



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

“UTILIZACIÓN DE VIRUTA DE CUERO EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE FIBROCEMENTO PARA INTERIORES EN LA EMPRESA TUBASEC C.A.”

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:
INGENIERA QUÍMICA**

AUTORES:

CINTHIA DENNISSE ESCOBAR RUIZ

FANNY CARMITA PEÑA BARRETO

DIRECTOR:

CALDERÓN HUGO SEGUNDO

RIOBAMBA - ECUADOR

JULIO - 2016

©2016, Cinthia Dennisse Escobar Ruiz y Fanny Carmita Peña Barreto

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Cinthia Dennisse Escobar Ruiz

Fanny Carmita Peña Barreto

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que el Proyecto de Investigación: “UTILIZACIÓN DE VIRUTA DE CUERO EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE FIBROCEMENTO PARA INTERIORES EN LA EMPRESA TUBASEC C.A.”, de responsabilidad de las Srtas. Cinthia Dennisse Escobar Ruiz y Fanny Carmita Peña Barreto, ha sido minuciosamente revisado por el Director y Miembro del Trabajo de Titulación, quedando autorizada a su presentación.

Ing. Hugo Calderón

**DIRECTOR DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Ing. Mónica Andrade

**MIEMBRO DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**

“Nosotras, CINTHIA DENNISSE ESCOBAR RUIZ Y FANNY CARMITA PEÑA BARRETO, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente proyecto; y el patrimonio del Trabajo de Titulación pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO y a la EMPRESA TUBASEC C.A.”

CINTHIA DENNISSE ESCOBAR RUIZ
FANNY CARMITA PEÑA BARRETO

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotras, CINTHIA DENNISSE ESCOBAR RUIZ Y FANNY CARMITA PEÑA BARRETO, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que el resultado del mismo es auténtico y original. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autoras, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 08 de Agosto del 2016

Cinthia Dennisse Escobar Ruiz

CI: 180414152-9

Fanny Carmita Peña Barreto

CI: 060344436-5

DEDICATORIA

A Dios, por esta oportunidad de vivir, por llenarme de personas que me quieren y por todo lo bueno que tengo en esta vida.

A mis Padres: Rosa Barreto y Melchor Peña (QEPD), por todo el amor, el apoyo incondicional y la confianza que han puesto siempre en mí, y aunque hoy mi papito ya no está conmigo, todo lo que soy se lo debo a él.

A mis Hermanas Anita y Patricia, por estar conmigo y apoyarme siempre, las quiero, de igual manera a mis Sobrinos Sarita, Carolina y Sebastián, para que vean en mí un ejemplo a seguir.

A mi Cusi José Molina, por su amor y apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida.

A mi Negrita Cinthia Escobar, amiga, hermana del alma, por tu apoyo, por todas las locuras juntas, siempre estarás presente en mí.

A todos aquellos familiares y amigos por su apoyo, por estar siempre conmigo en buenos y malos momentos. Ustedes saben quiénes son.

CARMITA

DEDICATORIA

A mi madre, Magi Ruiz. Tu amor, constancia, tenacidad y valor me guiaron para ser la persona que hoy soy y alcanzar mis sueños sin temor a las dificultades. Eres la mejor madre del mundo.

A mi padre, Jorge Escobar, por ser mi apoyo incondicional, aquel que me impulsó a soñar alto y me dio las herramientas para enfrentar la vida. Te quiero.

Amados padres, ustedes son mi fortaleza y mi vida entera. El mejor ejemplo a seguir.

A mis queridos hermanos, Erik y Carol, cada momento de mi vida con ustedes es siempre una aventura llena de amor y locuras. Los amo.

A Rolando, que ha sido mi compañero incondicional, brindándome su amor y su apoyo en las buenas y las malas.

A mi hermana del alma Carmita, terminamos esta etapa juntas y aunque el destino nos lleve por diferentes caminos, siempre estarás en mi corazón.

A todos los familiares y amigos que de una u otra forma siempre han estado allí, dándome su aliento y sus buenas vibras.

DENNISSE

AGRADECIMIENTO(S)

A Dios, por regalarnos el soplo de vida y por hacer posible este sueño.

A nuestros padres, por todo su amor, paciencia, bondad y sacrificio para que culmináramos con nuestra carrera, gracias por todo, todo lo que somos es porque ustedes lo hicieron posible.

A la empresa TUBASEC C.A. y a su Director de Fábrica Ing. Francisco Pérez por darnos la apertura, autorización y por las facilidades otorgadas para la realización de este proyecto. De igual manera al Ing. Paul Palmay y al Ing. Fernando Orozco, por su valioso asesoramiento y de manera especial al Departamento de Metalurgia, un agradecimiento profundo al Sr. Luis Estrada por su apoyo incondicional.

Al Ing. Marco Buestán en calidad de representante de la Curtiduría Tungurahua S.A, por su apoyo durante la realización de este proyecto.

Al Ing. Hugo Calderón, Director del proyecto y a la Ing. Mónica Andrade, Colaboradora, quienes nos han orientado, apoyado y corregido en nuestra labor científica con un interés y una entrega que han sobrepasado, con mucho, todas las expectativas que, como alumnas, depositamos en sus personas.

A todas aquellas personas que ayudaron de manera directa e indirecta en la realización de este proyecto, gracias.

Carmita y Dennisse

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1.- Identificación del problema	1
1.2.- Justificación del proyecto	2
1.3.- Objetivos.....	3
1.3.1.- <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2.- <i>Objetivos específicos</i>	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1.- Antecedentes de la investigación.....	4
2.2.- Marco conceptual	5
2.2.1.- <i>Proceso de producción del cuero</i>	5
2.2.2.- <i>Empresa TUBASEC C.A.</i>	9
2.2.3.- <i>Proceso de producción de las placas de fibrocemento en la Empresa TUBASEC C.A.</i>	13
2.2.4.- <i>Elaboración de probetas a nivel de laboratorio en la Empresa TUBASEC C.A.</i>	15
2.2.5.- <i>Normas Técnicas Ecuatorianas</i>	23
2.2.6.- <i>Herramientas estadísticas</i>	23
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	26
3.1.- Hipótesis y especificación de las variables.....	26
3.1.1.- <i>Hipótesis general</i>	26
3.1.2.- <i>Hipótesis específicas</i>	26
3.1.3.- <i>Identificación de las variables</i>	26
3.1.4.- <i>Operacionalización de variables</i>	28
3.1.5.- <i>Matriz de consistencia</i>	29
3.2.- Tipo y diseño de investigación	31
3.3.- Unidad de análisis.....	32

