- 11 Tornillos tirafondo de cabeza hexagonal de 1 "
- 12 Canal tipo C

- 13 Canal de anclaje tipo Z
- 14 Canal tipo C inclinado
- 15 Piso de hormigón
- 16 Cadena de hormigón
- 17 Malla
- 18 Perfil tipo C
- 19 Perfil en forma de L
- 20 Ventana
- 21 Panel con ceja inclinada la 45°
- 22 Panel en forma L
- 23 Cielo raso

FIGURA 4.8: Detalle constructivo (anclaje muro)

Fuente: Byron Quituisaca

Elaboración: Byron Quituisaca

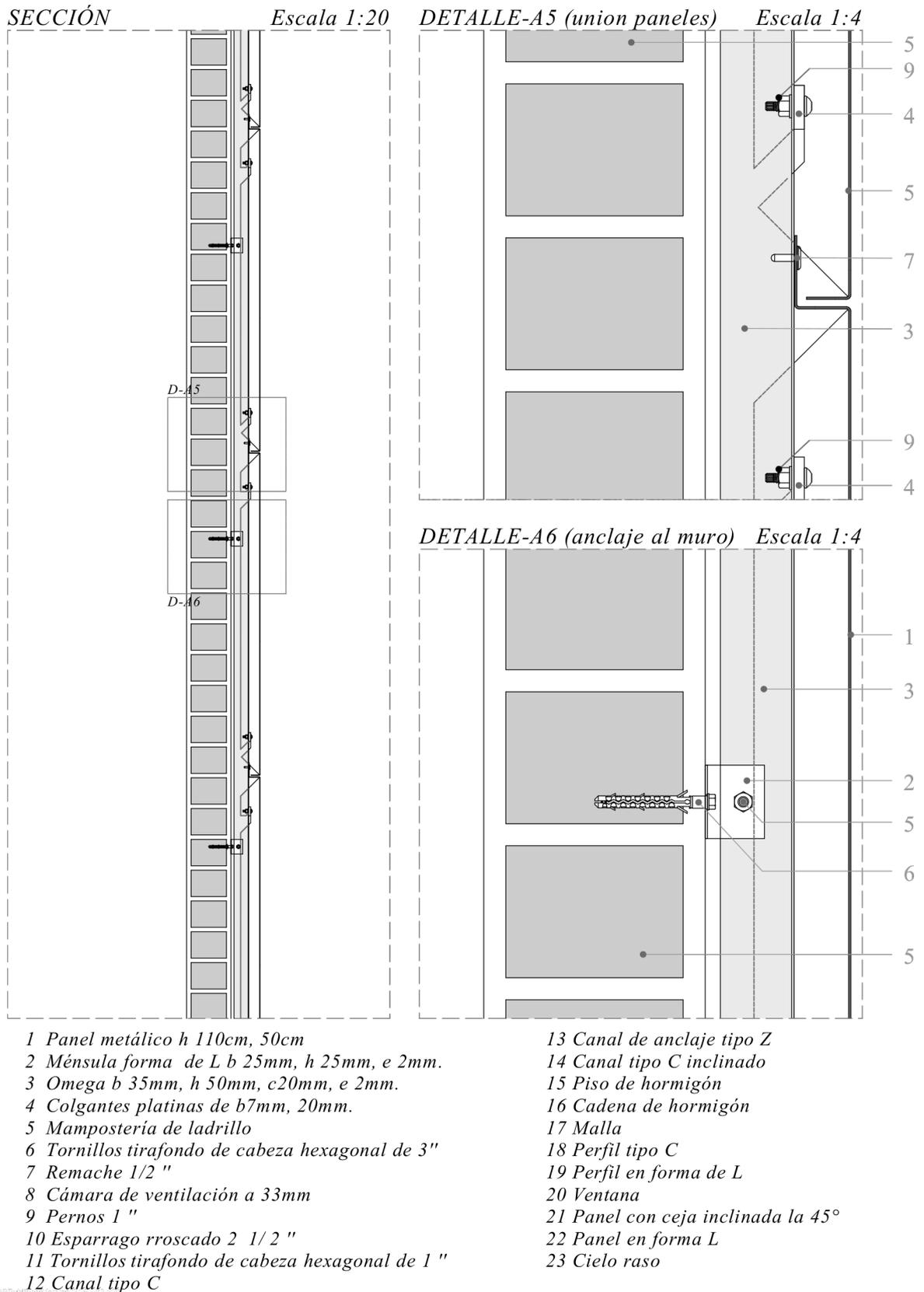


FIGURA 4.9: Detalle constructivo (anclaje al muro y unión de paneles)

Fuente: Byron Quituisaca

Elaboración: Byron Quituisaca

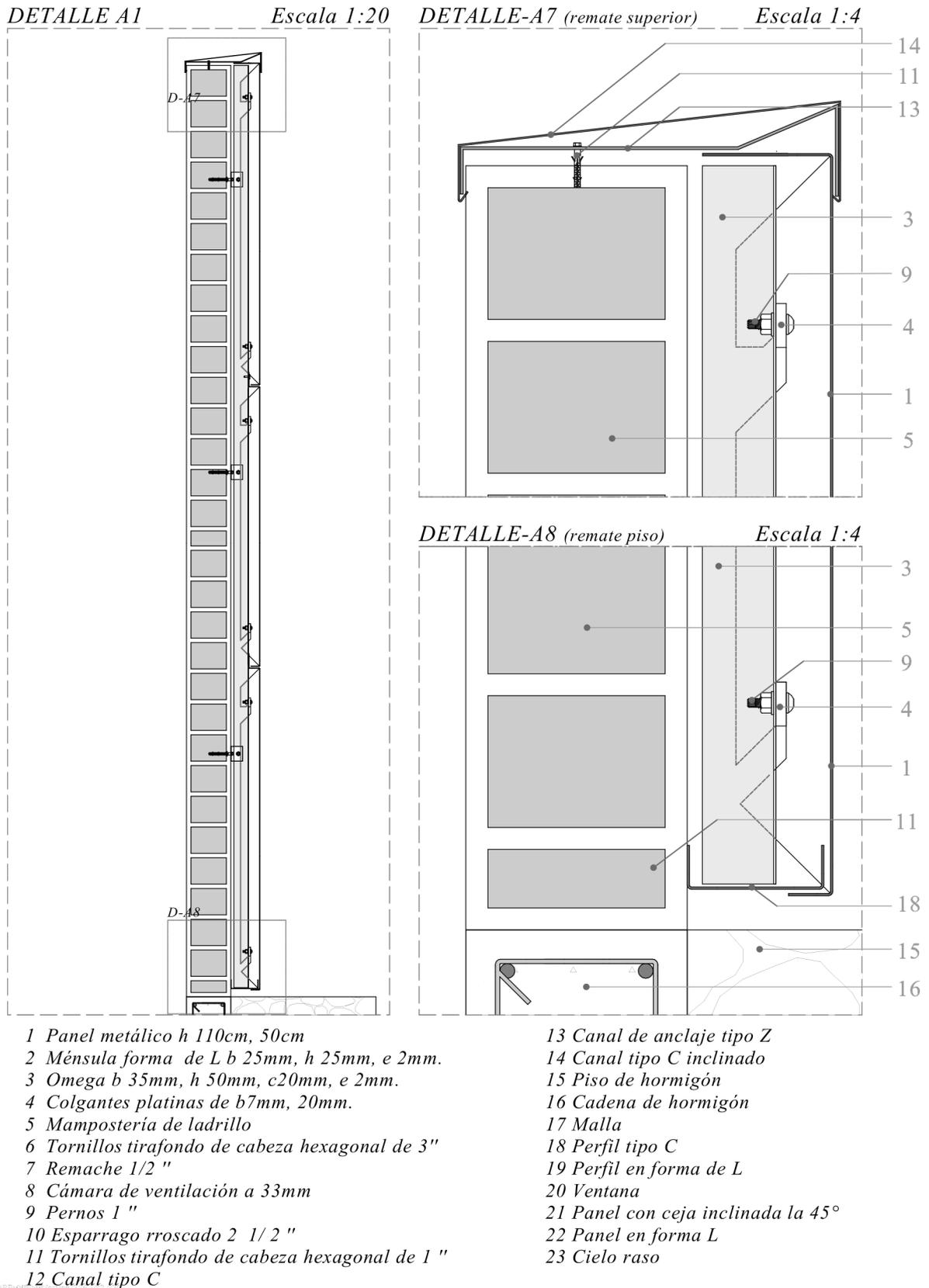


FIGURA 4.10: Detalle constructivo (remate superior y remate piso)