3.4.- Población de estudio	33
3.5.- Tamaño de muestra.....	33
3.6.- Selección de muestra	33
3.7.- Técnicas de recolección de datos	34
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1.- Análisis de resultados	35
4.1.1.- <i>Probetas estándares</i>	35
4.1.2.- <i>Probetas con: 76,17% cemento; 3,58% toba; 5% viruta de cuero y 15,25% aditivos.</i>	40
4.1.3.- <i>Probetas con: 76,17% cemento; 3,58% toba; 6% viruta de cuero y 14,25% aditivos.</i>	47
4.1.4.- <i>Probetas con: 76,17% cemento; 3,58% toba; 7% viruta de cuero y 13,25% aditivos.</i>	54
4.1.5.- <i>Probetas con: 76,17% cemento; 2,09% toba; 10% viruta de cuero y 11,74% aditivos.</i>	61
4.1.6.- <i>Probetas con: 76,17% cemento; 2,58% toba; 13,66% viruta de cuero y 7,59% aditivos.</i>	68
4.1.7.- <i>Análisis: Probetas estándares vs probetas a 5%, 6%, 7%, 10% y 13,66% de concentración de viruta de cuero</i>	75
4.1.8.- <i>Análisis mejor resultado técnico</i>	76
4.2.- Pruebas de hipótesis	79
4.2.1.- <i>Hipótesis específicas</i>	79
4.3.- Discusión de resultados	84
CAPÍTULO V. IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	86
5.1.- Propuesta para la solución del problema	86
5.2.- Costos de implementación de la propuesta	86
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	89

BIBLIOGRAFÍA	90
GENERAL.....	90
ESPECÍFICA	91
VIRTUAL.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ESTUDIOS CON NUEVAS FIBRAS.....	4
TABLA 2. ESTUDIOS CON VIRUTA DE CUERO.....	5
TABLA 3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	28
TABLA 4. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	29
TABLA 5. DOSIFICACIONES.....	32
TABLA 6. NORMAS TÉCNICAS ECUATORIANAS - ENSAYOS EN LÁMINAS PLANAS DE FIBRO- CEMENTO.....	33
TABLA 7. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PROBETAS ESTÁNDARES ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA Y 20,25% ADITIVOS.....	35
TABLA 8. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 5% VIRUTA DE CUERO Y 15,25% ADITIVOS.....	40
TABLA 9. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 5% VIRUTA DE CUERO Y 15,25% ADITIVOS APLICANDO CHI CUADRADO.....	45
TABLA 10. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 6% VIRUTA DE CUERO Y 14,25% ADITIVOS.....	47
TABLA 11. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 6% VIRUTA DE CUERO Y 14,25% ADITIVOS APLICANDO CHI CUADRADO.....	52
TABLA 12. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 7% VIRUTA DE CUERO Y 13,25% ADITIVOS.....	54
TABLA 13. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 7% VIRUTA DE CUERO Y 13,25% ADITIVOS APLICANDO CHI CUADRADO.....	59
TABLA 14. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 2,09% TOBA; 10% VIRUTA DE CUERO Y 11,74% ADITIVOS.....	61
TABLA 15. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 2,09% TOBA; 10% VIRUTA DE CUERO Y 11,74% ADITIVOS APLICANDO CHI CUADRADO.....	66
TABLA 16. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 13,66% VIRUTA DE CUERO Y 7,59% ADITIVOS.....	68

TABLA 17. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 2,58% TOBA; 13,66% VIRUTA DE CUERO Y 7,59% ADITIVOS APLICANDO CHI CUADRADO.....	73
TABLA 18. RESUMEN DE RESULTADOS - CHI CUADRADO.	79
TABLA 19. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS PROBETAS ELABORADAS AL 10% DE VIRUTA DE CUERO Y 90% BASE CEMENTOSA APLICANDO CHI CUADRADO.....	80
TABLA 20. ESPECIFICACIONES DE LAS VARIABLES DE CALIDAD.	82
TABLA 21. MÓDULO DE ROTURA MÍNIMO SEGÚN NORMA NTE INEN 2084:1996.....	83
TABLA 22. COMPARACIÓN DE LOS VALORES PROMEDIOS DE MÓDULO DE ROTURA CALCULADOS CON LA NORMA NTE INEN 2084:1996.	83
TABLA 23. RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.	84

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1. RELACIÓN ENTRE VARIABLES DE CALIDAD: MÓDULO DE ROTURA ASCENDENTE.....	31
GRÁFICA 2. RELACIÓN ENTRE VARIABLES DE CALIDAD: MÓDULO DE ROTURA DESCENDENTE.....	32
GRÁFICA 3. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS EN MUESTRAS ESTÁNDARES	36
GRÁFICA 4. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS EN MUESTRAS ESTÁNDARES.	36
GRÁFICA 5. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 21 DÍAS EN MUESTRAS ESTÁNDARES.	37
GRÁFICA 6. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A 7, 14 Y 21 DÍAS EN MUESTRAS ESTÁNDARES.....	37
GRÁFICA 7. DENSIDAD A 7, 14 Y 21 DÍAS EN MUESTRAS ESTÁNDARES.	38
GRÁFICA 8. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN A 7, 14 Y 21 DÍAS EN MUESTRAS ESTÁNDARES.....	38
GRÁFICA 9. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 5% VIRUTA DE CUERO Y 15,25% ADITIVOS.....	41
GRÁFICA 10. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 5% VIRUTA DE CUERO Y 15,25% ADITIVOS.....	41
GRÁFICA 11. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 5% VIRUTA DE CUERO Y 15,25% ADITIVOS.....	42
GRÁFICA 12. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A 7, 14 Y 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 5% VIRUTA DE CUERO Y 15,25% ADITIVOS.....	42
GRÁFICA 13. DENSIDAD A 7, 14 Y 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 5% VIRUTA DE CUERO Y 15,25% ADITIVOS.	43
GRÁFICA 14. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN A 7, 14 Y 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 5% VIRUTA DE CUERO Y 15,25% ADITIVOS.....	43
GRÁFICA 15. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 6% VIRUTA DE CUERO Y 14,25% ADITIVOS.....	48

GRÁFICA 16. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 6% VIRUTA DE CUERO Y 14,25% ADITIVOS.....	48
GRÁFICA 17. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 6% VIRUTA DE CUERO Y 14,25% ADITIVOS.....	49
GRÁFICA 18. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A 7, 14 Y 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 6% VIRUTA DE CUERO Y 14,25% ADITIVOS.....	49
GRÁFICA 19. DENSIDAD A 7, 14 Y 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 6% VIRUTA DE CUERO Y 14,25% ADITIVOS.	50
GRÁFICA 20. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN A 7, 14 Y 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 6% VIRUTA DE CUERO Y 14,25% ADITIVOS.....	50
GRÁFICA 21. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 7% VIRUTA DE CUERO Y 13,25% ADITIVOS.....	55
GRÁFICA 22. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 7% VIRUTA DE CUERO Y 13,25% ADITIVOS.....	55
GRÁFICA 23. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 7% VIRUTA DE CUERO Y 13,25% ADITIVOS.....	56
GRÁFICA 24. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A 7, 14 Y 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 7% VIRUTA DE CUERO Y 13,25% ADITIVOS.....	56
GRÁFICA 25. DENSIDAD A 7, 14 Y 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 7% VIRUTA DE CUERO Y 13,25% ADITIVOS.	57
GRÁFICA 26. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN A 7, 14 Y 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 7% VIRUTA DE CUERO Y 13,25% ADITIVOS.....	57
GRÁFICA 27. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 2,09% TOBA; 10% VIRUTA DE CUERO Y 11,74% ADITIVOS.....	62
GRÁFICA 28. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 2,09% TOBA; 10% VIRUTA DE CUERO Y 11,74% ADITIVOS.....	62
GRÁFICA 29. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 2,09% TOBA; 10% VIRUTA DE CUERO Y 11,74% ADITIVOS.....	63

GRÁFICA 30. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A 7, 14 Y 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 2,09% TOBA; 10% VIRUTA DE CUERO Y 11,74% ADITIVOS.....	63
GRÁFICA 31. DENSIDAD A 7, 14 Y 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 2,09% TOBA; 10% VIRUTA DE CUERO Y 11,74% ADITIVOS.	64
GRÁFICA 32. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN A 7, 14 Y 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 2,09% TOBA; 10% VIRUTA DE CUERO Y 11,74% ADITIVOS.....	64
GRÁFICA 33. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 2,58% TOBA; 13,66% VIRUTA DE CUERO Y 7,59% ADITIVOS.....	69
GRÁFICA 34. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 2,58% TOBA; 13,66% VIRUTA DE CUERO Y 7,59% ADITIVOS.....	69
GRÁFICA 35. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A LOS 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 2,58% TOBA; 13,66% VIRUTA DE CUERO Y 7,59% ADITIVOS.....	70
GRÁFICA 36. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN A 7, 14 Y 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 2,58% TOBA; 13,66% VIRUTA DE CUERO Y 7,59% ADITIVOS.....	70
GRÁFICA 37. DENSIDAD A 7, 14 Y 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 2,58% TOBA; 13,66% VIRUTA DE CUERO Y 7,59% ADITIVOS.	71
GRÁFICA 38. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN A 7, 14 Y 21 DÍAS EN PROBETAS ELABORADAS: 76,17% CEMENTO; 2,58% TOBA; 13,66% VIRUTA DE CUERO Y 7,59% ADITIVOS.....	71
GRÁFICA 39. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN: ESTÁNDARES VS PROBETAS 5%, 6%, 7%, 10% Y 13,66% DE VIRUTA DE CUERO.	75
GRÁFICA 40. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN: PROBETAS ESTÁNDARES VS PROBETAS 5%, 6%, 7%, 10% Y 13,66% DE VIRUTA DE CUERO.....	75
GRÁFICA 41. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN: ESTÁNDARES VS PROBETAS 13,66% DE VIRUTA DE CUERO.	76
GRÁFICA 42. DENSIDAD: ESTÁNDARES VS PROBETAS 13,66% DE VIRUTA DE CUERO.	77
GRÁFICA 43. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN: ESTÁNDARES VS PROBETAS 13,66% DE VIRUTA DE CUERO.	78

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1. CUERO.....	5
FOTOGRAFÍA 2. VIRUTAS DE CUERO	7
FOTOGRAFÍA 3. WET BLUE.....	7
FOTOGRAFÍA 4. ADOQUÍN.....	9
FOTOGRAFÍA 5. ECUATEJA.....	9
FOTOGRAFÍA 6. EUROLIT	10
FOTOGRAFÍA 7. EUROTABLERO	10
FOTOGRAFÍA 8. EUROTANK	11
FOTOGRAFÍA 9. TECHOLUZ.....	11
FOTOGRAFÍA 10. COMPLEJO INDUSTRIAL TUBASEC C.A.....	12
FOTOGRAFÍA 11. ALMACENAMIENTO DE LAS LÁMINAS	13
FOTOGRAFÍA 12. TIPOS DE AMIANTO	15
FOTOGRAFÍA 13. CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO TIPO IP	16
FOTOGRAFÍA 14. FIBRAS DE CRISOTILO	16
FOTOGRAFÍA 15. PASTA DE FIBROCEMENTO	17
FOTOGRAFÍA 16. ÚTIL Y BOMBA PARA FILTRACIÓN AL VACÍO	18
FOTOGRAFÍA 17. MEZCLADO.....	18
FOTOGRAFÍA 18. EQUIPO PARA MEDICIÓN DE MÓDULO DE ROTURA (PRENSA HIDRÁULICA UNIVERSAL)	19
FOTOGRAFÍA 19. MOLDEO DE LA PROBETA.....	20
FOTOGRAFÍA 20. PRENSA HIDRÁULICA	20
FOTOGRAFÍA 21. PROBETA DE FIBROCEMENTO.....	21
FOTOGRAFÍA 22. TOBA	21
FOTOGRAFÍA 23. ÚTIL PARA SIMULACIÓN DE FILTRACIÓN AL VACÍO	22

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. NTE INEN 2079:1996 - LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES.	95
ANEXO 2. NTE INEN 2080:1996 - LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA.	101
ANEXO 3. NTE INEN 2082:1996 - LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD.	110
ANEXO 4. NTE INEN 2084:1996 - LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. REQUISITOS.....	116
ANEXO 5. NTE INEN 152:2012 – CEMENTO PORTLAND. REQUISITOS.	124
ANEXO 6. EJEMPLO DISTRIBUCIÓN CHI CUADRADO.....	141
ANEXO 7. TABLA DE DISTRIBUCIÓN CHI CUADRADO.....	143
ANEXO 8. ANÁLISIS DE CROMO TOTAL EN LA MUESTRA DE LAS PROBETAS ELABORADAS CON VIRUTA DE CUERO WET BLUE A NIVEL DE LABORATORIO.	144