Fuente: Byron Quituisaca

Elaboración: Byron Quituisaca

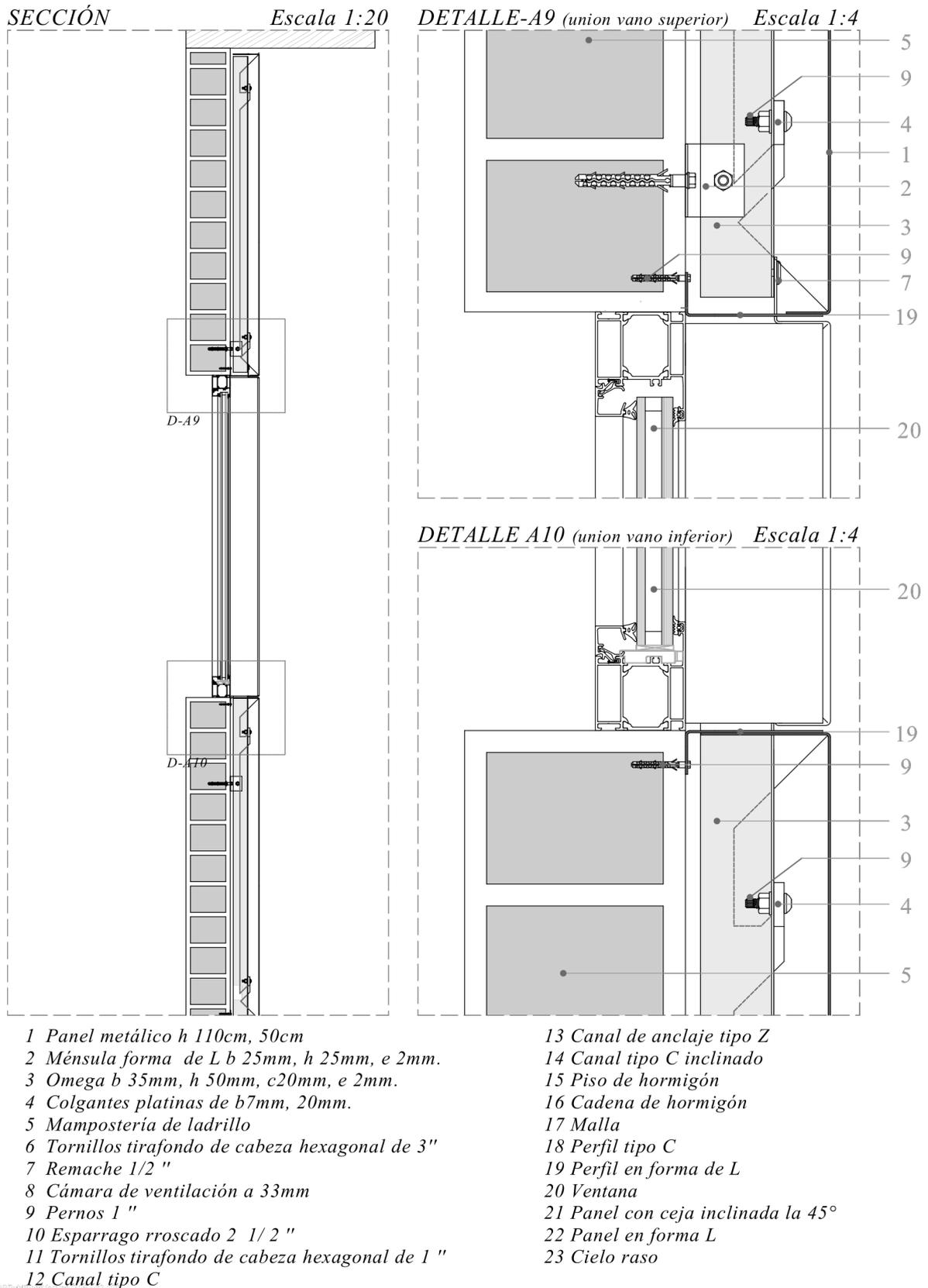


FIGURA 4.11: Detalle constructivo unión vano superior e inferior

Fuente: Byron Quituisaca

Elaboración: Byron Quituisaca

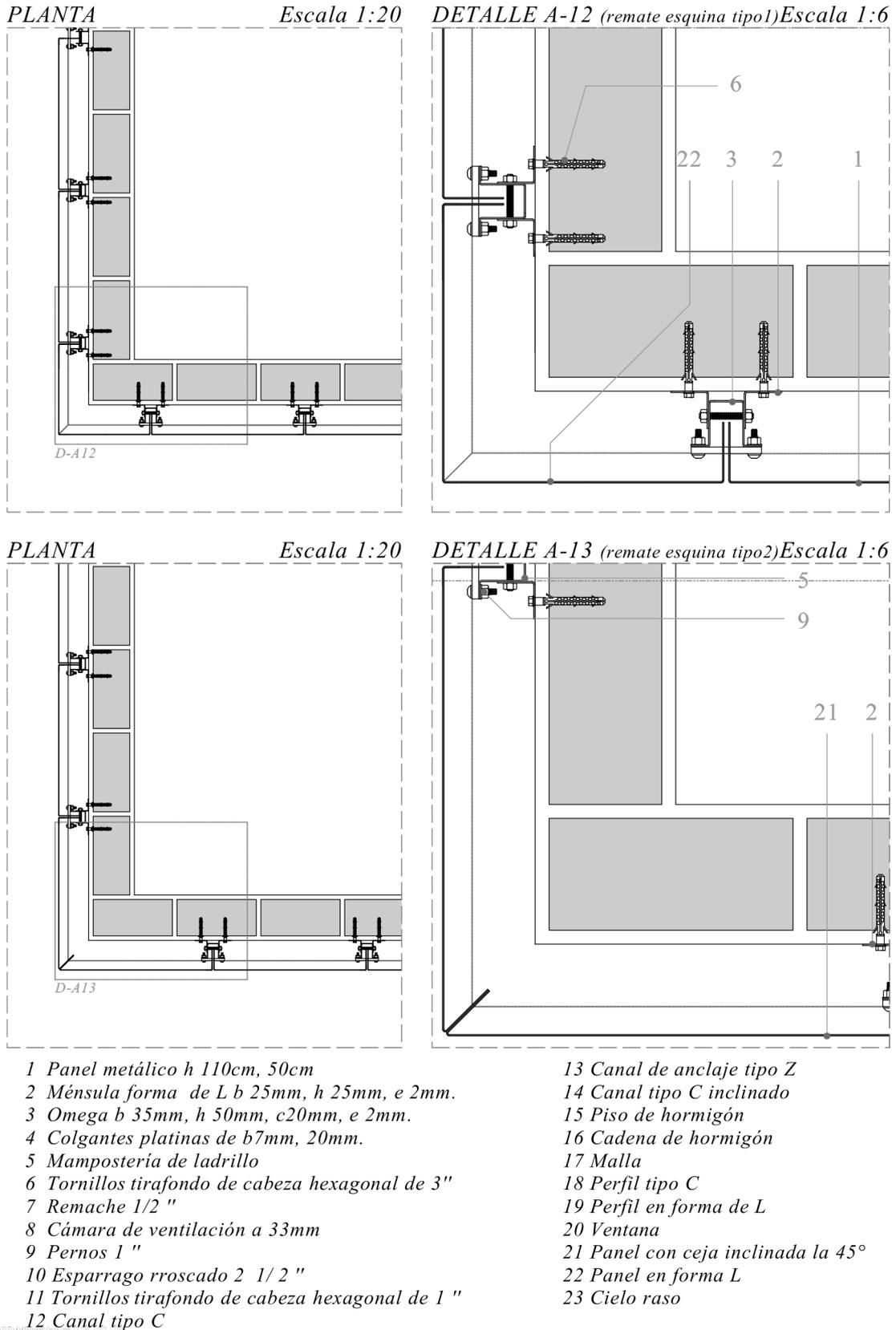


FIGURA 4.12: Remate esquina tipo 1 y 2

Fuente: Byron Quituisaca

Elaboración: Byron Quituisaca

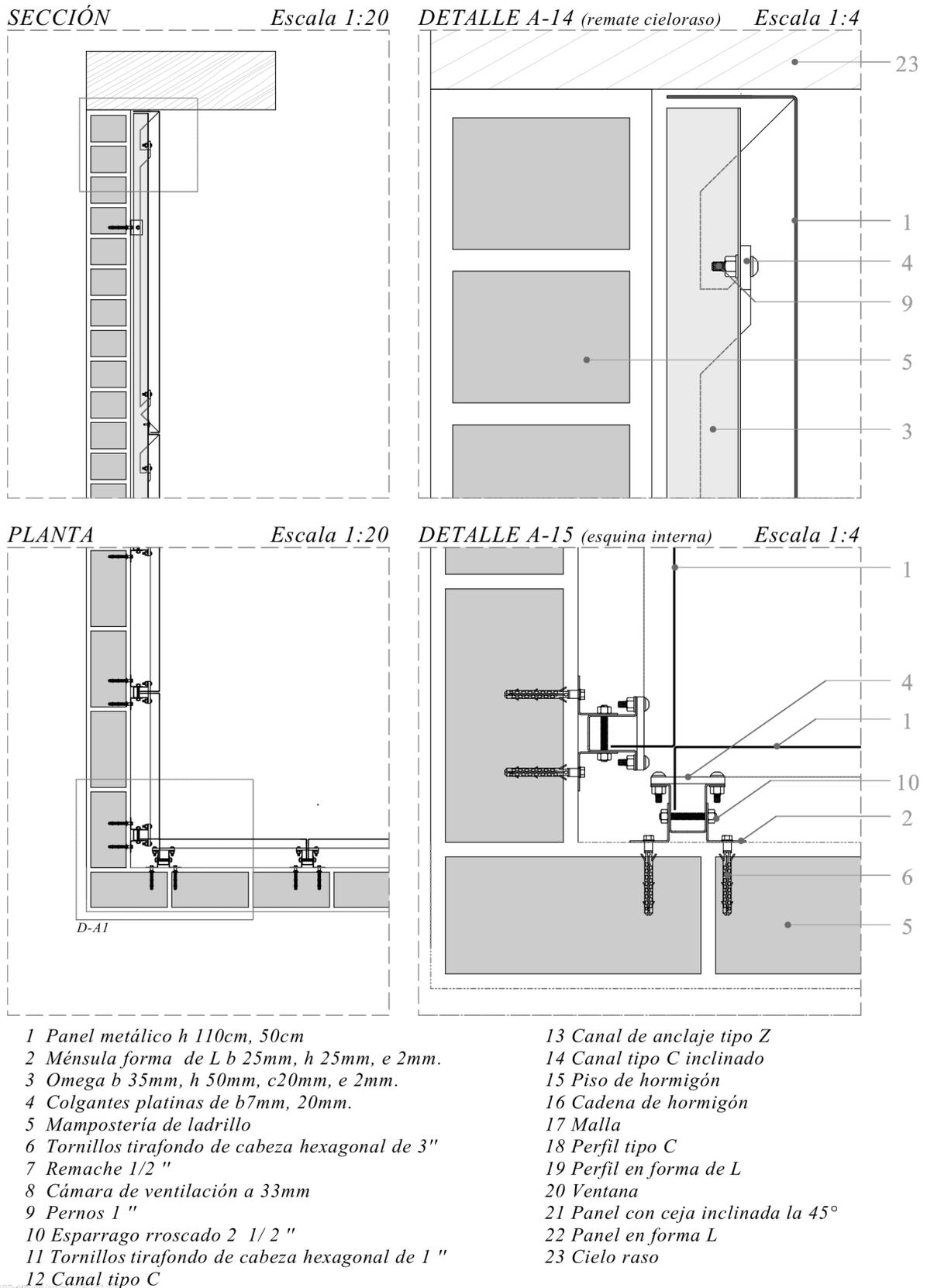


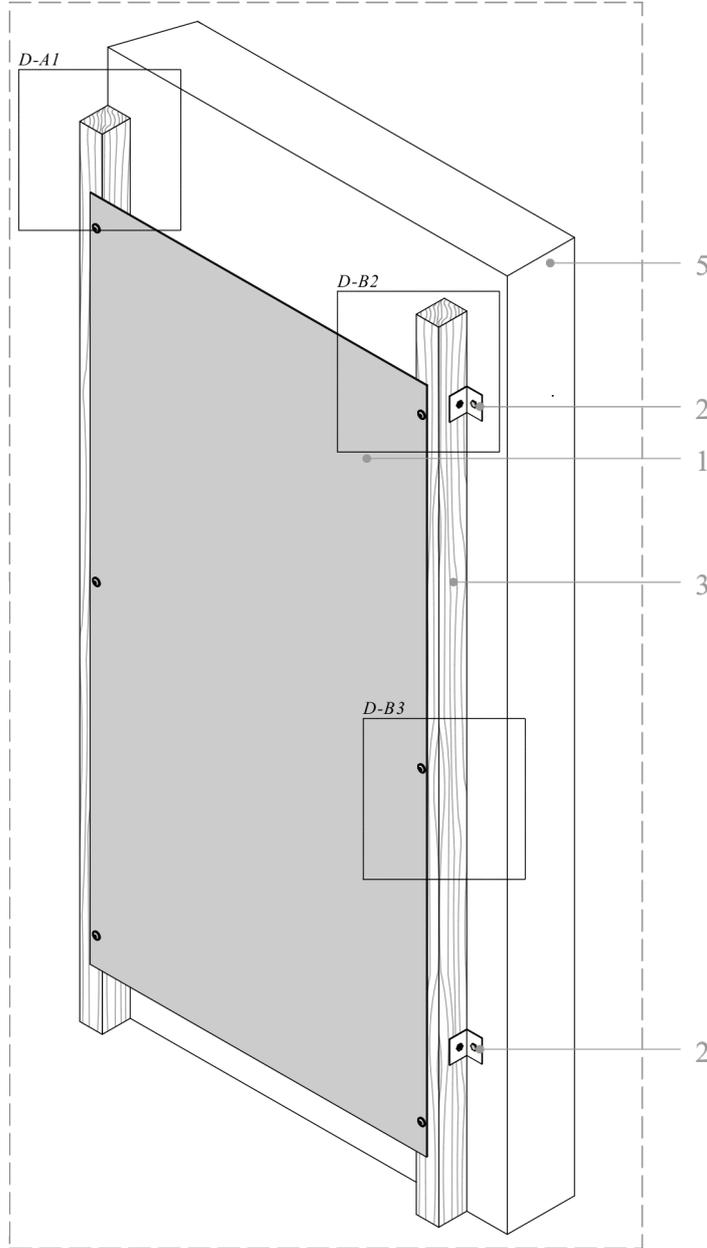
FIGURA 4.13: Remate esquina interior y remate cielo raso

Fuente: Byron Quituisaca

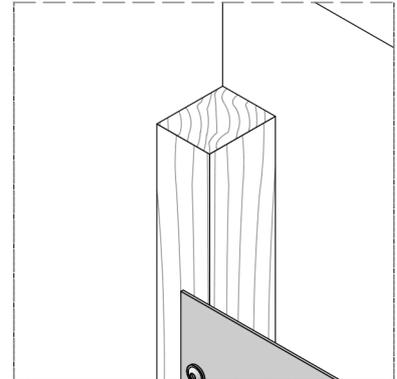
Elaboración: Byron Quituisaca

ESTRUCTURA DE MADERA ANCLAJE VISTO

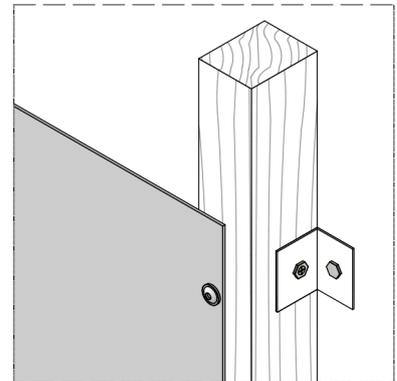
AXONOMETRIA



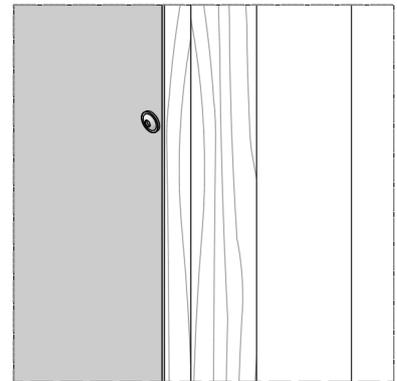
DETALLE -B1



DETALLE-B2



DETALLE-B3



- 1 Panel metálico h 110cm, 50cm
- 2 Ménsula en forma de L b 25mm, h 25mm, e 2mm.
- 3 Tiras de madera de 50mm x 40mm
- 4 Tornillo auto perforante de 1 1/2 pulgada.
- 5 Mampostería de ladrillo
- 6 Tornillos tirafondo de cabeza hexagonal de 3 pulgadas
- 7 Tornillo auto perforante de 1 pulgada
- 8 Platina
- 9 Canal de anclaje tipo Z

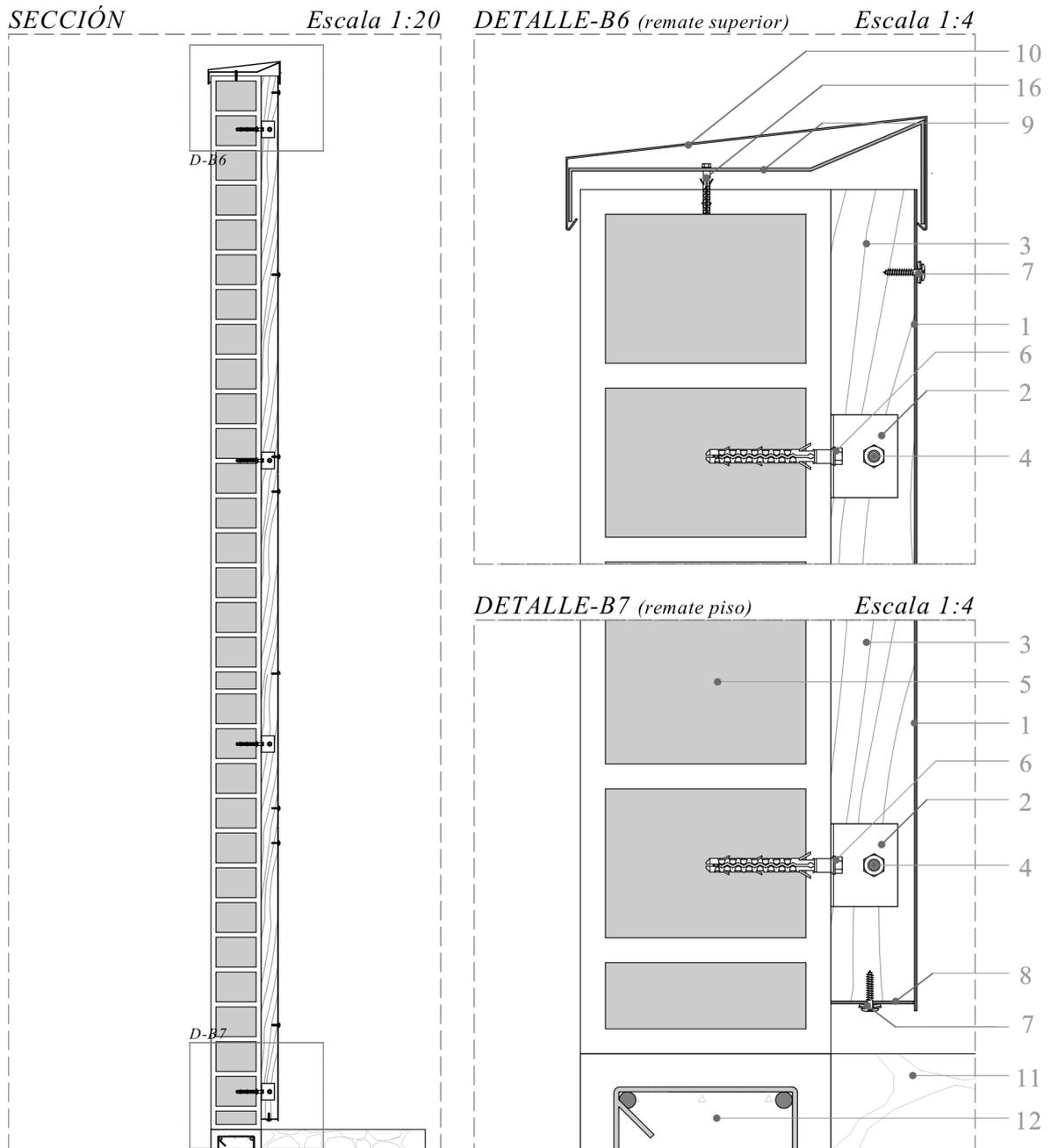
- 10 Canal tipo C inclinado
- 11 Piso de hormigón
- 12 Cadena de hormigón
- 13 Ventana
- 14 Panel en forma L
- 15 Cielo raso
- 16 Tornillo tirafondo de cabeza hexagonal de 1 pulgada

ESTRUTURA DE MADERA ANCLAJE VISTO

FIGURA 4.14: Axonometría anclaje visto

Fuente: Byron Quituisaca

Elaboración: Byron Quituisaca



- 1 Panel metálico h 110cm, 50cm
- 2 Ménsula en forma de L b 25mm, h 25mm, e 2mm.
- 3 Tiras de madera de 50mm x 40mm
- 4 Tornillo auto perforante de 1 1/2 pulgada.
- 5 Mampostería de ladrillo
- 6 Tornillos tirafondo de cabeza hexagonal de 3 pulgadas
- 7 Tornillo auto perforante de 1 pulgada
- 8 Platina
- 9 Canal de anclaje tipo Z

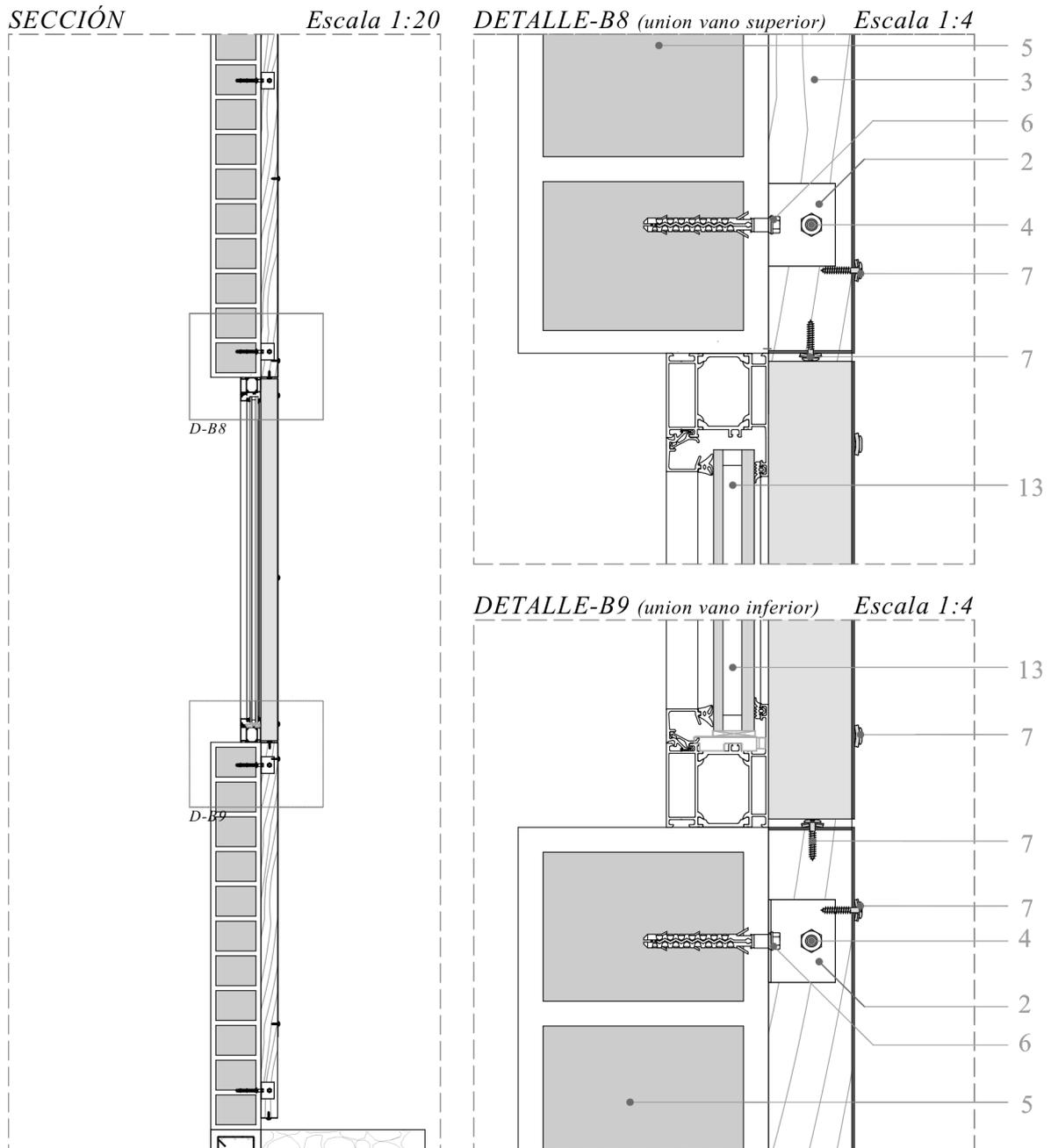
- 10 Canal tipo C inclinado
- 11 Piso de hormigón
- 12 Cadena de hormigón
- 13 Ventana
- 14 Panel en forma L
- 15 Cielo raso
- 16 Tornillo tirafondo de cabeza hexagonal de 1 pulgada

04/20/2014 10:00:00

FIGURA 4.17: Remate superior e inferior

Fuente: Byron Quituisaca

Elaboración: Byron Quituisaca



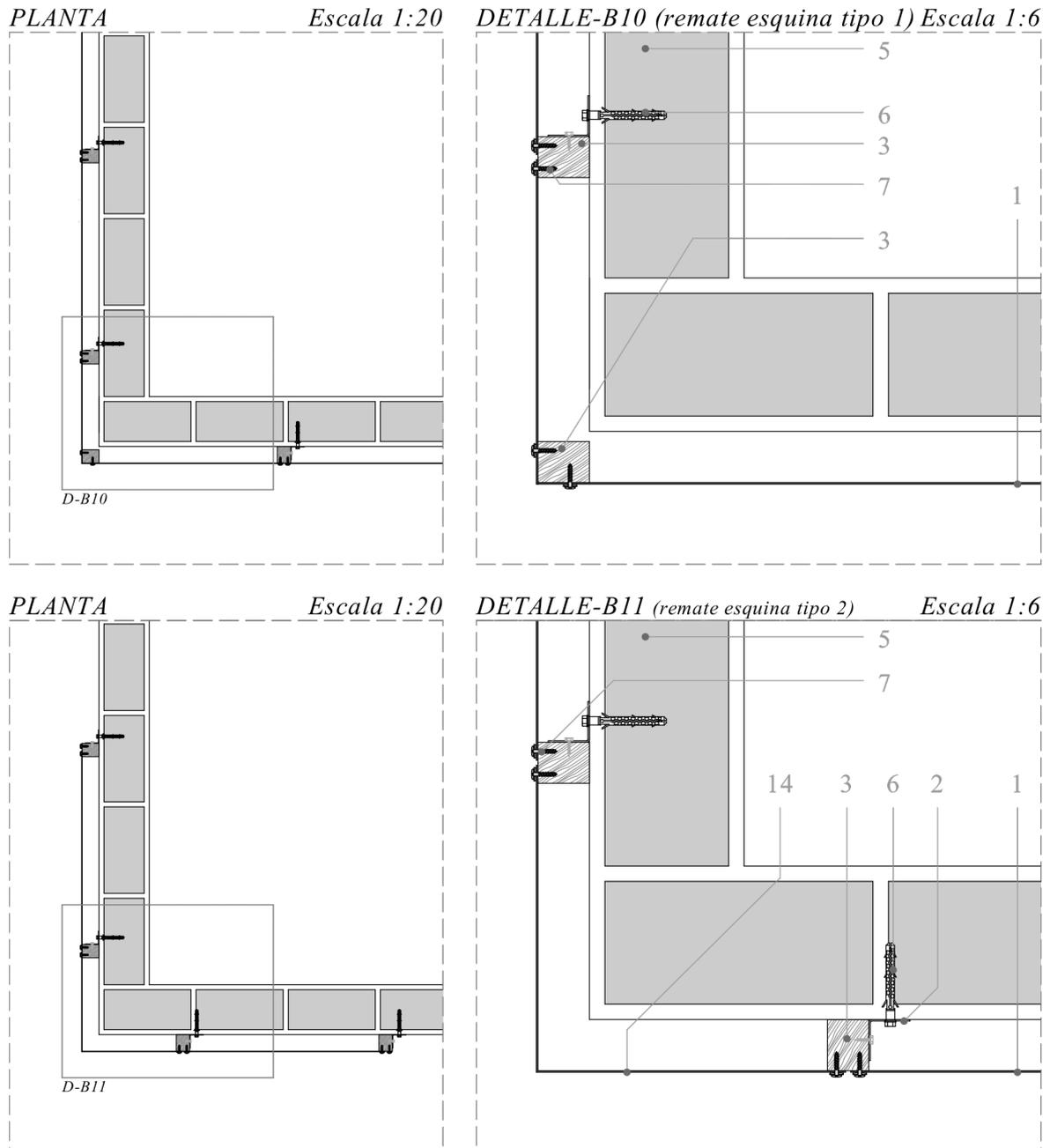
- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 Panel metálico h 110cm, 50cm 2 Ménsula en forma de L b 25mm, h 25mm, e 2mm. 3 Tiras de madera de 50mm x 40mm 4 Tornillo auto perforante de 1 1/2 pulgada. 5 Mampostería de ladrillo 6 Tornillos tirafondo de cabeza hexagonal de 3 pulgadas 7 Tornillo auto perforante de 1 pulgada 8 Platina 9 Canal de anclaje tipo Z | <ul style="list-style-type: none"> 10 Canal tipo C inclinado 11 Piso de hormigón 12 Cadena de hormigón 13 Ventana 14 Panel en forma L 15 Cielo raso 16 Tornillo tirafondo de cabeza hexagonal de 1 pulgada |
|---|---|

CEBYP/Instituto Tecnológico de Costa Rica

FIGURA 4.18: Remate vano superior e inferior

Fuente: Byron Quituisaca

Elaboración: Byron Quituisaca



- 1 Panel metálico h 110cm, 50cm
- 2 Ménsula en forma de L b 25mm, h 25mm, e 2mm.
- 3 Tiras de madera de 50mm x 40mm
- 4 Tornillo auto perforante de 1 1/2 pulgada.
- 5 Mampostería de ladrillo
- 6 Tornillos tirafondo de cabeza hexagonal de 3 pulgadas
- 7 Tornillo auto perforante de 1 pulgada
- 8 Platina
- 9 Canal de anclaje tipo Z

- 10 Canal tipo C inclinado
- 11 Piso de hormigón
- 12 Cadena de hormigón
- 13 Ventana
- 14 Panel en forma L
- 15 Cielo raso
- 16 Tornillo tirafondo de cabeza hexagonal de 1 pulgada

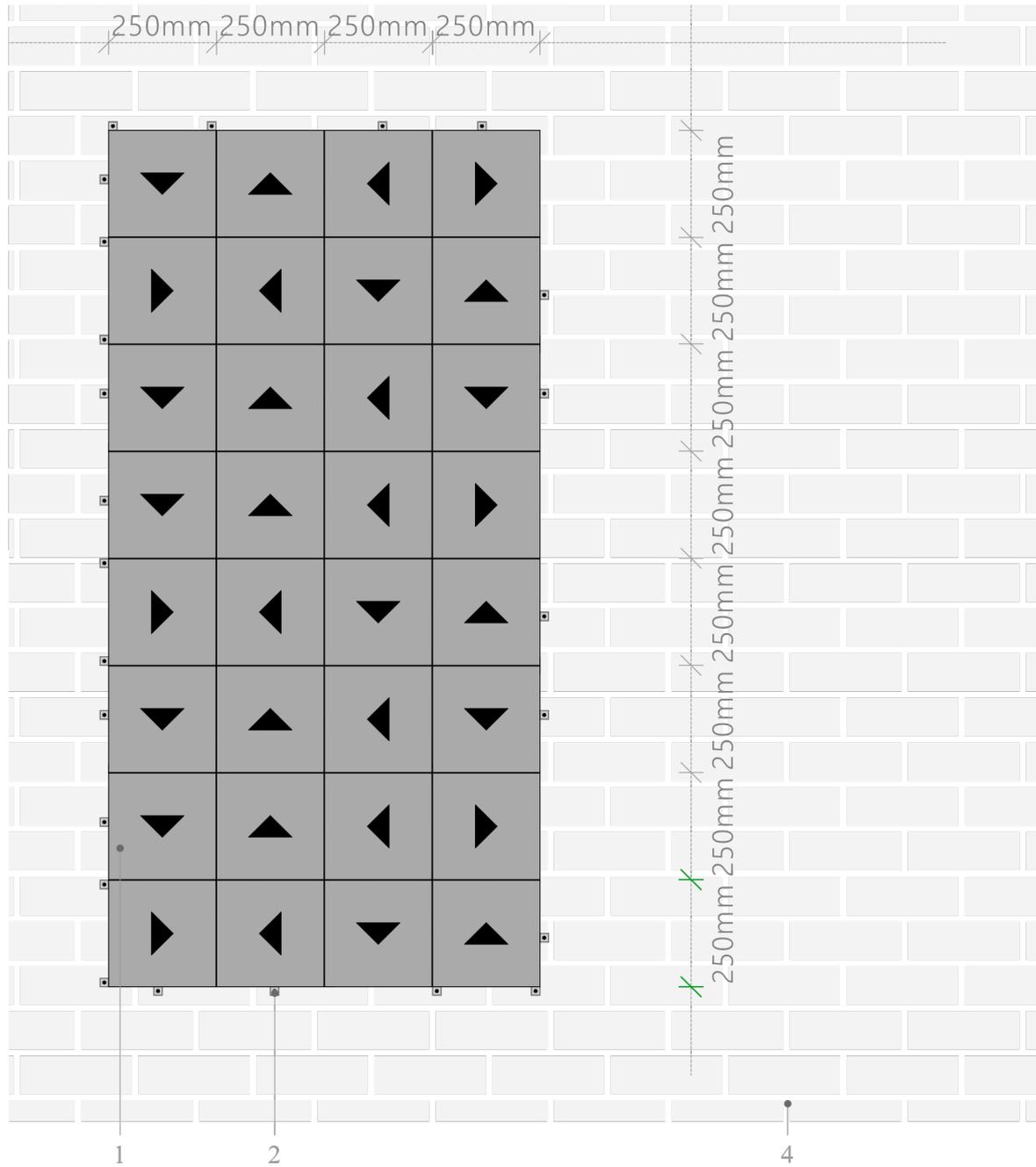
ARQUITECTURA 000 000 000

FIGURA 4.19: Remate esquina tipo 1 y 2

Fuente: Byron Quituisaca

Elaboración: Byron Quituisaca

ELEVACIÓN FRONTAL



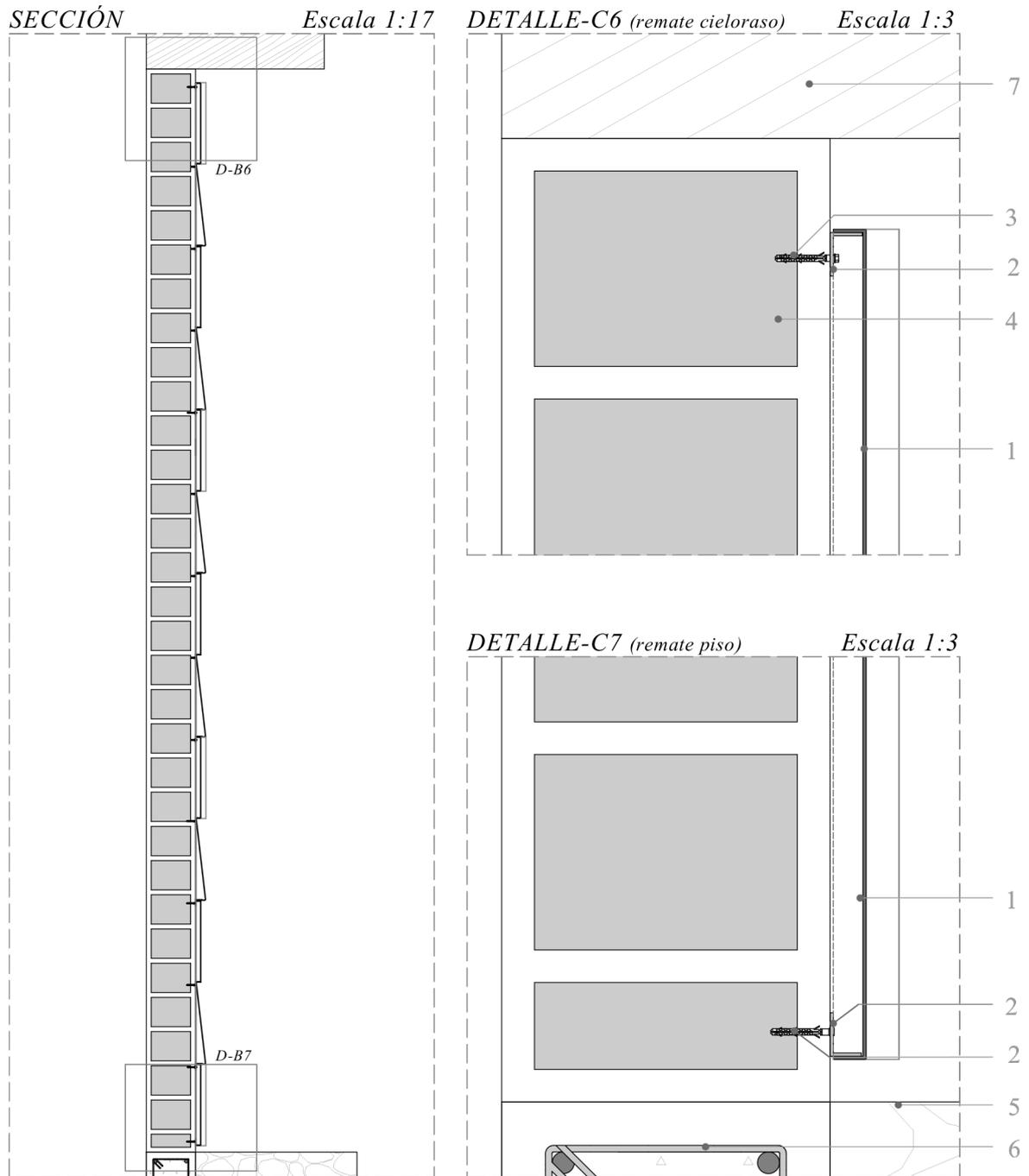
- 1 Panel metálico 25cm x 25cm
- 2 Ménsula en forma de L b 20mm, h 20mm, e 2mm.
- 3 Tornillos tirafondo de cabeza hexagonal de 1 pulgadas
- 4 Pared
- 5 Piso de hormigon
- 6 Cadena de hormigon
- 7 Cielo raso

4/20/2016 10:00:00 AM

FIGURA 4.22: Elevación frontal

Fuente: Byron Quituisaca

Elaboración: Byron Quituisaca



- 1 Panel metálico 25cm x 25cm
- 2 Ménsula en forma de L b 20mm, h 20mm, e 2mm.
- 3 Tornillos tirafondo de cabeza hexagonal de 1 pulgadas
- 4 Pared
- 5 Piso de hormigon
- 6 Cadena de hormigon
- 7 Cielo raso

4/20/2016 10:28:53 AM

FIGURA 4.24: Anclaje y unión de los paneles

Fuente: Byron Quituisaca.

Elaboración: Byron Quituisaca

4.4. Análisis de precios unitarios

Se realiza el análisis de precios de los diferentes sistemas constructivos propuestos de acuerdo a la técnica y sistema de anclaje. Panel acero 500 mm x 1100 mm con anclaje oculto tiene un valor de 32,25\$; el panel de bronce 500 mm x 1100 mm con anclaje oculto 81,53\$; panel de acero de 600 mm x 1200 mm con anclaje visto 21,61\$; panel de bronce con anclaje visto 72,01\$; panel inclinado de 25mm x 25m 73,69\$, y panel inclinado de bronce 145,37\$.

PRECIO X M2 PANEL DE ACERO ANCLAJE OCULTO				
Fecha: Abril del 2019 Unidad: m2				
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	P U	TOTAL
Plancha de acero de 110cm X 50cm	Kg	10.52	1.22	12,83
Omega 35 x 50 x 20 x 2 mm	Kg/m	7.62	1.22	9.30
Ménsula L b25mm, h25mm, e2mm	Unidad	8	0,5	4
Tornillo tirafondo de 3 pulgadas	Unidad	8	0,1	0,4
Tornillo de 1 pulgada	Unidad	8	0,2	1,6
Remaches $\frac{1}{2}$ pulgada	Unidad	4	0,05	0,2
Platinas b7mm, 20mm	Kg/m	2.28	1.22	2,78
Esparrago roscado 2 $\frac{1}{2}$ pulgadas	Unidad	4	0,15	0,6
Cortado de la plancha metálica	Unidad	2	3	6
Doblado del paneles	Unidad	10	0,25	2,50
Elaboración del revestimiento sobre el metal	Unidad	2	2,5	5
			SUBTOTAL	45,21
			IVA	5,43
			TOTAL	50,64

Tabla 4.1: ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO ANCLAJE DE OCULTO PANEL DE ACERO

FUENTE:BYRON QUITUISACA

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

PRECIO X M2 PANEL DE ACERO ANCLAJE OCULTO				
Fecha: Abril del 2019 Unidad: m2				
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	P U	TOTAL
Plancha de acero de 110cm X 50cm	Unidad	2	30	60
Omega 35 x 50 x 20 x 2 mm	Kg/m	7.62	1.22	9.30
Ménsula L b25mm, h25mm, e2mm	Unidad	8	0,5	4
Tornillo tirafondo de 3 pulgadas	Unidad	8	0,1	0,4
Tornillo de 1 pulgada	Unidad	8	0,2	1,6
Remaches $\frac{1}{2}$ pulgada	Unidad	4	0,05	0,2
Platinas b7mm, 20mm	Kg/m	2.28	1.22	2,78
Esparrago roscado 2 $\frac{1}{2}$ pulgadas	Unidad	4	0,15	0,6
Cortado de la plancha metálica	Unidad	2	3	6
Doblado del paneles	Unidad	10	0,25	2,25
Elaboración del revestimiento sobre el metal	Unidad	2	2,5	5
SUBTOTAL				92,13
IVA				11,06
TOTAL				103,19

Tabla 4.2: ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO ANCLAJE DE OCULTO PANEL DE BRONCE

FUENTE:BYRON QUITUISACA

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

PRECIO X M2 PANEL DE ACERO ANCLAJE VISTO				
Fecha: Abril del 2019 Unidad: m2				
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	P U	TOTAL
Panel de acero 120cm X 50cm	Unidad	2	5,5	11
Tiras de madera de 50mm x 40mm	m	2	0,5	1
Ménsula L b25mm, h25mm, e2mm	Unidad	8	0,5	4
Tornillo tirafondo de 3 pulgadas	Unidad	8	0,1	0,8
Tornillo de 1 $\frac{1}{2}$ pulgada	Unidad	8	0,2	1,6
Tornillo autoperforantes 1 pulgada	Unidad	6	0,15	0,9
Esparrago roscado 2 $\frac{1}{2}$ pulgadas	Unidad	4	0,15	0,6
Cortado de la plancha metálica	Unidad	8	0,25	2
Elaboración del revestimiento sobre el metal	Unidad	2	2,5	5
SUBTOTAL				26,9
IVA				3,228
TOTAL				30.12

Tabla 4.3: ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO ANCLAJE DE VISTO PANEL DE ACERO

FUENTE:BYRON QUITUISACA

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

PRECIO X M2 PANEL DE ACERO ANCLAJE VISTO				
Fecha: Abril del 2019 Unidad: m2				
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	P U	TOTAL
Panel de acero 120cm x 50cm	Unidad	2	28	56
Tiras de madera de 50mm x 40mm	m	2	0,5	1
Ménsula L b25mm, h25mm, e2mm	Unidad	8	0,5	4
Tornillo tirafondo de 3 pulgadas	Unidad	8	0,1	0,8
Tornillo de 1 $\frac{1}{2}$ pulgada	Unidad	8	0,2	1,6
Tornillo auto perforante 1 pulgada	Unidad	6	0,15	0,15
Cortado de la plancha metálica	Unidad	8	0,25	2
Elaboración del revestimiento sobre el metal	Unidad	2	2,5	5
			SUBTOTAL	71,3
			IVA	8,55
			TOTAL	79,85

Tabla 4.4: ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO ANCLAJE DE VISTO PANEL DE BRONCE

FUENTE:BYRON QUITUISACA

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

PRECIO X M2 PANEL DE ACERO INCLINADO				
Fecha: Abril del 2019 Unidad: m2				
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	P U	TOTAL
Panel de acero 25cm X 25cm	Unidad	16	4	64
Ménsula L 15 x 15 x 1,5 mm	Unidad	3	0,5	1,5
Tornillo tirafondo de 1/2 pulgadas	Unidad	3	0,1	0,3
Cortado de la plancha metálica	Unidad	1	2	2
Doblado del paneles	Unidad	8	0,25	2
Elaboración del revestimiento sobre el metal	Unidad	16	0,25	4
			SUBTOTAL	73,8
			IVA	14,72
			TOTAL	88,52

Tabla 4.5: ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO PANEL INCLINADO ACERO

FUENTE:BYRON QUITUISACA

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

PRECIO X M2 PANEL DE BRONCE INCLINADO				
Fecha: Abril del 2019 Unidad: m2				
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	P U	TOTAL
Panel de acero 25cm X 25cm	Unidad	16	8	128
Ménsula L 15 x 15 x 1,5 mm	Unidad	3	0,5	1,5
Tornillo tirafondo de 1/2 pulgadas	Unidad	3	0,1	0,3
Cortado de la plancha metálica	Unidad	1	2	2
Doblado del paneles	Lados	8	0,25	2
Elaboración del revestimiento sobre el metal	Unidad	16	0,25	4
SUBTOTAL				137,8
IVA				16,536
TOTAL				154,33

Tabla 4.6: ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO PANEL INCLINADO ACERO

FUENTE:BYRON QUITUISACA

ELABORACIÓN: BYRON QUITUISACA

4.5. Aplicación del panel

Revestimiento exterior en fachadas



FIGURA 4.25: Empleo de paneles oxidados en fachadas

Fuente: Byron Quituisaca.

Elaboración: Byron Quituisaca

Revestimientos de ambientes internos



FIGURA 4.26: Empleo de paneles oxidados en interiores

Fuente: Byron Quituisaca.