ÍNDICE DE APÉNDICES

APÉNDICE 1. ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS A NIVEL DE LABORATORIO.....	146
APÉNDICE 2. PROBETAS A DIFERENTE CONCENTRACIÓN DE VIRUTA DE CUERO	147
APÉNDICE 3. TOMA DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA, DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE LAS PROBETAS.....	148
APÉNDICE 4. REGISTRO UTILIZADO PARA LA TOMA DE DATOS.	149

SIMBOLOGÍA

A	ancho de la probeta
Abs.	absorción
cm	centímetros
Cr	cromo
e	espesor de la probeta
g	gramos
Hi	hipótesis alternativa
Ho	hipótesis nula
Kg	kilogramos
L	distancia entre apoyos
mm	milímetros
MOR	módulo de rotura
MPa	megapascales
N	newtons
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
P	carga promedio
PC	punto de control
Vir.	viruta de cuero
ρ	densidad

RESUMEN

La utilización de viruta de cuero en la elaboración de productos de fibrocemento para interiores en la Empresa TUBASEC C.A. nace con la necesidad de encontrar nuevas fibras capaces de reemplazar al crisotilo, esto debido ante una posible prohibición de este material en el país.

Este proyecto basado en otras experiencias a nivel internacional, arrojó resultados positivos que alientan a continuar con la investigación utilizando este material.

Las pruebas se realizaron a nivel de laboratorio, utilizando técnicas y equipos que simularon el proceso real. Con la ayuda de la empresa, se seleccionó como producto de prueba la lámina plana para interiores, cuya dosificación fue adaptada para la inclusión de viruta de cuero a cinco concentraciones diferentes. Las probetas elaboradas fueron evaluadas a los 7, 14 y 21 días de adquisición de resistencia. Las variables evaluadas fueron resistencia a la flexión o módulo de rotura, densidad y absorción.

Los resultados fueron comparados con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2084:1996 correspondiente a Láminas planas de fibro-cemento. Requisitos; con la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. y con el método estadístico del Chi Cuadrado.

Al final de la investigación, las variables de calidad de las probetas, en especial la correspondiente a resistencia a la flexión o módulo de rotura; ubicó a las mismas en la Categoría 1, Tipo B acorde a la Norma Técnica Ecuatoriana antes mencionada.

ABSTRACT

The use of leather shavings in the production of indoor fiber cement products for the TUBASEC C.A. company emerges with the need to find new fibers capable of replacing chrysotile; this due to a possible ban of this material in the country.

The project, based on other international experiences, showed positive results that encourage further research using this material.

Tests were performed in the laboratory, using techniques and equipment that simulated the actual process. With help of the company, the interior flat sheet was selected as the test product, whose dosage was adapted for the inclusion of leather shavings at five different concentrations. The specimens prepared were evaluated at 7, 14 and 21 days of resistance acquisition. The variables evaluated were flexural strength or modulus of rupture, density and absorption.

The results were compared with the Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 2084: 1996 corresponding to fiber cement flat sheets. Requirements; with the Internal Standard of the TUBASEC C.A. company and the Chi Square statistical method.

At the conclusion of the investigation the quality variables of the specimens, particularly the corresponding flexural strength or modulus of rupture, stood in Category 1, Type B according to the aforementioned Ecuadorian Technical Standard.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1.- Identificación del problema

¿Es posible que la viruta de cuero pueda sustituir al crisotilo en la producción de láminas planas de fibrocemento?

El crisotilo brinda a los productos de fibrocemento una mayor resistencia, durabilidad y un mejor acabado, estas son las principales características por las cuales se lo utiliza ampliamente en esta industria.

El fibrocemento es un material de la construcción manufacturado en base a una fase dispersa en porcentaje en peso: crisotilo, 7%; cemento 76,17% y aditivos 16,83%.

La Empresa TUBASEC C.A. utiliza como parte de su materia prima el crisotilo para la fabricación de sus productos de fibrocemento.

En su afán de promover la mejora continua y la innovación de sus productos, la Empresa TUBASEC C.A. está en la búsqueda de nuevos materiales que puedan servir como sustitutos del crisotilo para la fabricación de sus productos a base de fibrocemento.

La necesidad de buscar nuevas alternativas en materiales que reemplacen al crisotilo viene por la posibilidad de que el crisotilo sea incluido como material peligroso dentro de la Normativa Ecuatoriana.

1.2.- Justificación del proyecto

El presente proyecto busca de manera experimental comprobar si la sustitución del crisotilo por virutas de cuero en la fabricación de láminas planas de fibrocemento dará como resultado láminas planas con características similares a las que se producen actualmente. Para poder comprobar esto se evaluarán las variables de calidad que tendrán dichas láminas y se compararán las variables obtenidas con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2084:1996 correspondiente a Láminas planas de fibrocemento. Requisitos, con la cual se elaboran en la actualidad las láminas planas de fibrocemento en la Empresa TUBASEC C.A.

La importancia de realizar este proyecto de investigación se enfoca no sólo en la necesidad que tiene la Empresa TUBASEC C.A. de buscar nuevas materias primas sustitutas ante una posible prohibición que tendría el uso del crisotilo en nuestro país, también abarca la revalorización de un desecho proveniente de la Curtiduría Tungurahua S.A, que se genera en gran cantidad: las virutas de cuero; ya que estas la mayoría de veces terminan en los botaderos de basura.

Investigaciones en Brasil han demostrado que las virutas de cuero pueden ser utilizadas en la fabricación de productos de base cementosa.

Los principales beneficiados con el proyecto en el caso de que se tengan buenos resultados serían la Empresa TUBASEC C.A y la Empresa Curtiduría Tungurahua S.A.

La elaboración de las probetas de prueba se realizará a nivel de laboratorio utilizando equipos y útiles que simulen el proceso en planta.

1.3.- Objetivos

1.3.1.- Objetivo general

Utilizar la viruta de cuero en la elaboración de productos de fibrocemento para interiores en la Empresa TUBASEC C.A.

1.3.2.- Objetivos específicos

- Determinar de forma experimental la composición porcentual adecuada de viruta de cuero para la elaboración de láminas planas de fibrocemento.
- Identificar las variables de calidad de las láminas planas de fibrocemento fabricadas utilizando viruta de cuero.
- Comparar las variables de calidad de las láminas planas fabricadas con viruta de cuero con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2084:1996 correspondiente a Láminas planas de fibrocemento. Requisitos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1.- Antecedentes de la investigación

El crisotilo o amianto blanco es un mineral fibroso no metálico del grupo de los silicatos que comparte todas las características de los asbestos, con una gran diferencia: la forma de sus fibras.