Elaboración: Byron Quituisaca

4.6. Conclusiones y recomendaciones

- Los metales oxidados se pueden reutilizar y aprovechar en la arquitectura con un tratamiento para emplearse como elementos de revestimiento a partir de materiales reciclados, prescindiendo de procesos industriales que aumentan el consumo energético y producen impacto ambiental, para obtener nuevos elementos metálicos.
- El ensayo de corrosión establecido en NTE INEN 1192 (2013b), ha determinado que los revestimientos empleando con el método de aplicación en frío con ácido nítrico, presentan alteraciones cromáticas entre un 20 % y 60 % de la superficie al estar expuesto a una temperatura ambiente de 16,2°C, humedad relativa de 66 % y precipitaciones de 70,4mm, por que es necesario aplicar una capa de laca que posea una densidad de 0,88 Kg./Lt para obtener buenas protección y mayor duración.
- Los revestimientos elaborados a partir de oxidación química en acero, zinc, bronce y cobre poseen una textura sin brillo según lo establecido en los ensayos de la norma NTE INEN 950 (1984) que realiza un categorización según la distancia de reflexión; mientras que los revestimientos obtenidos a partir del impacto térmico en el acero, tienen una reflexión legible de 5mm a 100m, por ello son categorizados como superficies brillantes.
- El ensayo empleando la norma NTE INEN 1193 (2013c), ha determinado que los revestimientos sobre acero y zinc elaborados aplicando en frío ácido nítrico en el acero pueden soportar temperaturas de hasta 500°C presentando alteraciones de pigmentación.

- El ensayo basado en la norma NTE INEN 1193 (2013c), a determinado que los revestimientos sobre el broce con sulfato de cobre y cloruro de amonio a temperaturas entre 380° y 500° sufren un desprendimiento y una alteraron de pigmentación. En temperaturas menores a 380 el revestimiento solo sufre una alteración menor ne la pigmentación.
- El ensayo de tracción para materiales metálicos establecido por la norma NTE INEN 109(2013) ha determinado que los métodos empleados; oxidación química en el acero, oxidación química en el bronce y oxidación por temperatura del acero, han demostrado no condicionar la funcionalidad y resistencia mecánica del material alterando unicamente su capa superficial.
- Es recomendable el uso de equipo de seguridad como; mascarilla, gafas y guantes, en un área de trabajo amplia y ventilada, ya que al emplear el método de aplicación en frío de ácido nítrico la reacción con el metal produce gases tóxicos de coloración amarilla que pueden causan irritaciones cutáneas y oculares.
- Estos revestimientos se pueden emplear en fachadas, cielo rasos, muros interiores y elementos decorativos, debido al tipo de anclaje propuesto en esta investigación y los resultados obtenidos en los ensayos aplicados las muestras, han sido favorables para garantizar la calidad del material.

Anexo 1



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**NTE INEN 1192:2013**
Primera revisión

RECUBRIMIENTOS METÁLICOS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN. ENSAYO DE EXPOSICIÓN ATMOSFÉRICA.**Primera Edición**

METALLIC COATINGS. DETERMINATION OF CORROSION RESISTANCE. ATMOSPHERIC TESTING.

First Edition

DESCRIPTORES: Recubrimientos metálicos, resistencia a la corrosión, condiciones atmosféricas, procedimiento.
MI: 05.01-325
CDU: 669.58:669.68.620.1
CIIU: 2892
ICS: 25.220.40; 77.060

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	RECUBRIMIENTOS METALICOS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN ENSAYO DE EXPOSICIÓN ATMOSFÉRICA	NTE INEN 1192:2013 Primera revisión 2013-09
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma describe el método de ensayo para determinar la resistencia a la corrosión de los recubrimientos metálicos bajo condiciones atmosféricas.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a todo tipo de recubrimientos metálicos, pero no se establece los períodos de duración ni los mínimos de corrosión permisible, que deben especificarse en las normas de producto o por el acuerdo de las partes interesadas.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 610.</p> <p style="text-align: center;">4. MÉTODO DE ENSAYO</p> <p>4.1 Resumen. El método de ensayo consiste en someter la probeta bajo condiciones de exposición atmosférica en áreas climáticas y geográficas conocidas, durante períodos de tiempo determinados.</p> <p>4.2 Condiciones ambientales</p> <p>4.2.1 Las diversas condiciones ambientales se agrupan en ocho tipos diferentes numerados del 1 al 8 según lo indicado en la tabla 1. Estos tipos se refieren ante todo, a la atmósfera reinante.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Recubrimientos metálicos, resistencia a la corrosión, condiciones atmosféricas, procedimiento.</p>		

TABLA 1. Condiciones ambientales

Tipo	Descripción
1	Atmósfera rural-Generalmente sin contaminación
2	Atmósfera de ciudad- Contaminada con dióxido de azufre, hollín y polvos.
3	Atmósfera industrial- Como la de ciudad pero conteniendo, además, impurezas químicas características del lugar de servicio
4	Atmósfera marítima- Sin polvo, fuertemente salina, alta humedad en el aire (sobre 90%), gotas de agua de mar.
5	Atmósfera industrial o de ciudad con influencia del mar – Como las de ciudad o industrial, reforzadas por salinidad marina , alta
6	Atmósfera tropical humedad – Humedad relativa alta (95% y más) y temperatura ambiente alta (30 ° C y más), fuertes condensaciones.
7	Atmósfera tropical marítima – Como atmósfera tropical húmeda, reforzada por aire marítimo
8	Atmósfera tropical húmeda contaminada industrialmente – Como la atmósfera industrial, combinada con las condiciones de la atmósfera húmeda, simultáneamente

4.3 Condiciones climáticas

4.3.1 Las diversas condiciones climáticas se agrupan en A, B, C y D según lo indicado en la tabla 2. Estas condiciones se refieren ante todo a lugares donde la probeta este expuesta a diferentes agentes atmosféricos.

TABLA 2. Condiciones climáticas

A	Vientos – dirección dominante y velocidad
B	Lluvias – intensidad y frecuencia
C	Radiación solar directa – intensidad y frecuencia
D	Nieve

4.4 Probetas

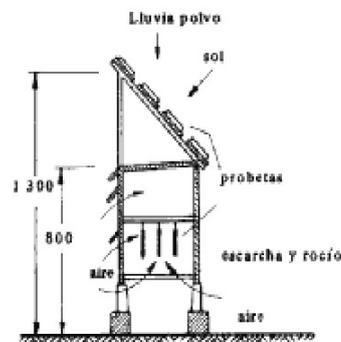
4.4.1 Las probetas metálicas recubiertas deberán prepararse de acuerdo a la especificación pertinente al producto en particular, o al convenio entre las partes interesadas. En todo caso, las probetas al estar expuestas a corrosión atmosférica que pueden durar largos períodos de tiempo, deberán identificarse claramente en zonas que no están destinadas para la inspección. Evitar cualquier daño superficial que puedan producir cambios importantes en las condiciones metalúrgicas. La preparación de las probetas puede involucrar procesos mecánicos o químicos de desengrasado, utilizando solventes orgánicos o soluciones alcalinas sin que estos afecten la superficie de la probeta. Se deben colocar sobre un soporte que no provoque perturbación debida a metales diferentes, que podrían causar corrosión por contacto.

Para esto, colóquense las probetas sobre soportes provistos de aisladores de porcelana o cerámicos; para proteger los bordes cortados de probetas extraídas de piezas de gran tamaño, se debe recubrir aquellos con cera, bandas de material aislante o pinturas inertes.

4.5 Equipo

4.5.1 Dispositivo apropiado para exponer las probetas a condiciones atmosféricas, que puede corresponder según lo indicado en la figura 1. En cada caso, deberá diseñarse el montaje más apropiado para la exposición simultánea de las probetas a todos los factores ambientales y climáticos relevantes en servicio. Preferentemente, los soportes de ensayo deben estar diseñados para permitir que las probetas puedan exponerse en ángulos de 0°, 30°, 45°, 60° o 90° con respecto a la horizontal, a no ser que se especifique lo contrario.

FIGURA 1. Exposición a la intemperie



4.5.2 Instrumentos de medida apropiados para determinar los factores ambientales y climáticos que efectivamente ocurran en el transcurso de la exposición atmosférica, esto es, termómetros, pluviómetros, medidores de humedad, de radiación solar, etc., y registradores de los diversos factores en función del tiempo transcurrido.

4.6 Procedimiento

4.6.1 Colocar las probetas debidamente preparadas según lo indicado en 4.4 en un soporte apropiado como se indica en 4.5.1. Al mismo tiempo, registrar las condiciones atmosféricas y climáticas en un período de tiempo según lo indicado en la tabla 3. La exposición de las probetas bajo condiciones atmosféricas preestablecidas, tendrá la duración especificada en las normas del producto en particular o las requeridas por acuerdo entre las partes interesadas, pudiendo variar de días o semanas, a períodos de varios meses o años si se quieren incluir en el ensayo todas las contingencias correspondientes a las variaciones estacionales. El registro de las condiciones variables de ambiente y clima, se debe efectuar a intervalos relevantes a la duración total del ensayo. Simultáneamente con los registros de estas condiciones, deben registrarse las condiciones superficiales de las superficies ensayadas. Se registrarán la presencia de ampollas, grietas, manchas, escamaciones, porosidades, reacciones con el medio ambiente, o cualquier otro defecto constatable por simple inspección. Si los requisitos del artículo en particular lo requieren, se tomarán además, muestras de las probetas durante el transcurso del ensayo, para determinación de la estructura metálica, resistencia al desgaste, microestructura superficial, etc., propiedades que requieran de ensayos adicionales.

(Continúa)

TABLA 3. Condiciones atmosféricas

Condición ambiental	Unidad	Frecuencia en la toma de mediciones	Expresión de resultados
Temperatura ambiente	°C	Continuo o por lo menos 4 veces al día en períodos de 6 horas	Promedio por mes y por año
Humedad relativa	%	Continuo o por lo menos 4 veces al día en períodos de 6 horas	Promedio por mes y por año
Precipitaciones	mm	Mensual	Cantidad por mes y por año
Concentración de SO ₂ o velocidad de sedimentación	µg/m ³ o mg/(m ² d)	Continuo – mensual	Promedio por mes y por año
Velocidad de sedimentación de cloruros (atmósfera marítima)	mg/(m ² d)	Continuo – mensual	Promedio por mes y por año
Radiación solar	MJ/m ²	Continuo – mensual	Cantidad por año

4.7 Resultados

4.7.1 Constatar el estado final de la probeta y determinar además la clasificación de la protección a la corrosión "según lo especificado en la NTE INEN 1176".

4.8 Informes de resultados

4.8.1 El informe de resultados deberá tener la siguiente información:

- a) Descripción de la probeta y del recubrimiento;
- b) Datos relativos a las probetas incluyendo la inclinación y orientación de exposición de las probetas;
- c) Clasificación de las condiciones ambientales y climáticas, según lo indicado en las tablas 1 y 2,
- d) Número de probetas de ensayo;
- e) Fechas de inicio y finalización del ensayo, así como la de evaluación;
- f) Preparación de las probetas;
- g) Clasificación de la protección a la corrosión para cada probeta y la clasificación promedio;
- h) Descripción de los defectos de corrosión y cualquier ensayo adicional.

(Continúa)

APENDICE Z**Z.1 DOCUMENTEOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 610 *Tratamientos superficiales y recubrimientos metálicos, Definiciones y terminología.*
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1176 *Recubrimientos metálicos. Determinación de la apariencia a la corrosión. Evaluación de resultados para ensayos de corrosión acelerada.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

- UNE-EN ISO 8565. *Metales y aleaciones. Ensayos de corrosión atmosférica. Requisitos generales.* Asociación Española de Normalización y Certificación. Madrid. 2012.

Anexo 2



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1193:2013
Primera revisión

RECUBRIMIENTOS METÁLICOS. DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO A ALTAS TEMPERATURAS. MÉTODO DE ENSAYO.

Primera Edición

METALLIC COATINGS. HIGH TEMPERATURES BEHAVIOR. TEST METHOD.

First Edition

DESCRIPTORES: Recubrimientos metálicos, temperaturas de calentamiento, defectos, método de ensayo.
MT: 05.01-326
CDU: 669.058:620.193
CIU: 2892
ICS: 25.220.40

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	RECUBRIMIENTOS METÁLICOS. DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO A ALTAS TEMPERATURAS METODO DE ENSAYO	NTE INEN 1193:2013 Primera revisión 2013-09
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia de los recubrimientos metálicos sometidos a altas temperaturas.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a todo tipo de recubrimiento sobre base metálica de acero, aleaciones de zinc, cobre o de aluminio.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 610</p> <p style="text-align: center;">4. METODO DE ENSAYO</p> <p>4.1 Resumen. El método de ensayo consiste en someter la probeta recubierta a calentamiento hasta una determinada temperatura y luego, llevar a un enfriamiento rápido en agua. Se constatan luego los defectos de adhesión y otras fallas del recubrimiento.</p> <p>4.2 Equipo</p> <p>4.2.1 <i>Horno.</i> Que permite el calentamiento uniforme y controlado de las probetas hasta la temperatura deseada.</p> <p>4.2.2 <i>Recipiente.</i> Con agua a temperatura ambiente.</p> <p>4.3 Procedimiento</p> <p>4.3.1 Preparar las probetas de acuerdo a lo que se especifique en las normas particulares de producto, o por mutuo acuerdo entre las partes interesadas.</p> <p>4.3.2 Colocar las piezas en el horno y, dependiendo del material base y del recubrimiento, calentarlas a la temperatura según lo indicado en la tabla 1.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		
<p>DESCRIPTORES: Recubrimientos metálicos, temperaturas de calentamiento, defectos, método de ensayo</p>		

4.3.3 El tiempo de calentamiento es de una hora con una tolerancia de $\pm 10^{\circ}\text{C}$ respecto a la temperatura nominal. Para los recubrimientos y metales base que sean sensibles a la oxidación, se deben calentar en una atmósfera inerte o reductora o en un líquido adecuado.

4.3.4 Enfriar bruscamente las probetas en agua a temperatura ambiente.

TABLA 1. Temperaturas de calentamiento

Metal base	Recubrimientos metálicos				
	°C				
	Cromo, Níquel, Níquel + Cromo Cobre	Estaño	Plomo Estaño/Plomo	Zinc	Oro y Plata
Acero	250	150	150	150	250
Zinc y aleaciones	150	150	150	150	150
Cobre y aleaciones	250	150	150	150	250
Aluminio y aleaciones	220	150	150	150	220

4.4 Resultados

4.4.1 Inspeccionar las probetas para determinar la presencia de exfoliaciones, ampollas, grietas u otros defectos atribuibles al calentamiento.

4.5 Informe de resultados

4.5.1 Reportar en un informe los siguientes aspectos:

- a) Material base,
- b) Metal de recubrimiento,
- c) Probeta
- d) Temperatura de ensayo
- e) Estado superficial de recubrimiento luego del ensayo,
- f) Causas posibles de las faltas aparentes (ver anexo A)

(Continúa)

ANEXO A

CAUSAS DE APARICIÓN DE DEFECTOS EN RECUBRIMIENTOS METÁLICOS
AL SER SOMETIDOS A CALENTAMIENTO

A.1 Se produce separación de la capa de recubrimiento, en forma de exfoliaciones o ampollas o el total desprendimiento del recubrimiento, cuando los coeficientes de dilatación del metal base del recubrimiento son muy diferentes. Estos defectos que se ponen de relieve por calentamiento y enfriamiento violentos, podrían manifestarse en servicio después de un tiempo más largo en las condiciones normales. Se establecen a continuación, los coeficientes de dilatación de los metales más comunes (ver tabla 2):

TABLA 2. Coeficiente de dilatación de los materiales

Metal	Coeficiente de dilatación ($\times 10^{-6} \text{ } ^\circ \text{C}^{-1}$)
Acero	12,0
Aluminio	25,7
Plata	19,0
Bronce	18,8
Cadmio	30,0
Cromo	8,1
Cobre	17,0
Fundición gris	7,4
Latón	17,4
Níquel	13,0
Plomo	28,0
Zinc	27,7

Según lo indicado en la tabla 2, se puede comprobar que metales como el cadmio y el acero están sujetos a fuertes tensiones en caso de calentamiento, a causa de diferentes índices de dilatación. Las capas intermedias de cobre y níquel compensarán tales tensiones.

A.2 Los depósitos obtenidos con ayuda de baños líquidos o muy viscosos, producen ampollas al ser calentados. Por esta razón, por ejemplo, los recubrimientos de estaño sobre acero obtenidos a partir de baños ácidos con crisol como abrillantador, son más difíciles de tratar por abrillantamiento por fusión, que los obtenidos a partir de los baños alcalinos.

A.3 Se producen transformaciones de recristalización y crecimiento de los granos del recubrimiento, cuando por calentamiento se producen desprendimientos de hidrógeno, lo cual, a su vez, puede producir la separación de la capa recubierta del metal base.

A.4 Por la difusión mutua de los metales pueden formarse aleaciones, que mejoran, por tanto, la adherencia y evitan la formación de defectos al ser calentados. En ciertos casos, se eleva, sin embargo, la fragilidad del recubrimiento, lo que da lugar a peladuras al elevar a altas temperaturas. Tal es el caso de recubrimientos de estaño y de zinc sobre acero.

(Continúa)

APENDICE Z**Z.1 DOCUMENTO NORMATIVO A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 610 *Tratamientos superficiales y recubrimientos metálicos, Definiciones y terminología.*

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM B571. *Standard Practice for Qualitative Adhesion Testing of Metallic Coatings.* American Society for Testing and Materials. Pennsylvania. 2008.

A Kutzelnigg. *Ensayo de recubrimientos metálicos.* Editorial River S.A. Madrid 1967.

Anexo 3



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1193:2013
Primera revisión

RECUBRIMIENTOS METÁLICOS. DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO A ALTAS TEMPERATURAS. MÉTODO DE ENSAYO.

Primera Edición

METALLIC COATINGS. HIGH TEMPERATURES BEHAVIOR. TEST METHOD.

First Edition

DESCRIPTORES: Recubrimientos metálicos, temperaturas de calentamiento, defectos, método de ensayo.
MT: 05.01-326
CDU: 669.058:620.193
CIU: 2892
ICS: 25.220.40

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	RECUBRIMIENTOS METÁLICOS. DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO A ALTAS TEMPERATURAS METODO DE ENSAYO	NTE INEN 1193:2013 Primera revisión 2013-09
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia de los recubrimientos metálicos sometidos a altas temperaturas.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a todo tipo de recubrimiento sobre base metálica de acero, aleaciones de zinc, cobre o de aluminio.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 610</p> <p style="text-align: center;">4. METODO DE ENSAYO</p> <p>4.1 Resumen. El método de ensayo consiste en someter la probeta recubierta a calentamiento hasta una determinada temperatura y luego, llevar a un enfriamiento rápido en agua. Se constatan luego los defectos de adhesión y otras fallas del recubrimiento.</p> <p>4.2 Equipo</p> <p>4.2.1 <i>Horno.</i> Que permite el calentamiento uniforme y controlado de las probetas hasta la temperatura deseada.</p> <p>4.2.2 <i>Recipiente.</i> Con agua a temperatura ambiente.</p> <p>4.3 Procedimiento</p> <p>4.3.1 Preparar las probetas de acuerdo a lo que se especifique en las normas particulares de producto, o por mutuo acuerdo entre las partes interesadas.</p> <p>4.3.2 Colocar las piezas en el horno y, dependiendo del material base y del recubrimiento, calentarlas a la temperatura según lo indicado en la tabla 1.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Recubrimientos metálicos, temperaturas de calentamiento, defectos, método de ensayo</p>		

4.3.3 El tiempo de calentamiento es de una hora con una tolerancia de $\pm 10^{\circ}\text{C}$ respecto a la temperatura nominal. Para los recubrimientos y metales base que sean sensibles a la oxidación, se deben calentar en una atmósfera inerte o reductora o en un líquido adecuado.

4.3.4 Enfriar bruscamente las probetas en agua a temperatura ambiente.

TABLA 1. Temperaturas de calentamiento

Metal base	Recubrimientos metálicos				
	°C				
	Cromo, Níquel, Níquel + Cromo Cobre	Estaño	Plomo Estaño/Plomo	Zinc	Oro y Plata
Acero	250	150	150	150	250
Zinc y aleaciones	150	150	150	150	150
Cobre y aleaciones	250	150	150	150	250
Aluminio y aleaciones	220	150	150	150	220

4.4 Resultados

4.4.1 Inspeccionar las probetas para determinar la presencia de exfoliaciones, ampollas, grietas u otros defectos atribuibles al calentamiento.

4.5 Informe de resultados

4.5.1 Reportar en un informe los siguientes aspectos:

- a) Material base,
- b) Metal de recubrimiento,
- c) Probeta
- d) Temperatura de ensayo
- e) Estado superficial de recubrimiento luego del ensayo,
- f) Causas posibles de las faltas aparentes (ver anexo A)

(Continúa)

ANEXO A

CAUSAS DE APARICIÓN DE DEFECTOS EN RECUBRIMIENTOS METÁLICOS
AL SER SOMETIDOS A CALENTAMIENTO

A.1 Se produce separación de la capa de recubrimiento, en forma de exfoliaciones o ampollas o el total desprendimiento del recubrimiento, cuando los coeficientes de dilatación del metal base del recubrimiento son muy diferentes. Estos defectos que se ponen de relieve por calentamiento y enfriamiento violentos, podrían manifestarse en servicio después de un tiempo más largo en las condiciones normales. Se establecen a continuación, los coeficientes de dilatación de los metales más comunes (ver tabla 2):

TABLA 2. Coeficiente de dilatación de los materiales

Metal	Coeficiente de dilatación (x 10 ⁻⁶ ° C ⁻¹)
Acero	12,0
Aluminio	25,7
Plata	19,0
Bronce	18,8
Cadmio	30,0
Cromo	8,1
Cobre	17,0
Fundición gris	7,4
Latón	17,4
Níquel	13,0
Plomo	28,0
Zinc	27,7

Según lo indicado en la tabla 2, se puede comprobar que metales como el cadmio y el acero están sujetos a fuertes tensiones en caso de calentamiento, a causa de diferentes índices de dilatación. Las capas intermedias de cobre y níquel compensarán tales tensiones.

A.2 Los depósitos obtenidos con ayuda de baños líquidos o muy viscosos, producen ampollas al ser calentados. Por esta razón, por ejemplo, los recubrimientos de estaño sobre acero obtenidos a partir de baños ácidos con crisol como abrillantador, son más difíciles de tratar por abrillantamiento por fusión, que los obtenidos a partir de los baños alcalinos.

A.3 Se producen transformaciones de recristalización y crecimiento de los granos del recubrimiento, cuando por calentamiento se producen desprendimientos de hidrógeno, lo cual, a su vez, puede producir la separación de la capa recubierta del metal base.

A.4 Por la difusión mutua de los metales pueden formarse aleaciones, que mejoran, por tanto, la adherencia y evitan la formación de defectos al ser calentados. En ciertos casos, se eleva, sin embargo, la fragilidad del recubrimiento, lo que da lugar a peladuras al elevar a altas temperaturas. Tal es el caso de recubrimientos de estaño y de zinc sobre acero.

(Continúa)

APENDICE Z**Z.1 DOCUMENTO NORMATIVO A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 610 *Tratamientos superficiales y recubrimientos metálicos, Definiciones y terminología.*

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM B571. *Standard Practice for Qualitative Adhesion Testing of Metallic Coatings.* American Society for Testing and Materials. Pennsylvania. 2008.

A Kutzelnigg. *Ensayo de recubrimientos metálicos.* Editorial River S.A. Madrid 1967.

Anexo 4



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 950:2013

Primera revisión

**RECUBRIMIENTOS METALICOS. DETERMINACION DE LA
ADHERENCIA. METODOS DE ENSAYO**

Primera edición

METALLIC COATINGS. DETERMINATION OF THE ADHESION. TEST METHODS

First edition

DESCRIPTORES: Recubrimientos, adherencia, ensayos.

MT: 05.01-311
CDU 669.586:620.198
CIU: 2892
ICS: 25.220.40

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	RECUBRIMIENTOS METALICOS. DETERMINACION DE LA ADHERENCIA. METODOS DE ENSAYO	NTE INEN 950:2013 Primera revisión 2013-10
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma especifica los métodos de ensayo para determinar la adherencia que presentan los recubrimientos metálicos aplicados sobre base también metálica.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a todo tipo de recubrimiento, depositado por cualquiera de los métodos usuales (inmersión en caliente, electrolíticamente, por metalizado, mecánicamente, etc.).</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Las definiciones aplicables a esta norma se especifican en la NTE INEN 610.</p> <p style="text-align: center;">4. MÉTODO DE ENSAYO</p> <p>4.1 Método del limado</p> <p>4.1.1 El ensayo consiste en preparar un corte en la probeta, perpendicularmente a la superficie recubierta; colocar la probeta así cortada en una mordaza o entenalla y limar la parte expuesta. La acción del limado debe ejecutarse de tal modo que la dirección de ataque de la lima sea del metal base al recubrimiento, intentando desprender a éste por descascamiento. El ángulo aproximado es de 45°. Al finalizar el limado, comprobar si existen desprendimientos del recubrimiento o si se han producido escamaciones.</p> <p>4.2 Método por bruñido manual</p> <p>4.2.1 El método consiste en frotar un área no mayor de 700 mm² de la superficie recubierta, seleccionada a discreción del inspector, en forma rápida y firme con un implemento metálico blando (cobre), por ejemplo, durante 15 segundos. Un implemento apropiado es un disco de cobre o latón (p.e. una moneda sin estrías periféricas). La presión ejercida debe ser suficiente para producir manualmente el efecto de bruñido, pero no para cortar el recubrimiento. Registrar el apareamiento de ampolladuras, fisuras y otros defectos que comprometan la adherencia del depósito.</p> <p>4.3 Método por enfriamiento brusco</p> <p>4.3.1 El método de ensayo por enfriamiento brusco consiste en calentar en un horno la probeta de metal base con el recubrimiento hasta una determinada temperatura, durante tiempos que oscilen entre 30 y 60 min., para luego proceder a enfriar bruscamente en agua. Dependiendo del metal base y del recubrimiento, las temperaturas de calentamiento se dan, para los casos más usuales, en la Tabla 1:</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Hojalata, chapa negra, clasificación, ensayos.</p>		

TABLA 1. Temperaturas de enfriamiento brusco

Metal base	Recubrimiento	Temperatura (°C)
acero y fundición	estaño	185
acero	estaño-níquel	300
cobre y aleaciones	estaño-níquel	250
zinc y aleaciones	estaño-níquel	150
acero	níquel-cromo	300
zinc y aleaciones	níquel-cromo	150
cobre y aleaciones	níquel-cromo	250
aluminio	níquel-cromo	250
acero	cadmio	200
acero	zinc	200
acero	cobre	310
acero	plata	315
aluminio	plata	190
cobre	plata	200

4.4 Método del bruñido manual para metales preciosos. Se procede como en 4.2, con un área de ensayo de aproximación 6 cm², la que se frota vigorosamente con espátula dental de ágata, con mango de 60 a 100 mm de longitud y hoja de ágata blanda de 30 a 50 mm de largo y 5 a 10 mm de ancho, aguzada en un borde como un cincel, pero de filo redondeado, para evitar cortaduras del recubrimiento ensayado. Aplicar presión suficiente para producir el bruñido, pero no para cortar el recubrimiento.

4.5 Método del doblado.

4.5.1 El método consiste en doblar o deformar de alguna manera la probeta. La aparición de escamaciones denota adhesión insuficiente. El procedimiento exacto de la deformación plástica debe establecerse para cada producto en particular. Las deformaciones más usuales se detallan a continuación:

4.5.1.1 Para alambres recubiertos (zinc, níquel), se procede a enrollarlos en espiral sobre un mandril de diámetro dado una probeta representativa del material. La tabla 2 establece el número de vueltas de la espiral y la relación entre el diámetro del mandril cilíndrico y el diámetro del alambre ensayado:

TABLA 2. Doblaro espiral de alambres

Diámetro del alambre (mm)	Vueltas completas de la espiral	Relación del diámetro del mandril / diámetro del alambre
Hasta 3,55	10	2 (zinc) 4 (níquel)
3,55 – 7,10	10	6
Sobre 7,10	0,25 (90°)	6

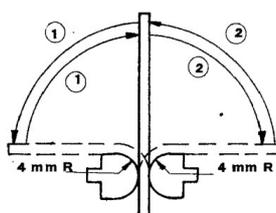
4.5.1.2 Para tubos recubiertos (zinc p.e.), el ensayo de doblado consiste en doblar 90° con radio ocho veces mayor que el diámetro exterior del tubo. El ensayo es aplicable hasta diámetros nominales de 50 mm; para diámetros mayores debe aplicarse el ensayo de martillado (4.9).

4.5.1.3 Para el ensayo de doblado de placas y láminas, se procede a doblar la probeta sobre dos mandriles simétricos como los representados en la figura 1:

El radio de los mandriles es de 4 mm. Se dobla la lámina 90° alternativamente sobre los dos mandriles, por un número de veces que debe especificarse para cada recubrimiento en la aplicación particular. El método tiene aplicación principalmente para láminas delgadas con recubrimientos de oro, plata, bronce o cobre.

(Continúa)

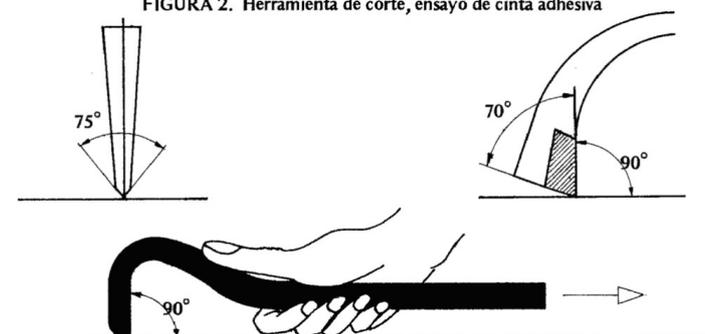
FIGURA 1. Ensayo de doblado para láminas



4.6 Método de la cinta adhesiva

4.6.1 El método de ensayo consiste en rayar sobre el recubrimiento de la probeta con un instrumento afilado de acero templado, una cuadrícula formando cuadrados de 2 a 5 mm de lado, sobre el área de ensayo. La presión debe ser suficiente para cortar la capa recubierta de un solo tajo, hasta llegar al metal base (ver figura 2.). Aplicar luego una cinta adhesiva sobre la superficie. La cinta debe tener una adhesión de 290 a 310 g/cm² (cinta de celulosa regenerada). Presionar solamente con la mano al aplicar la cinta adhesiva, teniendo cuidado de que no queden burbujas de aire atrapadas. Luego de 10 s separar manualmente la cinta, aplicando una fuerza de manera que la posición de la cinta que se retira, sea perpendicular a la superficie ensayada.

FIGURA 2. Herramienta de corte, ensayo de cinta adhesiva



4.7 Método de la soldadura blanda

4.7.1 El método de la soldadura blanda se aplica a recubrimientos de metales preciosos y a recubrimientos blandos. Se suelda una lámina de acero estañado de dimensiones 10 mm de ancho, 75 mm de largo y 0,56 mm de espesor, a la superficie recubierta, de manera que la lámina quede en contacto con la superficie que debe ensayarse. El área soldada corresponde a todo el ancho de la lámina por una longitud de 13 mm. El material de aporte de la soldadura debe contener 60% de estaño y 40% de plomo. El fundente utilizado debe ser del tipo a base de resinas no corrosivas. Aplicar luego tensión en la parte libre de la lámina, intentando separarla del material de prueba. Desprendimientos o escamaciones en la parte correspondiente a la soldadura, que no involucren al recubrimiento ensayado, no deben considerarse como defecto.

4.8 Método de cortadura

4.8.1 El método consiste en cortar la probeta perpendicularmente a la superficie recubierta y limar (pulir) la superficie de corte. Aplicar luego una fuerza de corte mediante instrumentos adecuados, en la vecindad de la zona de unión del metal base con el recubrimiento, intentando separarlo.

(Continua)

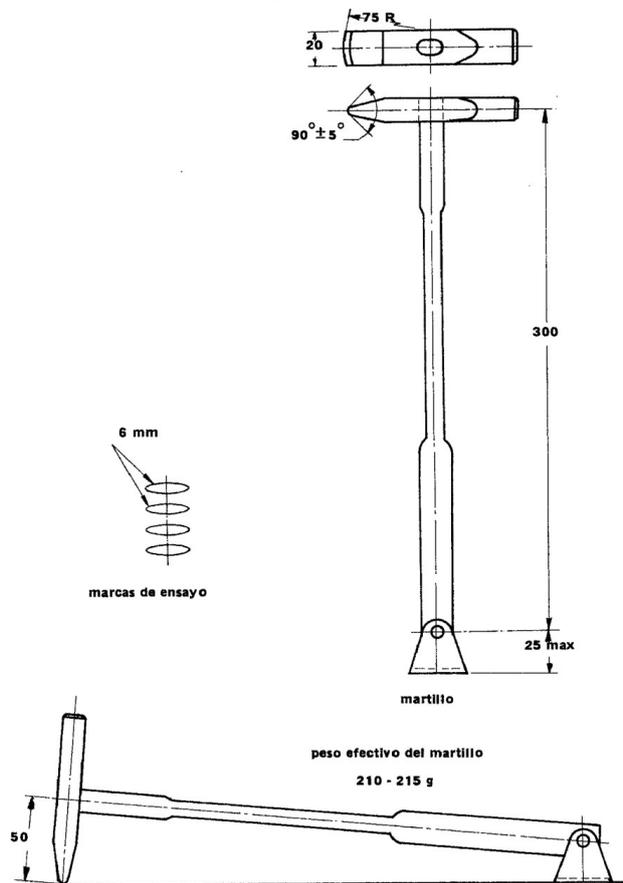
4.9 Método de martillado

4.9.1 El ensayo consiste en someter la probeta a golpes de un martillo pivotado como el representado en la figura 3. La base del martillo pivotado debe tener posición horizontal. Al iniciar el ensayo, el martillo se coloca en posición vertical y se deja luego caer con giro de 90° describiendo un arco, sobre la pieza ensayada. Los golpes ocasionados deben espaciarse de tal manera que las marcas dejadas sobre la pieza recubierta, estén espaciadas entre sí aproximadamente 6 mm (ver figura 3) ninguna marca debe estar más cerca de 12 mm del borde de la probeta. Se constata luego la presencia de desprendimientos del recubrimiento en las proximidades de las marcas dejadas por el martillo.

4.10 Método del rayado.

4.10.1 El método consiste en rayar con un cuchillo filo la superficie recubierta a distancias de 5 a 20 mm. Se constata después la presencia de desprendimientos, escamaciones o peladuras del material de recubrimiento en la proximidad del rayado.

FIGURA 3. Ensayo de martillado



(Continua)

APENDICE Z**Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 610 *Tratamientos superficiales y recubrimientos metálicos. Definiciones y terminología.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

ASTM B454 *Standard Specification for Coatings of Zinc Mechanically Deposited on Iron and Steel.* American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 2009

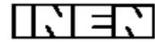
ASTM A153. *Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware.* American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 2009

BS EN ISO 4521 *Metallic and other inorganic coatings. Electrodeposited silver and silver alloy coatings for engineering purposes. Specification and test methods.* British Standards Institution. London. 2008

ISO 2063 *Thermal spraying — Metallic and other inorganic coatings — Zinc, aluminium and their alloys.* International Organization for Standardization. Suiza, 2005

BS 4290 *Method for specifying electroplated coatings of silver and silver alloys for decorative and protective purpose.* British Standards Institution. London. 1989

BS 4292 *Method for specifying electroplated coatings of gold and gold alloys.* British Standards Institution. London. 1989



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 109:2009
Primera revisión

**ENSAYO DE TRACCION PARA MATERIALES METALICOS A
TEMPERATURA AMBIENTE.**

Primera Edición

TRACTION TEST FOR METALLIC MATERIALS TO AMBIENT TEMPERATURE.