La Empresa TUBASEC C.A. está realizando pruebas con fibra sintética con el fin de reemplazar al crisotilo. Todavía no se obtienen resultados de dichas pruebas.

A nivel internacional, se han realizado estudios sobre la utilización de diferentes fibras en bases cementosas.

En España se realizó estudios con nuevas fibras que reemplacen al amianto, una de estas fibras es la Sepiolita. El estudio realizado se menciona en la siguiente tabla:

Tabla 1. Estudios con nuevas fibras.

Nombre del Estudio	Tipo	Autor	Fecha
Efecto de la sepiolita y de nuevas fibras alternativas celulósicas en el comportamiento de suspensiones de fibrocemento.	Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid	<ul style="list-style-type: none">Rocío Jarabo Centenero	Octubre 2012

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

Las virutas de cuero son residuos provenientes de la industria de la curtiembre, están compuestas principalmente por el complejo colágeno-Cr.

En Brasil se han realizado estudios sobre la utilización de virutas de cuero en base cementosa, obteniéndose resultados satisfactorios. Se mencionan a continuación dos estudios:

Tabla 2. Estudios con viruta de cuero.

Nombre del Estudio	Tipo	Autor	Fecha
Caracterización de humedad en virutas de cuero Wet Blue y su potencial uso en morteros de cemento Portland.	Artículo Científico	<ul style="list-style-type: none"> • Wagner Agnelo Porfirio • Alexandre Silva de Vargas • Patrice de Monteiro Aquim 	Junio 2011
Incorporación de residuos “virutas de cuero” en materiales de construcción.	Tesis para la obtención de un título de Maestría en Ingeniería Industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Emilio Shizuo Fujikawa 	Noviembre 2002

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

2.2.- Marco conceptual

2.2.1.- Proceso de producción del cuero

Cuero: Piel tratada mediante curtido.



Fotografía 1. Cuero

Fuente. <http://meyproducciones.com/?p=14152>

Curtición: proceso por el cual se estabiliza el colágeno de la piel mediante agentes curtientes minerales o vegetales, siendo las sales de cromo las más utilizadas.

Descarnado: es una operación mecánica en la que se retiran las carnazas de la piel. Estas carnazas son tejidos adiposos, subcutáneos, musculares y sebos adheridos a la cara interna de la piel. Esta operación se lleva a cabo de manera mecánica mediante máquinas descarnadoras.

Desencalado: El desencalado permite detener el hinchamiento de la piel además de remover la cal, productos alcalinos y de la piel. Para conseguir el objetivo se limpian las pieles con agua limpia con solución de sulfato de amonio y ácidos.

Dividido: En esta etapa del proceso se divide la piel en dos capas, la piel hinchada y depilada separando la flor de la piel, la cual es la parte de la piel que está en contacto con la carne.

Escurrido: operación mecánica que se realiza a través de una máquina de escurrir que posee fieltros especiales que reducen la cantidad de humedad del wet blue.

Pelambre: Las pieles pasan a un baño en el cual se agitan las pieles con una solución de sulfuro de sodio y cal hidratada durante un período de 17 a 20 horas. Este proceso se lleva a cabo para hinchar la epidermis y así retirar el pelo del cuero.

Piquelado: tiene como fin evitar el hinchamiento de las pieles y así se puedan impregnar las sales de cromo entre las células de la piel.

Purga: es una etapa enzimática en la cual se remueve los restos de raíces del pelo en la piel y elimina las proteínas no colágenas para adecuar la textura de la piel.

Rebajado: es una regulación mecánica, mediante la cual se le da el calibre final al cuero, utilizando una maquina provista de cuchillas que giran a gran velocidad, produciéndose las virutas de wet blue que son residuos sólidos con contenido de cromo.

Remojo: La piel del animal es remojada en un baño de agua al cual se añaden bactericidas, humectantes y detergentes. Este proceso tiene como objetivo limpiar las pieles de sangre y estiércol que estén adheridos al pelo, remover la sal de la piel y además hidratar las pieles para facilitar el proceso del curtido.

Viruta de cuero: se conoce también como virutas de wet blue y son residuos sólidos producidos por las máquinas rebajadoras.