First Edition

DESCRIPTORES: Productos metálicos, metales, ensayos, ensayos mecánicos, ensayo de tracción, determinación, elongación, extensión
probetas

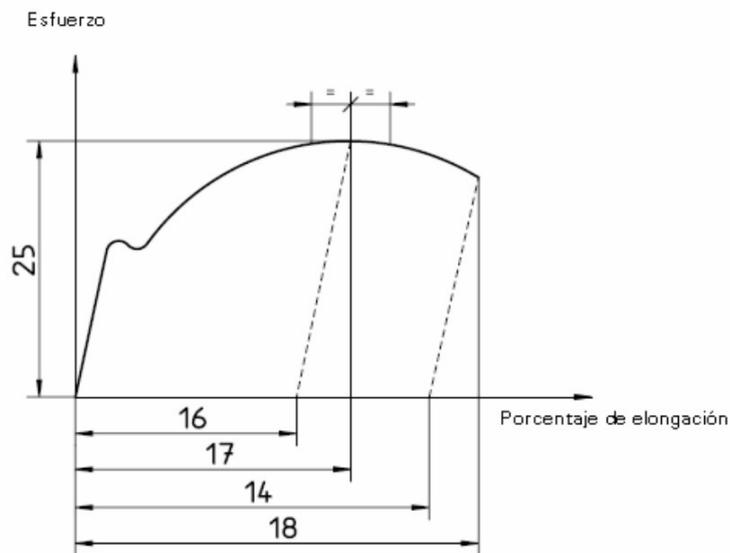
MC 01.02-301
CDU: 669.14.620.17
CIU: 3710
ICS: 77.040.10

<p>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</p>	<p>ENSAYO DE TRACCIÓN PARA MATERIALES METÁLICOS A TEMPERATURA AMBIENTE</p>	<p>NTE INEN 109:2009 Primera revisión 2009-03</p>
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma especifica el método para el ensayo de tracción de materiales metálicos y define las propiedades mecánicas que se pueden determinar a temperatura ambiente.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica al ensayo de tracción de todos los productos de acero de sección transversal constante.</p> <p>2.2 Para ciertos materiales metálicos y aplicaciones particulares, el ensayo de tracción debe estar sujeto a normas específicas o requerimientos particulares.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se aplican las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <i>Longitud calibrada (L)</i>. Es la longitud de la sección cilíndrica o prismática de la probeta de ensayo en la que se va a medir la elongación en cualquier momento durante el ensayo.</p> <p>3.1.2 <i>Longitud calibrada inicial (L₀)</i>. Longitud calibrada antes de la aplicación de la carga.</p> <p>3.1.2.1 <i>Longitud calibrada final (L_u)</i>. Longitud calibrada después de la rotura de la probeta ensayo (ver numeral 10.1)</p> <p>3.1.3 <i>Longitud paralela (L_c)</i>. Longitud de la sección reducida paralela de la probeta de ensayo (ver nota 1).</p> <p>3.1.4 <i>Elongación</i>. Incremento de la longitud calibrada inicial (L₀) en cualquier instante del ensayo.</p> <p>3.1.4.1 <i>Porcentaje de elongación</i>. Alargamiento expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L₀).</p> <p>3.1.4.2 <i>Porcentaje de elongación permanente</i>. Incremento de la longitud calibrada inicial en una probeta de ensayo después de eliminar el esfuerzo especificado (ver numeral 3.11), expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L₀) (ver nota 1).</p> <p>3.1.4.3 <i>Porcentaje de elongación después de la rotura (A)</i>. Elongación permanente de la longitud calibrada inicial (ver nota 2) después de la rotura (L_u - L₀) expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L₀).</p> <p>NOTA 1: El concepto de longitud paralela es reemplazado por el concepto de distancia entre mordazas para probetas no maquinadas.</p> <p>NOTA 2. En el caso de las probetas de ensayo proporcionales, solamente si la longitud calibrada inicial es diferente de $5,65 \sqrt{S_0}^1$ en donde S₀ es el área de la sección transversal inicial de la longitud paralela, el símbolo A se complementa con un índice que indica el coeficiente de proporcionalidad usado, por ejemplo:</p> <p>A_{11,3} = porcentaje de elongación en una longitud calibrada (L₀) de $11,3 \sqrt{S_0}$</p> <p>En el caso de probetas de ensayo no proporcionales, el símbolo A se complementa con un índice que indica la longitud calibrada inicial usada, expresada en milímetros, por ejemplo:</p> <p>A_{80 mm} = porcentaje de elongación en una longitud calibrada (L₀) de 80 mm.</p> $^1 5,65 \sqrt{S_0} = 5 \sqrt{\frac{4S_0}{\square}}$ <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Productos metálicos, metales, ensayos, ensayos mecánicos, ensayo de tracción, determinación, elongación, extensión probetas.</p>		

3.1.4.4 Porcentaje de elongación total a la rotura (A_t). Es el alargamiento total (elongación elástica más elongación plástica) de la longitud calibrada en el momento de la rotura, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_0).

3.1.4.5 Porcentaje de elongación al esfuerzo máximo. Es el aumento en la longitud calibrada inicial de la probeta cuando la fuerza es máxima, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_0). Se hace una distinción entre el porcentaje de elongación total a la carga máxima (A_{gt}) y el porcentaje de elongación no proporcional a la carga máxima (A_g) (ver figura 1).

FIGURA 1. Definiciones de elongación (ver nota 3)



3.1.5 Longitud calibrada del extensómetro (L_e). Longitud de la sección paralela de la probeta de ensayo usada para la medición del alargamiento por medio de un extensómetro.

3.1.5.1 Se recomienda la medición del límite de fluencia y el esfuerzo de prueba, para el parámetro

$$L_e \geq \frac{L_0}{2}$$

3.1.5.2 Además se recomienda que para las medidas de los parámetros durante y después de la fuerza máxima, L_e será aproximadamente igual a L_0 .

3.1.6 Extensión. Incremento de la longitud calibrada (L_e) del extensómetro en un momento dado del ensayo.

3.1.6.1 Porcentaje permanente de extensión. Incremento de la longitud calibrada en el extensómetro después de suspender un esfuerzo especificado en la probeta de ensayo, se expresa como un porcentaje de la longitud calibrada del extensómetro (L_e).

NOTA 3: Ver tabla 1 para efectos de la explicación de los números indicados.

(Continúa)

3.1.6.2 Porcentaje de extensión en el límite de fluencia (A_e). En materiales que presentan fluencia discontinua, el alargamiento entre el inicio de la fluencia dada por una deformación localizada y el comienzo de la deformación permanente dada por un uniforme trabajo de endurecimiento. Se expresa como un porcentaje de la longitud calibrada del extensómetro (L_e).

3.1.7 Porcentaje de reducción de área (Z): Cambio máximo en el área de la sección transversal que ha ocurrido durante el ensayo ($S_o - S_u$) expresado como un porcentaje del área de la sección transversal inicial (S_o).

3.1.8 Carga máxima (F_m): Es la carga más alta que ha resistido la probeta durante el ensayo, una vez que ha sido superado el límite de fluencia. Para materiales que no presentan puntos de fluencia este es el máximo valor durante el ensayo.

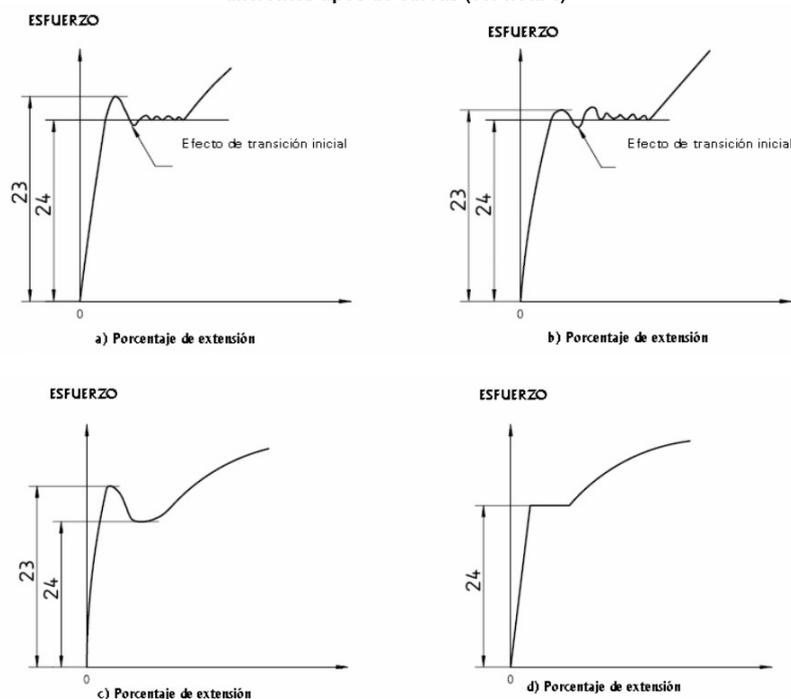
3.1.9 Esfuerzo. Carga en cualquier momento del ensayo dividida por el área de la sección transversal inicial (S_o) de la probeta de ensayo.

3.1.9.1 Resistencia a la tracción (R_m). Esfuerzo correspondiente a la carga máxima (F_m).

3.1.9.2 Resistencia a la fluencia (límite de fluencia). Cuando el material metálico muestra un fenómeno de fluencia, se alcanza un punto durante el ensayo en el cual la deformación plástica se produce sin ningún incremento en la carga. Se hace una distinción entre:

a) **Límite de fluencia superior (R_{eH}).** Valor del esfuerzo en el momento en que se observa el primer decrecimiento de la carga (ver figura 2).

FIGURA 2. Definiciones de límite de fluencia superior y límite de fluencia inferior para diferentes tipos de curvas (ver nota 4)



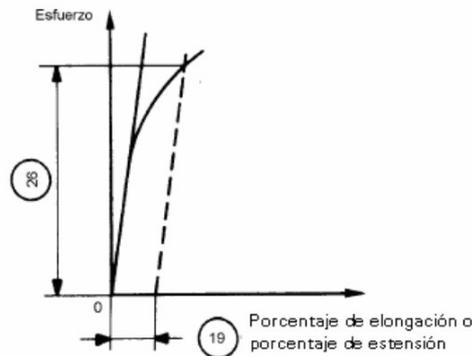
NOTA 4: ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

b) *Límite de fluencia inferior (R_{eL})*. El valor más bajo del esfuerzo en el campo plástico, ignorando cualquier efecto transitorio (ver figura 2).

3.1.9.3 *Esfuerzo de prueba con alargamiento no proporcional (R_p)*: El esfuerzo al cual la extensión no proporcional es igual al porcentaje especificado en la longitud calibrada del extensómetro (L_e) (ver figura 3). El símbolo que se usa es seguido por un sufijo que indica el porcentaje prescrito de la longitud calibrada del extensómetro, por ejemplo $R_{p0,2}$

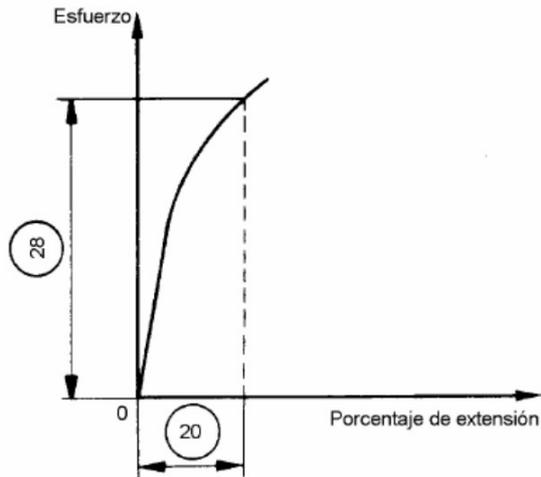
FIGURA 3. Prueba de resistencia con alargamiento no proporcional (R_p) (ver nota 5)



NOTA 5. Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

3.1.9.4 *Esfuerzo de prueba con extensión total (R_t)*: El esfuerzo al cual la extensión total (extensión elástica más extensión plástica) es igual al porcentaje especificado en la longitud calibrada del extensómetro (L_e) (ver figura 4). El símbolo es seguido por un sufijo que indica el porcentaje prescrito de la longitud calibrada inicial del extensómetro por ejemplo: $R_{t0,5}$

FIGURA 4. Esfuerzo de prueba, extensión total (R_t) (ver nota 6)

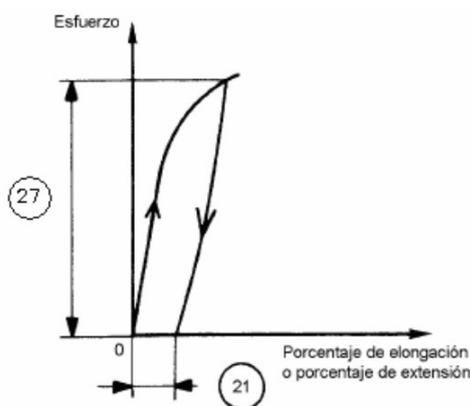


NOTA 6: Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

3.1.9.5 Esfuerzo a la deformación permanente (R_p): Es el esfuerzo al cual, después de eliminar la carga, una elongación o extensión permanente especificada, expresada como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_0) o una longitud calibrada del extensómetro (L_e), respectivamente, no ha sido excedido (ver figura 5). El símbolo utilizado es seguido por un sufijo que indica el porcentaje especificado de la longitud calibrada inicial (L_0), o de la longitud calibrada del extensómetro (L_e), por ejemplo $R_{p0,2}$

FIGURA 5. Esfuerzo a la deformación permanente (R_p) (ver nota 7)



4. SIMBOLOGÍA Y DESIGNACIONES

4.1 En el contenido de esta norma se utilizarán los símbolos y sus correspondientes designaciones que se establecen en la tabla 1.

TABLA 1. Símbolos y designaciones.

Número de Referencia ¹⁾	Símbolo	Unidades	Designación
Probeta			
1	$a^{2)}$	mm	Espesor de la probeta de ensayo plana o de la pared de un tubo
2	b	mm	Ancho de la longitud paralela de la probeta de ensayo plana o ancho promedio de una tira longitudinal tomada de un tubo o ancho de un alambre plano
3	d	mm	Diámetro de la longitud paralela de una probeta circular o diámetro de un alambre redondo o diámetro interno de un tubo
4	D	mm	Diámetro externo de un tubo
5	L_0	mm	Longitud calibrada inicial
-	L'_0	mm	Longitud calibrada inicial para determinar A_g
6	L_c	mm	Longitud paralela
-	L_e	mm	Longitud calibrada del extensómetro
7	L_t	mm	Longitud total de la probeta
8	L_u	mm	Longitud final calibrada después de la rotura
-	L'_u	mm	Longitud calibrada final después de la rotura para determinar A_g (Ver anexo H)

NOTA 7. Ver la tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Número de Referencia ¹⁾	Símbolo	Unidades	Designación
Probeta			
9	S_o	mm ²	Área de la sección transversal inicial de la longitud paralela.
10	S_u	mm ²	Área mínima de la sección transversal después de la rotura.
	k		Coefficiente de proporcionalidad
11	Z	%	Porcentaje de reducción de área $\frac{S_o - S_u}{S_o} \times 100$
12	-	-	Superficie de agarre de la probeta para las mordazas
Elongación			
13	-	mm	Elongación después de la rotura $L_u - L_o$
14	$A^3)$	%	Porcentaje de elongación después de la rotura $\frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100$
15	A_e	%	Porcentaje de extensión en el punto de fluencia
	ΔL_m	mm	Extensión a la carga máxima
16	A_g	%	Porcentaje de elongación no proporcional, a la carga máxima (F_m)
17	A_{gt}	%	Porcentaje de elongación total, a la carga máxima (F_m)
18	A_t	%	Porcentaje de elongación total, a la rotura
19	-	%	Porcentaje especificado de extensión no proporcional
20	-	%	Porcentaje de extensión total (Ver 28)
21	-	%	Porcentaje especificado de extensión a la deformación permanente o elongación.
Carga			
22	F_m	N	Carga Máxima
Límite de fluencia – Esfuerzo de prueba – Resistencia a la Tracción			
23	R_{eH}	MPa	Límite de fluencia superior ⁴⁾
24	R_{eL}	MPa	Límite de fluencia inferior
25	R_m	MPa	Resistencia a la tracción
26	R_p	MPa	Esfuerzo de prueba con extensión no proporcional
27	R_r	MPa	Esfuerzo a la deformación permanente
28	R_t	MPa	Esfuerzo de prueba con extensión total
-	E	MPa	Módulo de elasticidad
1) Ver figuras de la 1 a la 13 2) El símbolo T también se usa en tubos de acero, productos estándar. 3) Ver 3.1.4.3 4) $1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa}$			

5. FUNDAMENTO

5.1 El ensayo comprende el estiramiento de una probeta por una fuerza axial de tracción proporcional a sus dimensiones, mediante una máquina para ensayo de tracción para determinar durante su deformación una o más características mecánicas definidas en el punto 3.

5.1.1 El ensayo se llevara a cabo a temperatura ambiente comprendida entre + 10°C y + 35°C, a menos que se especifique de otra manera.

5.2 Instrumental

5.2.1 *Máquina para ensayo de tracción.*

5.2.1.1 *Precisión de las máquinas de ensayo.* Las máquinas de ensayo deben ser verificadas de acuerdo a las NTE INEN 1 502 y la NTE INEN 1 503.

(Continúa)

5.2.1.2 El extensómetro debe ser de Clase 1 para la determinación de los límites de fluencia inferior y superior y resistencia de prueba (extensiones no proporcionales); para otras características (con mayor extensión) se pueden usar un extensómetro Clase 2.

5.2.1.3 *Características de la máquina.*

- a) Debe estar provista de dispositivos que aseguren la aplicación axial de los esfuerzos en la probeta.
- b) Debe permitir la aplicación de las cargas progresivamente, sin choques ni vibraciones.
- c) Debe estar provista de dispositivos de regulación y comando que permitan ejecutar el ensayo, con las velocidades especificadas en el numeral 7.1.
- d) Debe permitir un error máximo del 1% de la carga indicada.

6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

6.1 Forma y dimensiones de las probetas

6.1.1 Generalidades

6.1.1.1 La forma y las dimensiones de las probetas, dependen de la forma y dimensiones de los productos metálicos de los cuales se tomó la probeta y de las propiedades mecánicas que se van a determinar.

6.1.1.2 La probeta, se obtiene generalmente por maquinado de una muestra del producto, de un elemento estampado o de un elemento fundido. Sin embargo, los productos de sección transversal uniforme (perfiles, barras, alambres, etc.) y también los elementos fundidos (fundiciones de hierro y aleaciones no ferrosas) pueden ser sometidas a ensayo sin maquinado.

6.1.1.3 La sección transversal de las probetas puede ser circular, cuadrada, rectangular, anular o en casos especiales de alguna otra forma.

6.1.1.4 Las probetas cuya longitud calibrada inicial se relaciona con el área inicial de la sección transversal por la ecuación $L_0 = k\sqrt{S_0}$, son llamadas probetas proporcionales. El valor adoptado para esta norma es $k = 5,65$. La longitud calibrada inicial no debe ser menor de 20 mm. Cuando el área de la sección transversal inicial de la probeta es demasiado pequeña es necesario convenir un valor del coeficiente k más alto (preferiblemente 11,3) o se puede usar una probeta no proporcional.

6.1.1.5 En el caso en que se usen probetas no proporcionales, la longitud calibrada inicial (L_0) se toma independientemente del área de la sección transversal inicial (S_0).

6.1.1.6 Las tolerancias dimensionales de las probetas deben estar de acuerdo con los anexos referenciados (ver numeral 6.2).

6.1.2 *Probetas maquinadas.*

6.1.2.1 Las probetas maquinadas deben tener una curva de transición entre las superficies de agarre de las mordazas y la longitud paralela si estas son de diferentes dimensiones. Las dimensiones de este radio de transición pueden ser importantes y se recomienda que se definan en la especificación del material, si no están especificadas en el anexo indicado (ver numeral 6.2).

6.1.2.2 Las superficies de agarre pueden ser de cualquier forma, siempre y cuando se adapten a las mordazas de la máquina de tracción.

6.1.2.3 El eje de la probeta deberá coincidir con o ser paralelo al eje de aplicación de la fuerza.

(Continúa)

6.1.2.4 La longitud paralela (L_c) o en el caso en donde la probeta no tiene curva de transición, la longitud libre entre las mordazas siempre debe ser mayor que la longitud inicial calibrada. (L_0).