Fotografía 2. Virutas de cuero

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

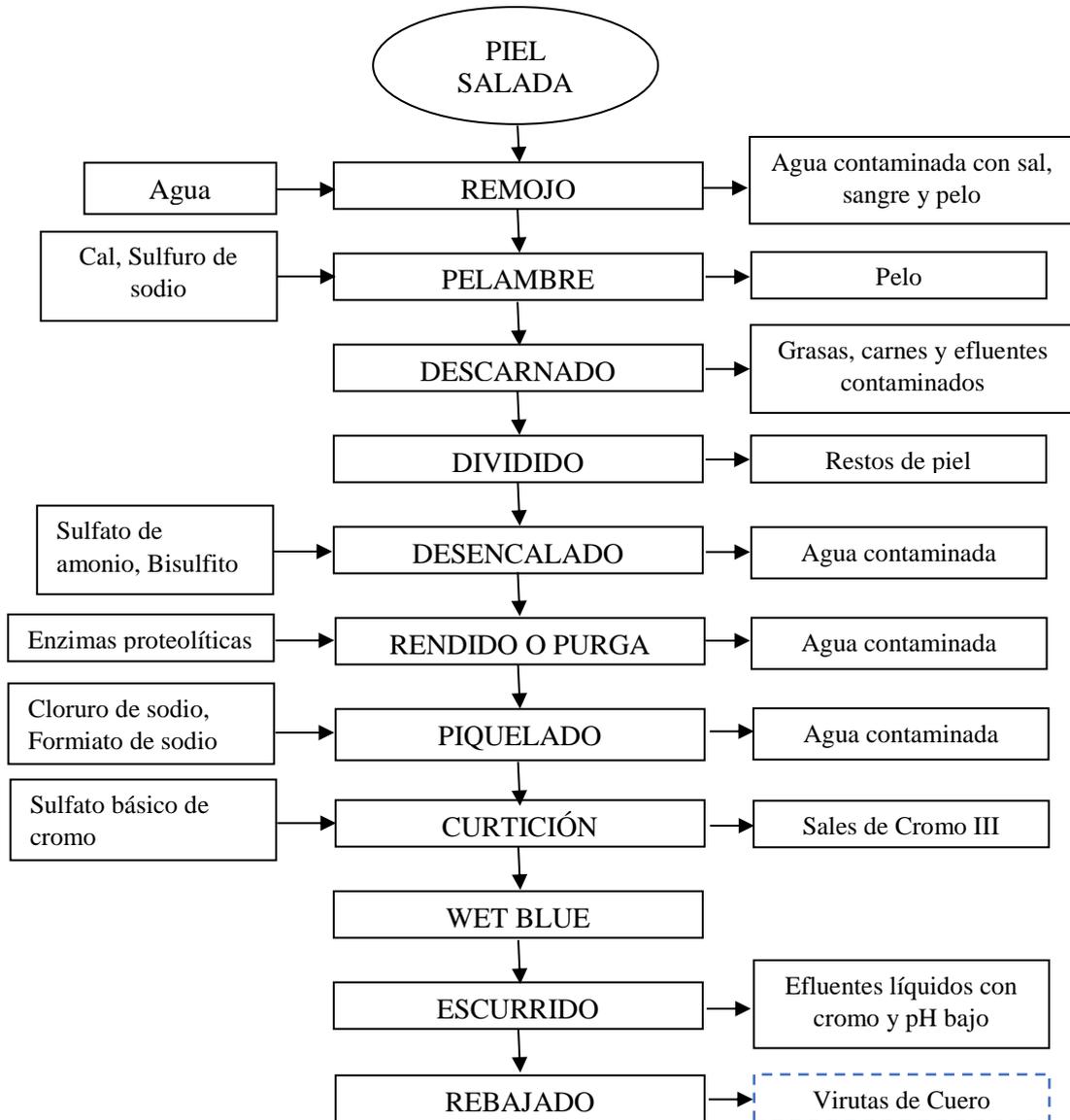
Wet blue: también se conoce como piel curtida al cromo o azul húmedo, en esta etapa del proceso la piel putrescible se transforma en cuero evitando la descomposición.



Fotografía 3. Wet Blue

Fuente. http://www.ukclassifieds.co.uk/wet_blue_leather_exporter_producers-o2543178.html

2.2.1.1.- Diagrama de flujo – proceso de producción de cuero.



2.2.2.- Empresa TUBASEC C.A.

Adoquín: Bloque utilizado para pavimentación.



Fotografía 4. Adoquín

Fuente. www.tubasec.com

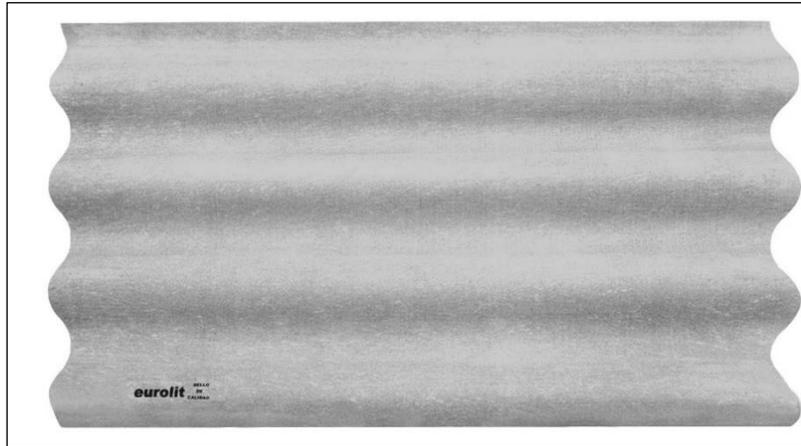
Ecuateja: Tejas de hormigón.



Fotografía 5. Ecuateja

Fuente. www.tubasec.com

Euroolit: Techos ondulados de fibrocemento.



Fotografía 6. Euroolit

Fuente. www.tubasec.com

Eurotablero: Placas planas de fibrocemento para interiores y exteriores.



Fotografía 7. Eurotablero

Fuente. www.tubasec.com

Eurotank: Tanques de polietileno.



Fotografía 8. Eurotank

Fuente. www.tubasec.com

Techoluz: Techos de polipropileno.



Fotografía 9. Techoluz

Fuente: www.tubasec.com

TUBASEC C.A.: Tuberías de Asbesto del Ecuador. TUBASEC C.A. empresa ecuatoriana que contribuye desde hace más de tres décadas al desarrollo del Ecuador, ubicada en la Avenida Circunvalación y Vía a Chambo de la ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo; inició su actividad con su línea de tuberías, llevando agua potable a todos los rincones del país. Y con el fin de proporcionar variedad en los productos, la empresa se especializó en los diferentes tipos de cubiertas. Su primer paso lo hizo con los prestigiosos techos de fibrocemento marca Eurolit, reconocidos como los más fuertes y resistentes del mercado.

Después de introducir en el mercado su línea Eurolit, TUBASEC C.A., amplió su gama de actividades con la fabricación de tejas de hormigón marca Ecuateja, las mismas cuentan con la característica de tener color integrado en la masa y la resistencia y calidad acostumbrada en todos sus techos; pero añadiéndole a la vivienda la nota de clase, elegancia y belleza. La incorporación a esta nueva actividad se efectuó mediante la adquisición de la fábrica e instalaciones que estaban radicadas en Quito y que inmediatamente fueron trasladadas a su complejo industrial de Riobamba. La política de desarrollo y diversificación no paró ahí, sino que se vio acrecentada con la incorporación de los tanques de polietileno marca Eurotank e Hipotank que se complementan con la gama de tanques de fibrocemento, convirtiendo así a TUBASEC C.A. en el único fabricante en ofrecer la gama completa de tanques tanto, en fibrocemento como en polietileno.



Fotografía 10. Complejo Industrial TUBASEC C.A.

Fuente. www.tubasec.com

2.2.3.- Proceso de producción de las placas de fibrocemento en la Empresa TUBASEC C.A.

Almacenamiento: Colocar las láminas terminadas en el lugar asignado para su almacenamiento.



Fotografía 11. Almacenamiento de las láminas

Fuente. www.tubasec.com

Desmoldeo: Cuando el material ha tenido el tiempo suficiente de fraguado para obtener sus propiedades finales, es sacada de los moldes metálicos y dispuestos en los lugares de almacenamiento para su respectiva selección y control de calidad.