6.1.3 *Probetas no maquinadas.*

6.1.3.1 Si la probeta es de una longitud no maquinada del producto o una barra de ensayo sin maquinar, la longitud libre entre las mordazas debe ser suficiente para que las marcas calibradas queden a una distancia razonable de las mordazas (ver anexo A y D).

6.1.3.2 Las probetas de ensayo fundidas, incorporarán un radio de transición entre las superficies de agarre y la longitud paralela. Las dimensiones de este radio de transición son importantes y se recomienda que se definan en la norma del producto. Las superficies de agarre pueden tener cualquier forma siempre y cuando se adapten a las mordazas de la máquina de tracción. La longitud paralela (L_c) siempre debe ser mayor que la longitud calibrada inicial (L_0).

6.2 **Tipos de probetas.** Los principales tipos de probetas de ensayo están definidos en los anexos A-D de acuerdo con la forma y tipo del producto, como se indica en la tabla 2. Se pueden especificar otros tipos de probetas según las normas de producto.

TABLA 2. Tipos de producto

Tipo de producto		Anexos correspondientes
Laminas - Planos	Alambres - Barras - Secciones	
		
Espesor "e" en mm	Diámetro o lado en mm	
$0,1 \leq e < 3$	-----	A
---	< 4	B
≥ 3	≥ 4	C
	Tubos	D

6.3 **Preparación de probetas para ensayo.** Las probetas de ensayo se deben tomar y preparar de acuerdo con los requerimientos de las normas para los diferentes materiales que se indica en la Norma ISO - INEN 377.

6.4 **Determinación del área de la sección transversal inicial (S_0).** El área de la sección transversal inicial se calcula a partir de las medidas de las dimensiones apropiadas. La precisión de estos cálculos depende de la naturaleza y del tipo de la probeta. Esta se indica en los anexos A - D para los diferentes tipos de probetas.

6.5 **Marcado de la longitud calibrada inicial (L_0)**

6.5.1 Cada extremo de la longitud calibrada inicial se debe marcar por medio de marcas finas o rayaduras, pero no por medio de indentaciones que puedan producir fracturas prematuras.

6.5.2 Para probetas proporcionales, el valor calculado de la longitud calibrada inicial puede aproximarse al múltiplo más cercano de 5 mm, cuidando que la diferencia entre la longitud calibrada inicial calculada y la marcada sea menor del 10% de L_0 . La longitud calibrada inicial se debe marcar con una precisión de $\pm 1\%$. El anexo F indica un nomograma para determinar la longitud calibrada inicial correspondiente a una probeta de sección transversal inicial rectangular.

6.5.3 Si la longitud paralela (L_c) es mucho mayor que la longitud calibrada inicial, como por ejemplo en probetas no maquinadas, se pueden marcar una serie de longitudes calibradas, algunas de ellas se pueden extender hasta las mordazas.

6.5.4 En algunos casos, puede ser útil marcar sobre la superficie total de la probeta, en una línea paralela al eje longitudinal.

(Continúa)

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Velocidad de la máquina. A menos que se especifique lo contrario, en la norma del producto, la velocidad de la máquina debe ajustarse a los siguientes requerimientos que dependen de la naturaleza del material.

7.1.1 Límite de fluencia y esfuerzo de prueba

7.1.1.1 Límite de fluencia superior (R_{eH})- Dentro del campo elástico y hasta el límite de fluencia superior, la relación de separación de los cabezales de la máquina debe mantenerse constante hasta donde sea posible, dentro de los límites correspondientes a la relación de esfuerzos indicados en la tabla 3.

TABLA 3. Relación de aplicación de esfuerzos

Modulo de elasticidad del material (E) MPa	Relación de aplicación de esfuerzos MPa/s	
	mín	máx
< 150000	2	20
≥ 150000	6	60

7.1.1.2 Límite de fluencia inferior (R_{eL})

a) Si se va a determinar solamente el límite de fluencia inferior, la relación de aplicación del esfuerzo durante la fluencia de la longitud paralela de la probeta de ensayo debe estar entre 0,00025/s y 0,0025/s. La relación de esfuerzos se debe mantener constante, hasta donde sea posible. Si esta velocidad no se puede regular directamente, se debe fijar por regulación de la relación de esfuerzos justamente antes de que la fluencia empiece, los controles de la máquina no se deben ajustar posteriormente hasta completar la fluencia.

b) En ningún caso, la relación de aplicación de esfuerzos en el campo elástico debe exceder las relaciones de esfuerzo máximas dadas en la tabla 3.

7.1.1.3 Límites de fluencia superior e inferior (R_{eH} y R_{eL}) - Si los dos límites de fluencia son determinados durante el mismo ensayo, las condiciones para determinar el límite inferior deben cumplir con (ver numeral 7.1.1.2.)

7.1.1.4 Esfuerzo de prueba (extensión no proporcional) y esfuerzo de prueba (extensión total) (R_p y R_t). La relación de aplicación de esfuerzos debe estar entre los límites dados en la tabla 3. En el campo plástico y hasta la resistencia de prueba (extensión no proporcional o extensión total) la relación de aplicación de los esfuerzos no debe exceder de 0,0025/s.

7.1.1.5 Relación de separación. Si la máquina de tracción no es capaz de medir o controlar la relación de esfuerzos, una velocidad de separación de las mordazas equivalente a la relación de aplicación de esfuerzos dada en la tabla 3, debe ser usada hasta completar la fluencia.

7.1.2 Resistencia a la tracción (R_m)

7.1.2.1 En el rango plástico.- La relación de aplicación de esfuerzos en la longitud paralela no debe exceder de 0,008/s.

7.1.2.2 En el rango elástico.- Si el ensayo no incluye la determinación del esfuerzo de fluencia (o esfuerzo de prueba) la velocidad de la máquina puede alcanzar el máximo permitido en el rango plástico.

(Continúa)

7.2 Método de agarre

7.2.1 Las probetas de ensayo se deben adaptar por medios apropiados tales como cuñas, mordazas roscadas, etc.

7.2.2 Cada adaptación debe ser fabricada de tal manera que asegure que las probetas de ensayo estén agarradas de tal manera, que la fuerza se aplique tan axialmente como sea posible. Esto es de particular importancia cuando se ensayan materiales frágiles o cuando se vayan a determinar esfuerzos de prueba (elongación no proporcional) o esfuerzos de prueba (elongación total) o límite de fluencia.

7.3 Determinación del porcentaje de elongación después de la rotura (A)

7.3.1 El porcentaje de elongación después de la rotura debe ser determinado de acuerdo con la definición dada en el numeral 3.1.4.3.

7.3.2 Para este propósito, los dos pedazos rotos de la probeta se deben encajar cuidadosamente de tal manera que sus ejes permanezcan en una línea recta.

7.3.3 Se deben tomar precauciones especiales para asegurar un contacto apropiado entre las partes rotas de la probeta de ensayo, cuando se vaya a medir la longitud calibrada final. Esto es particularmente importante en el caso de probetas de ensayo de sección transversal pequeña y probetas de ensayo que tengan valores de elongación bajos.

7.3.4 La elongación después de la rotura ($L_u - L_o$) se debe determinar a un valor lo más próximo a 0,25 mm utilizando un aparato de medida con una resolución de 0,1 mm, y los valores de los porcentajes de elongación después de la rotura se deben redondear o aproximar al 0,5%. Si el porcentaje de elongación mínimo especificado es menor del 5%, se recomienda tomar precauciones especiales para determinarlo (ver anexo E).

7.3.5 Esta medición, es en principio válida solamente si la distancia entre la rotura y la marca más cercana no es menor que una tercera parte de la longitud calibrada inicial (L_o). Sin embargo, la medida es válida, sin importar la posición de la rotura, si el porcentaje de elongación después de la rotura es igual o mayor que el valor especificado.

7.3.6 Para máquinas con capacidad de medir el alargamiento a la rotura usando un extensómetro, no es necesario marcar las longitudes calibradas. La elongación es medida como el alargamiento total a la rotura, y por consiguiente es necesario deducir la extensión elástica con el fin de obtener el porcentaje de elongación después de la rotura.

7.3.7 En principio, esta medición es válida solamente si la rotura ocurre dentro de la longitud calibrada (L_e). La medición es válida en cuanto a la posición de la sección transversal de la rotura si el porcentaje de elongación después de la rotura es igual o mayor al valor especificado (ver nota 8).

7.3.8 Si la elongación es medida sobre una longitud fija dada, puede ser convertida a una longitud calibrada proporcional usando fórmulas de conversión o tablas acordadas antes de empezar el ensayo (por ejemplo ISO 2566-1, ISO 2566-2 y UNE 7-264-72).

7.3.9 Las comparaciones de porcentajes de elongación son posibles cuando la longitud calibrada del extensómetro, el perfil y el área de la sección transversal son las mismas, o cuando el coeficiente de proporcionalidad (k) es el mismo.

7.3.10 Con el objeto de evitar el rechazo de probetas de ensayo, en las cuales puede ocurrir la rotura por fuera de los límites especificados en el numeral 3.1.4.3, se puede usar el método basado en la subdivisión de L_o en N partes iguales, tal como se describe el Anexo G.

7.4 Determinación del porcentaje de elongación total a fuerza máxima (A_{gt})

7.4.1 Este método consiste en determinar el diagrama fuerza – extensión obtenida con un extensómetro, la extensión a la fuerza máxima (ΔL_m)

NOTA 8. Si la norma del producto especifica la determinación del porcentaje de elongación después de la rotura para una longitud dada, la longitud calibrada del extensómetro debe ser igual a esa longitud.

7.4.2 Algunos materiales exhiben una meseta plana a la fuerza máxima. Cuando esto ocurre el porcentaje total de elongación a la fuerza máxima es tomada del punto medio de la meseta plana (ver figura 1).

7.4.3 La longitud calibrada del extensómetro debe ser registrada en el reporte de ensayo.

7.4.4 El porcentaje total de elongación al aplicar una fuerza máxima se calcula con la siguiente fórmula:

$$Agt = \frac{\Delta Lm}{Le} \times 100$$

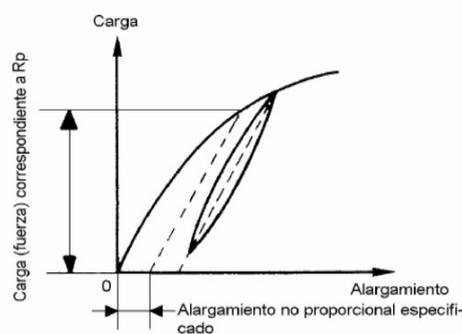
7.4.5 Si el ensayo de tracción es realizado en una máquina de ensayo controlada por computadora que tiene un sistema de adquisición de datos, la elongación es directamente determinada a la fuerza máxima.

7.4.6 Para información, un método manual se describe en el Anexo H.

7.5 Determinación del esfuerzo de prueba, extensión no proporcional (R_p)

7.5.1 El esfuerzo de prueba (extensión no proporcional) es determinado a partir del diagrama fuerza/extensión, trazando una línea paralela a la parte recta de la curva a una distancia equivalente descrita al porcentaje no proporcional prescrito, por ejemplo 0,2%. El punto en el cual esta línea interseca a la curva da la fuerza correspondiente a la resistencia de prueba deseada (extensión no proporcional). Esta última se obtiene dividiendo la fuerza para el área de la sección transversal inicial de la probeta de ensayo (S_0) (ver figura 6).

FIGURA 6. Esfuerzo de prueba, extensión no proporcional (R_p) (ver numeral 7.5.1) (ver nota 9)



7.5.2 Es esencial la exactitud del trazado del diagrama fuerza/extensión.

7.5.3 Si la parte recta del diagrama fuerza/extensión no está claramente definida, para eso se prevé un trazado de la línea paralela con suficiente precisión, se recomienda el siguiente procedimiento (ver figura 6).

NOTA 9. Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

7.5.4 Cuando el esfuerzo de prueba presumido ha sido excedido, la fuerza se reduce a un valor igual o cercano al 10% de la fuerza obtenida. La fuerza se incrementa de nuevo hasta exceder el valor obtenido originalmente. Para determinar el esfuerzo de prueba deseado, se traza una línea a través del lazo de histéresis. Se traza una línea paralela a esta línea, a una distancia de la curva original, medida a lo largo de la abscisa, igual al porcentaje no proporcional prescrito. La intersección de esta línea paralela y la curva de fuerza/extensión dan el esfuerzo correspondiente a la resistencia de prueba. Este último se obtiene dividiendo esta fuerza por el área de la sección transversal inicial de la probeta (S_0) (ver figura 6). La corrección del origen de la curva puede ser realizada por varios métodos, el siguiente método es utilizado generalmente: dibujar una línea paralela a la línea definida por el lazo de histéresis que cruza la parte elástica ascendente del diagrama, cuya pendiente es la más cercana al lazo. El punto al cual esta línea intercepta a la abscisa da el origen corregido de la curva.

7.5.5 La propiedad puede ser obtenida sin dibujar la curva fuerza/extensión, mediante el uso de dispositivos automáticos (microprocesador, etc.)

7.6 Determinación del esfuerzo de prueba, extensión total (R_t)

7.6.1 El esfuerzo de prueba (extensión total) se determina con ayuda del diagrama de esfuerzo/extensión trazando una línea paralela al eje de la ordenada (eje de esfuerzos) y a una distancia desde su equivalente al porcentaje de extensión total prescrito. El punto en que la línea que intersecta a la curva da la fuerza correspondiente al esfuerzo de prueba deseado. Este último se obtiene dividiendo esta fuerza para el área de la sección transversal inicial de la probeta (S_0) (ver figura 4).

7.6.2 La propiedad puede ser obtenida sin dibujar la curva fuerza/extensión, mediante el uso de dispositivos automáticos (microprocesador, etc.)

7.7 Método de Verificación del esfuerzo fijado permanente (R_p).

7.7.1 La probeta es sometida a cargas durante 10 s a 12 s correspondientes al esfuerzo especificado y entonces se confirma, después de quitar la carga, la elongación o extensión fijada permanente no es más que el porcentaje especificado para la longitud calibrada inicial.

7.8 Determinación del porcentaje de reducción de área (Z)

7.8.1 La reducción del porcentaje de área se determinará de acuerdo con la definición dada en el numeral 3.1.7.

7.8.2 Los dos pedazos rotos de la probeta son encajados correctamente para que sus ejes queden alineados. La sección mínima del área transversal después de la rotura (S_u) se medirá a una exactitud de $\pm 2\%$ (vea anexos A y D). La diferencia entre el área (S_u) y el área transversal de la sección inicial (S_0) expresada en porcentaje del área inicial, indica reducción del porcentaje de área.

7.9 Exactitud de los resultados.

7.9.1 La exactitud de resultados depende de varios parámetros que pueden separarse en dos categorías:

- a) los parámetros metrológicos como clase de máquina, extensómetro y la exactitud de las dimensiones de la probeta;
- b) los parámetros del material y los de ensayo tales como, naturaleza de material, geometría y preparación de la probeta, temperatura, técnicas de adquisición y análisis de datos.

7.9.2 En la ausencia de datos suficientes sino es posible de todos los materiales, en ese instante fijar los valores de exactitud para las diferentes propiedades medidas en el ensayo de tracción.

7.9.3 Anexo J provee una guía para la determinación de incertidumbre relacionada a los parámetros metrológicos.

(Continúa)

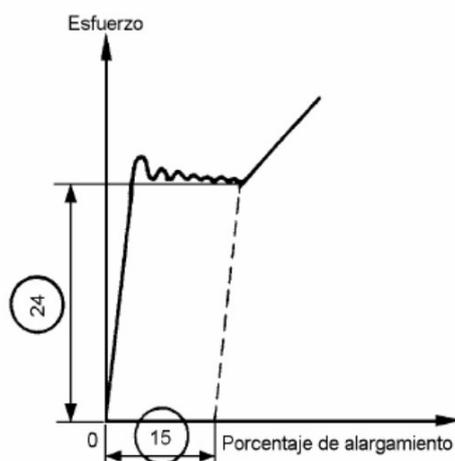
7.9.4 Anexo K provee valores obtenidos de los ensayos interlaboratorios de un grupo de aleaciones de aceros y de aluminio.

8. INFORME DE RESULTADOS

8.1 El informe de resultados debe contener, como mínimo, la siguiente información:

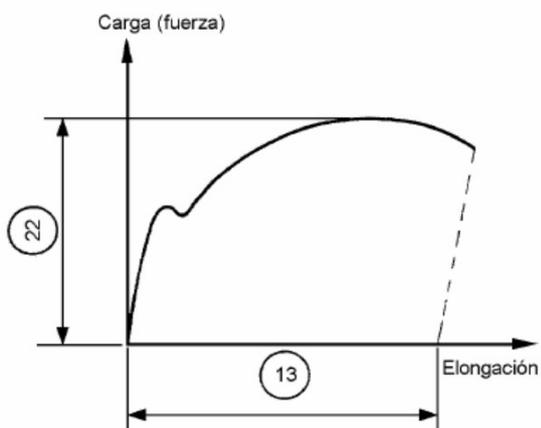
- Referencia a ésta NTE INEN 109
- Identificación de la probeta
- Naturaleza del material, si se conoce
- Tipo de probeta
- Localización y dirección del muestreo de las probetas
- Propiedades medidas y resultados.

FIGURA 7. Porcentaje de extensión en el punto de fluencia (A_e)



NOTA 10. Ver tabla 1 para efectos de la explicación de los números indicados

(Continúa)

FIGURA 8. Fuerza máxima (F_m)

NOTA 11. Ver tabla 1 para efectos de la explicación de los números indicados

(Continúa)

ANEXO A
(Normativo)

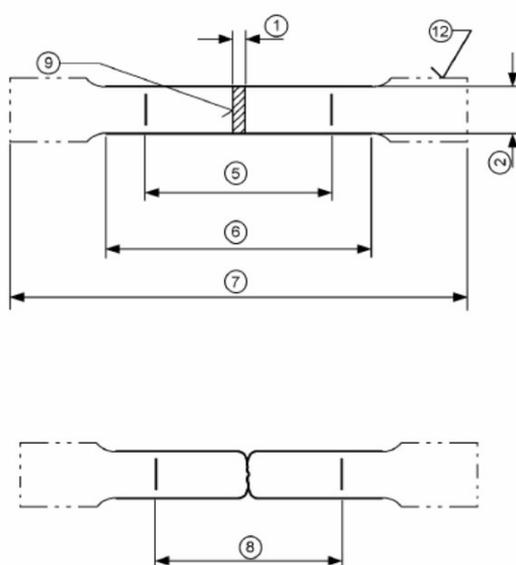
TIPOS DE PROBETAS DE ENSAYO PARA PRODUCTOS DELGADOS: LÁMINAS, FLEJES Y PRODUCTOS PLANOS 0,1 mm Y 3,0 mm DE ESPESOR

A.1 Para productos con espesor menor de 0,5 mm, es necesario tener precauciones especiales.