Formación de la lámina: En esta etapa se transforma la pasta en lámina con la ayuda de un rodillo. La pasta atraviesa el rodillo y se forman capas finas que se superponen hasta lograr el espesor deseado.

Fraguado: El proceso de fraguado (o envejecimiento) de los productos de asbesto-cemento, es un procedimiento similar al usado, en los materiales de concreto, sin embargo este presenta un mejor control. La sílice de flúor y el cemento reaccionan dentro de la etapa de fraguado formando un producto cristalino en lugar de un cemento gelatinoso, también se forma silicato hidratado de calcio, al reaccionar el hidróxido de calcio (formado por reacciones del cemento con el agua) y la sílice.

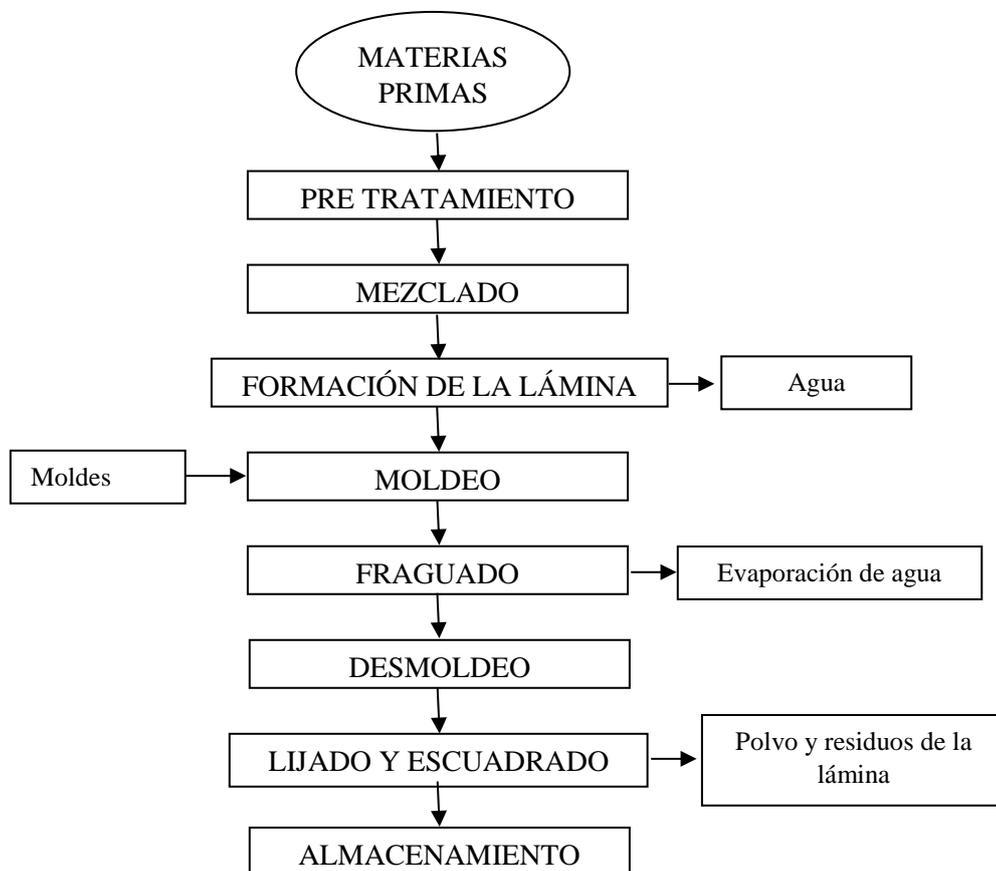
Lijado y escuadrado: En esta etapa se pule el contorno y la superficie de las láminas para el acabado final.

Mezclado: Adición de cemento, celulosa y otros agregados para obtener la pasta. En esta etapa se realiza la composición de la pasta para la producción.

Moldeo: Colocación de las láminas extraídas del rodillo en moldes.

Pre-tratamiento: Es la primera etapa en la formación de la pasta. Se adiciona amianto y agua al mezclador.

2.2.3.1.- Diagrama de flujo – proceso de producción de las placas de fibrocemento en la Empresa TUBASEC C.A.



2.2.4.- *Elaboración de probetas a nivel de laboratorio en la Empresa TUBASEC C.A.*

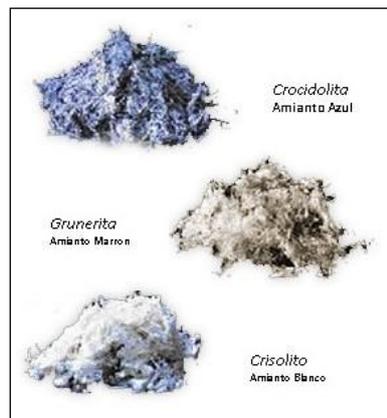
Absorción: Cantidad de agua absorbida por la probeta sumergida en el agua durante 24 horas. Se expresa como un porcentaje del peso del material seco, que es capaz de absorber, de modo que se encuentre el material saturado superficialmente seco. Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\%Abs = \frac{\text{Peso saturado} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} * 100$$

Dónde:

%Abs = Porcentaje de absorción (%).

Amianto: Nombre de un grupo de minerales metamórficos fibrosos. Están compuestos de silicatos de cadena doble. Es una fibra natural que por sus características técnicas excepcionales, se ha utilizado en múltiples aplicaciones en construcción, industria y productos de gran consumo.



Fotografía 12. Tipos de amianto

Fuente. <http://demolicionescordoba.es/servicios/gestion-integral-del-amianto/>

Celulosa: Biopolímero compuesto exclusivamente de moléculas de β -glucosa.

Cemento: Conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. El producto resultante de la molienda de estas rocas es llamada clinker y se convierte en cemento cuando se le agrega yeso para que adquiera la propiedad de fraguar al añadirle y endurecerse posteriormente.

Cemento Portland: Conglomerante o cemento hidráulico que cuando se mezcla con áridos, agua y fibras de acero discontinuas y discretas tiene la propiedad de conformar una masa pétreo resistente y duradera denominada hormigón. (Ver Anexo 5).



Fotografía 13. Cemento Portland Puzolánico Tipo IP

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

Crisotilo: Conocido también como amianto blanco es una fibra mineral del grupo de los Silicatos, subgrupo Filosilicatos y dentro de ellos es una serpentina-caolinita. Es un hidroxil-silicato de magnesio, con sustituciones parciales del magnesio por hierro. Es el único tipo de asbesto que se comercializa.