A.1.1 *Forma de la probeta*

A.1.1 Generalmente, la probeta tiene los extremos para sujetarse a las mordazas, con extremos más anchos que su sección paralela. La longitud paralela (L_o) se une con los extremos de la probeta por medio de curvas de transición con un radio de por lo menos 20 mm (ver figura 9). El ancho de estos extremos debe ser por lo menos de 20 mm y de no más de 40 mm.

FIGURA 9. Probetas maquinadas de sección transversal rectangular (ver notas)



A.1.2 Por acuerdo la probeta también puede consistir de un fleje con caras paralelas. Para productos de ancho igual o menor que 20 mm, el ancho de la probeta debe ser el mismo que el del producto.

A.2 Dimensiones de la probeta

A.2.1 *Probetas no proporcionales*

A.2.1.1 La longitud paralela no debe ser inferior de $L_o + \frac{b}{2}$

A.2.1.2 En caso de desacuerdo, siempre se debe usar una longitud de $L_o + 2b$ a menos que el material sea insuficiente.

A.2.1.3 En caso de probetas de lados paralelos de menos de 20 mm de ancho, y a menos que la norma del producto especifique otra cosa, la longitud calibrada inicial (L_o) debe ser igual a 50 mm. Para este tipo de probetas, la longitud libre entre las mordazas debe ser igual a $L_o + 3b$.

(Continúa)

A.2.1.4 Existen dos tipos de probetas no proporcionales cuyas dimensiones se establecen en la tabla A.1.

TABLA A.1 Dimensiones de las probetas (mm)

Tipo de probeta	Ancho b	Longitud calibrada inicial L_0	Longitud paralela L_c	Mínima longitud libre entre las mordazas para probetas de lados paralelos
1	12,5 ±1	50	75	87,5
2	20 ±1	80	120	140

A.2.1.5 Cuando se determinan las dimensiones de las probetas, se aplican las tolerancias dadas en la tabla A.2.

TABLA A.2 Tolerancias en el ancho de la probeta (mm)

Ancho nominal de la probeta	Tolerancias de maquinado ¹⁾	Tolerancias de forma ²⁾
12,5	± 0,09	± 0,043
20	± 0,105	± 0,052

¹⁾ Tolerancias js 12. Estas tolerancias están en concordancia con la ISO 286-2, son aplicables si el valor nominal del área transversal (S_0), se incluye en el cálculo sin necesidad de medir su valor.

²⁾ Tolerancias IT 9. (Ver ISO 286-2). Máxima desviación entre la medida del ancho a lo largo de toda la longitud paralela (L_c) de la probeta.

A.2.1.6 En el caso en que las probetas sean del mismo ancho del producto, el área inicial de la sección transversal (S_0) se debe calcular en base de las dimensiones medidas de la probeta.

A.2.1.7 Se puede tomar como ancho nominal de la probeta el que resulte del maquinado con sus tolerancias, siempre y cuando cumpla las tolerancias de forma que se dan en la tabla A.2, con el fin de tener la medida del ancho de la probeta para efectos del ensayo.

A.3 Preparación de las probetas

A.3.1 Las probetas se deben preparar de tal manera, que no afecten las propiedades del metal. Si algunas áreas se han endurecido por efectos de corte o prensado, se deben eliminar por maquinado.

A.3.2 Para materiales muy delgados, se recomienda que las piezas del mismo ancho se corten ensambladas formando un paquete con separadores intermedios de papel que sea resistente al aceite de corte. Se recomienda que cada paquete se ensamble con sujetadores a cada lado antes del maquinado para darle las dimensiones finales a las probetas.

A.3.3 El valor dado en A.2, por ejemplo ±0,09 mm para un ancho nominal de 12,5 mm significa que ninguna probeta debe tener un ancho fuera de los dos valores dados abajo, si el valor nominal del área de la sección transversal inicial (S_0) es incluido sin tener que medirlo:

$$12,5 + 0,09 = 12,59 \text{ mm}$$

$$12,5 - 0,09 = 12,41 \text{ mm}$$

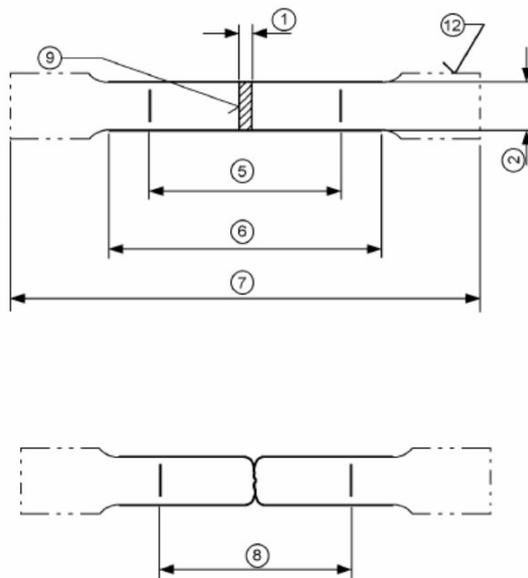
A.4 Determinación del área de la sección transversal inicial (S_0)

A.4.1 El área de la sección transversal inicial se calcula a partir de las medidas de las dimensiones de la probeta.

(Continúa)

A.4.2 El error en la determinación del área de la sección transversal inicial de la probeta no debe ser mayor de $\pm 2\%$. La mayor parte de este error, generalmente se debe a la medición de los espesores de la probeta, el error en la medición del ancho no debe ser mayor de $\pm 0,2\%$.

Figura 9. Probetas maquinadas de sección transversal rectangular



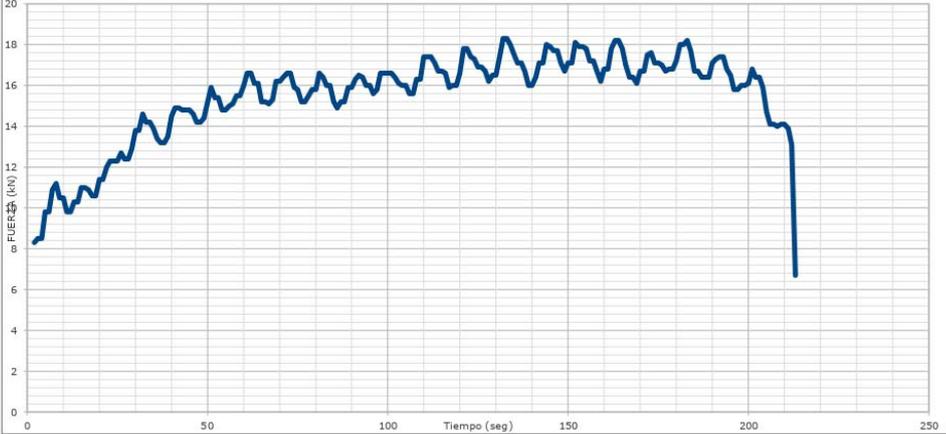
NOTA A.1: La forma de la cabeza de la probeta se indica a manera de guía.
 NOTA A.2: Ver tabla 1 para la explicación de los números indicados

(Continúa)

Anexo 6

	LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES FAC		
	Código		Revisión No. Fecha Revisión

ENSAYO DE TENSIÓN - PROBETA RECTANGULAR				
FECHA IMPRESIÓN	2019-05-26	No. ENSAYO	MATERIAL	
FECHA ENSAYO	2019-05-23	216	Indeterminado	
INFORMACIÓN GENERAL				
ID. MUESTRA	N.A.			
CLIENTE	Indeterminado			
PROYECTO	Indeterminado			
ASPECTOS DIMENSIONALES DEL ENSAYO				
LADO 1	20,45	mm	FUERZA MÁXIMA	18,3 Kn
LADO 2	3,9	mm	ESFUERZO MÁXIMO	229,453 MPa
ÁREA	79,755	mm ²		
GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO				



OBSERVACIONES:

LABORATORISTA	Administrador del sistema	DIRECTOR LABORATORIO
---------------	---------------------------	----------------------



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES FAC

Código

Revisión No.

Fecha Revisión

ENSAYO DE TENSIÓN - PROBETA RECTANGULAR

FECHA IMPRESIÓN	2019-05-26	No. ENSAYO	MATERIAL
FECHA ENSAYO	2019-05-23	217	Indeterminado

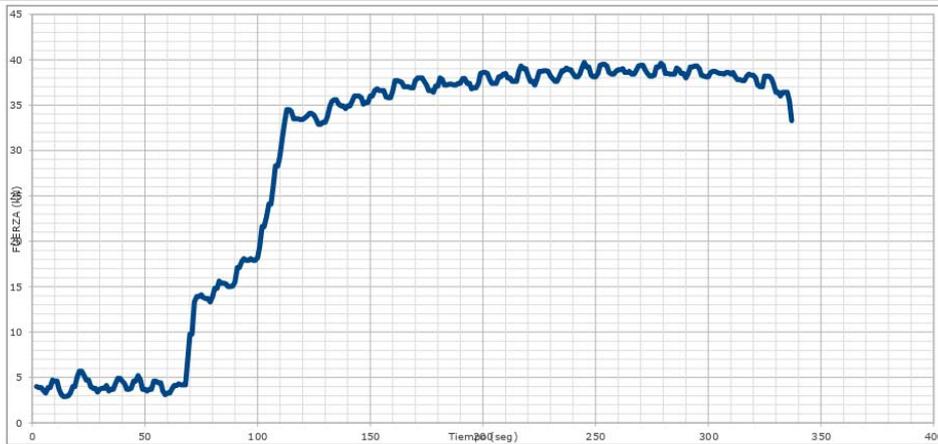
INFORMACIÓN GENERAL

ID. MUESTRA	N.A.
CLIENTE	Indeterminado
PROYECTO	Indeterminado

ASPECTOS DIMENSIONALES DEL ENSAYO

LADO 1	20,45	mm	FUERZA MÁXIMA	39,7	Kn
LADO 2	3,9	mm	ESFUERZO MÁXIMO	497,774	MPa
ÁREA	79,755	mm ²			

GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO



OBSERVACIONES:

LABORATORISTA

Administrador del sistema

DIRECTOR LABORATORIO



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES FAC

Código

Revisión No.

Fecha Revisión

ENSAYO DE TENSIÓN - PROBETA RECTANGULAR

FECHA IMPRESIÓN	2019-05-26	No. ENSAYO	MATERIAL
FECHA ENSAYO	2019-05-23	218	Indeterminado

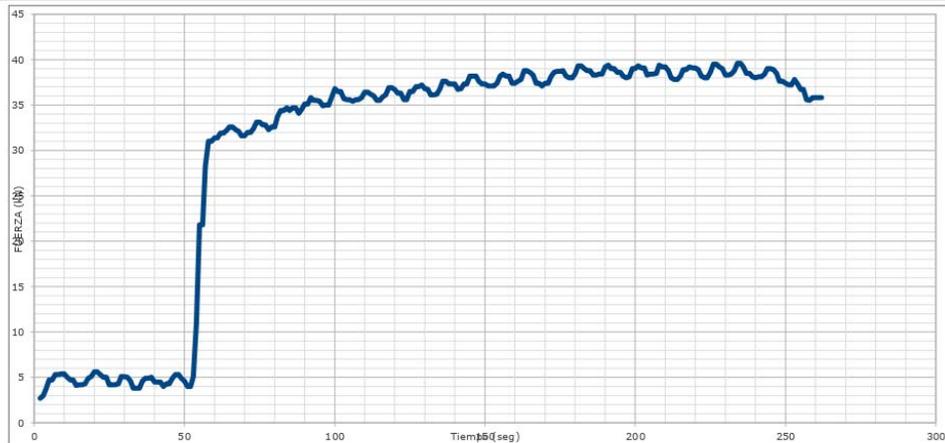
INFORMACIÓN GENERAL

ID. MUESTRA	N.A.
CLIENTE	Indeterminado
PROYECTO	Indeterminado

ASPECTOS DIMENSIONALES DEL ENSAYO

LADO 1	20,45	mm	FUERZA MÁXIMA	39,6	Kn
LADO 2	3,9	mm	ESFUERZO MÁXIMO	496,521	MPa
ÁREA	79,755	mm ²			

GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO



OBSERVACIONES:

LABORATORISTA	Administrador del sistema	DIRECTOR LABORATORIO	
---------------	---------------------------	----------------------	--



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES FAC

Código

Revisión No.

Fecha Revisión

ENSAYO DE TENSIÓN - PROBETA RECTANGULAR

FECHA IMPRESIÓN	2019-05-27	No. ENSAYO	MATERIAL
FECHA ENSAYO	2019-05-23	215	Indeterminado

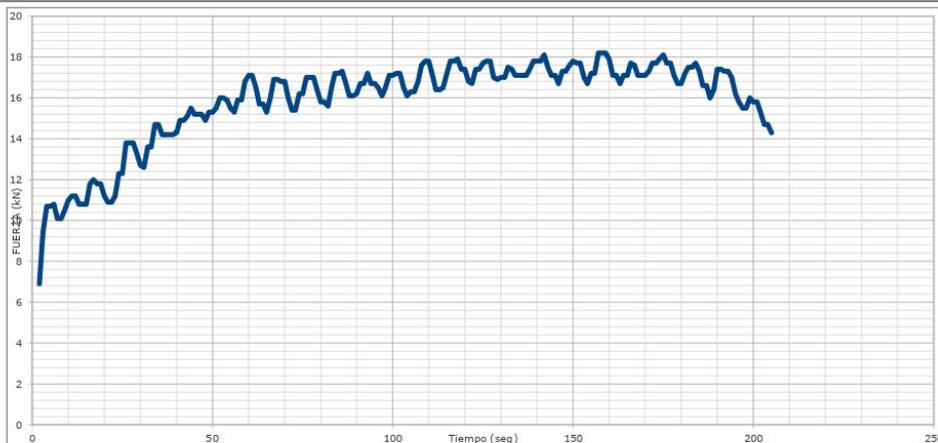
INFORMACIÓN GENERAL

ID. MUESTRA	1
CLIENTE	Indeterminado
PROYECTO	Indeterminado

ASPECTOS DIMENSIONALES DEL ENSAYO

LADO 1	20,45	mm	FUERZA MÁXIMA	18,2	Kn
LADO 2	3,9	mm	ESFUERZO MÁXIMO	228,199	MPa
ÁREA	79,755	mm ²			

GRÁFICA FUERZA vs. TIEMPO



OBSERVACIONES:

LABORATORISTA

Administrador del sistema

DIRECTOR LABORATORIO

Referencias

- Acebes, C. (2015). *El Aluminio Monografía*. Descargado 2019-05-14, de <https://es.scribd.com/document/302907691/El-Aluminio-Monografia>
- Arroyo C, G. V. E. M., Elena R, y Benítez, P. (2012). Síntesis microquímica y microelectroquímica de acetato de cobre(II) a partir de vinagre: Un ejemplo de química verde. *Educación química*, 23, 127–135. Descargado 2019-05-07, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-893X2012000500005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Brearely, A., Grace, G., Jiménez, F., y Sem, H. (2013). *Propiedades del acero inoxidable*. Descargado 2019-05-07, de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3319/55868-4.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Cabrera, R. P. (2006). Protección contra la Corrosión Mediante el Empleo de Inhibidores. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 9(1), 25–32.
- Ensayo de Traccion Inen 109*. (2013). Descargado 2019-05-14, de <https://es.scribd.com/document/266522548/Ensayo-de-Traccion-Inen-109>
- Garate, D. (2000). Garate D., Jimenez, J.M., Ortiz, J. (2000/02). El arte rupestre paleolítico de la cueva de Arenaza (Galdames, Bizkaia), Kobie (Paleoantropología), nº26, Diputación Foral de Bizkaia, p. 5-64. Descargado 2019-05-07, de https://www.academia.edu/462059/Garate_D._Jimenez_J.M._Ortiz_J._2000_02.._El_arte_rupestre_paleol%C3%ADtico_de_la_cueva_de_Arenaza_Galdames_Bizkaia_Kobie_Paleoantropolog%C3%ADa_no26_Diputaci%C3%B3n_Foral_de_Bizkaia_p._5-64
- Gutiérrez, J. A. (2002). Química de Todos los Días: Un Mundo de Óxidos. , 12(3), 13.
- Heredia Avalos, S. (2011). Experiencias sobre corrosión en metales de uso cotidiano. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 8(extra), 466–475. Descargado 2019-05-07, de <http://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/download/2740/2388> doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.iextra.14
- INEN. (1984). *Recubrimientos metálicos. Determinación del brillo*. Descargado 2019-05-14, de <http://181.112.149.204/buzon/normas/1179.pdf>
- INEN. (2009). *Ensayo de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente*. Descargado 2019-05-14, de <http://181.112.149.204/buzon/normas/109.pdf>
- INEN. (2013a). *Recubrimientos metálicos. Determinación de la adherencia. Métodos de ensayo*. Descargado 2019-05-14, de <https://studylib.es/doc/6201842/recubrimientos-metalicos.-determinacion-de-la-adherencia....>
- INEN. (2013b). *Recubrimientos metálicos. Determinación de la corrosión. Ensayo de exposición atmosférica*. Descargado 2019-05-14, de <http://181.112.149.204/buzon/normas/1192-1.pdf>
- INEN. (2013c). *Recubrimientos metálicos. Determinación del comportamiento a altas temperaturas. Método de ensayo*. Descargado 2019-05-14, de <http://181.112.149.204/buzon/normas/1193-1.pdf>
- Nordberg, G. (2013). METALES: PROPIEDADES QUIMICAS Y TOXICIDAD. , 76.
- Oviedo, Y. R. (2012). Estructura y caracterización de los recubrimientos galvanizados por inmersión en caliente, sobre Aceros. *Revista Digital de Investigación y Post-*

- grado*, 2(5), 368–378. Descargado 2019-05-07, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4210066>
- Paredes, J. L. (2010). El uso de la anodización en materiales. , 7.
- Poveda Martínez, S. (2001). *Acabados Superficiales*. Recuperado de <http://ocw.upm.es/expresion-grafica-en-la-ingenieria>
- Runfolá, M. (2015). *Pátinas: más de trescientos efectos de coloración para joyeros y orfebres*. Promopress. (Google-Books-ID: _FoHrgEACAAJ)
- Salvadó, E. J. (2006). Un fenómeno corrosivo deseable: la atractiva pátina verde de los edificios nórdicos y centroeuropeos. *Anales de la Real Sociedad Española de Química*(4), 68–72. Descargado 2019-05-07, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2160092>



**PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL**

Yo, **Byron Fernando Quituisaca León** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 01053332001. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "**Análisis de óxido metálico para revestimientos en fachadas**" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 12 de julio del 2019


F:
Byron Fernando Quituisaca León
C.I. 0105332001