Fotografía 14. Fibras de crisotilo

Fuente. <http://www.associazioneitalianaespostiamianto.org/eventi/amianto-crisotilo-cechi-ancora-lo-difende-e-chi-lo-vuole-bandire>

Densidad aparente: Masa seca por unidad de volumen basada en el volumen de la probeta calculado por desplazamiento de agua o su equivalente. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso saturado} - \text{Peso bajo agua}}$$

Dónde:

ρ : Densidad (g/cm³)

Espesor: Anchura o grosor de un cuerpo sólido.

Fibro cemento: Material utilizado en la construcción, constituido por una mezcla de un aglomerante inorgánico hidráulico (cemento) o un aglomerante de silicato de calcio que se forma por la reacción química de un material silíceo y un material calcáreo, reforzado con fibras orgánicas, minerales y/o fibras inorgánicas sintéticas.



Fotografía 15. Pasta de fibrocemento

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

Filtración: Proceso unitario de separación de sólidos en una suspensión por medio de un medio mecánico poroso (filtro).

Filtración al vacío: Técnica de separación de mezclas sólido-líquido en la cual se aplica con una bomba un vacío que succiona la mezcla quedando el sólido atrapado entre los

poros del filtro. El resto de la mezcla atraviesa el filtro y queda depositada en el fondo del recipiente.



Fotografía 16. Útil y bomba para filtración al vacío

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

Matriz: Red formada en el fibrocemento por el entrecruzamiento de amianto y celulosa que retiene los sólidos.

Mezclado: Homogenización del cemento, celulosa y otros agregados para obtener la pasta.



Fotografía 17. Mezclado

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

Módulo de rotura: Carga máxima/ unidad de área de la sección transversal a la rotura, bajo condiciones de carga de flexión. El módulo de rotura se refiere como la resistencia al doblamiento o resistencia a la flexión. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$MOR = \frac{3PL}{2A * e^2}$$

Dónde:

MOR = Módulo de rotura (N/m²).

P = Carga promedio (N).

L = Distancia entre apoyos. (0.215 m de acuerdo a la Norma NTE INEN 2080-1996).

A = Ancho de la probeta (0.25 m de acuerdo a la Norma NTE INEN 2080-1996).

e = Espesor de la probeta (m).



Fotografía 18. Equipo para medición de módulo de rotura (Prensa Hidráulica Universal)

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

Moldeo: Formación de la probeta con la ayuda de un marco de dimensiones normadas.



Fotografía 19. Moldeo de la probeta

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

Molido: Recuperado del proceso.

Prensado: Separación de líquido de un sistema de dos fases de sólido-líquido mediante la compresión, en condiciones que permiten que el líquido escape al mismo tiempo que se retiene el sólido entre las superficies de compresión.



Fotografía 20. Prensa Hidráulica

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

Probeta: Lámina plana de fibrocemento de medidas normadas destina a pruebas de calidad.

Probeta Estándar: Lámina plana de medidas normadas que sirve de patrón, modelo o punto de referencia para medir o valorar las probetas con cambio de composición.



Fotografía 21. Probeta de fibrocemento

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

Toba: Roca volcánica molida con contenido de carbonatos.



Fotografía 22. Toba

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

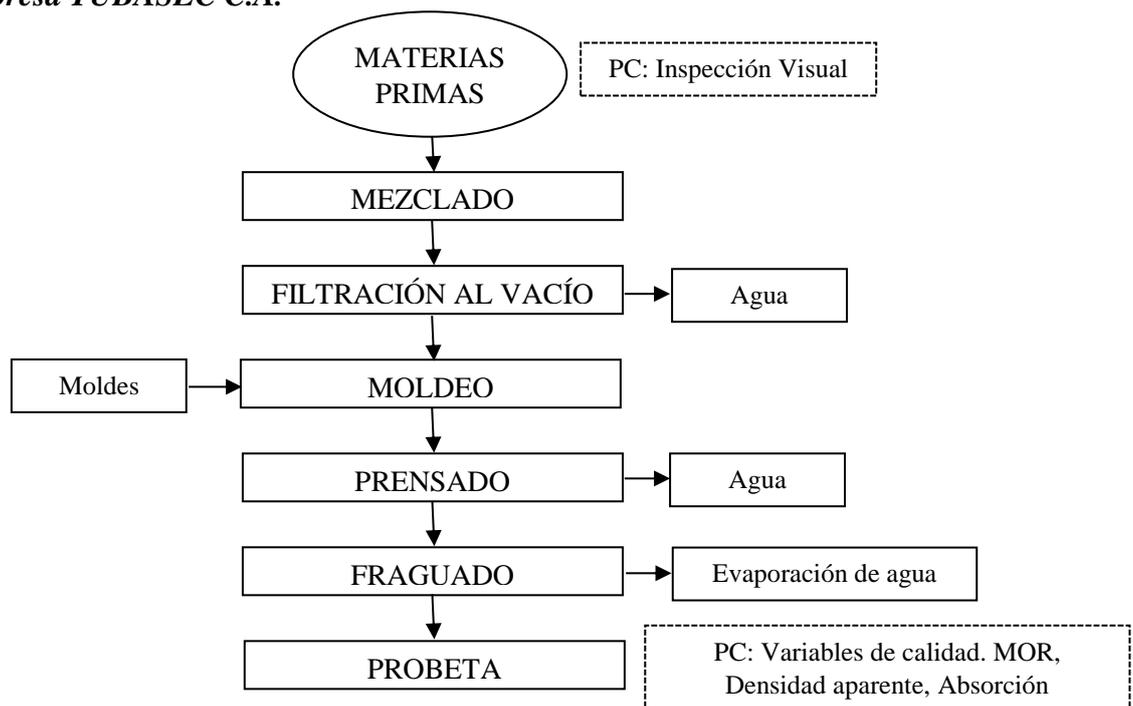
Útil: Equipo utilizado a nivel de la laboratorio que simula una operación que se realiza en planta.



Fotografía 23. Útil para simulación de filtración al vacío

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

2.2.4.1.- Diagrama de flujo – elaboración de probetas a nivel de laboratorio en la Empresa TUBASEC C.A.



2.2.5.- Normas Técnicas Ecuatorianas

NTE INEN 152:2012: CEMENTO PORTLAND. REQUISITOS.

NTE INEN 2079:1996: LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES.

NTE INEN 2080:1996: LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA.

NTE INEN 2082:1996: LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD.

NTE INEN 2084:1996: LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. REQUISITOS.

2.2.6.- Herramientas estadísticas

Chi Cuadrado: Para la comprobación de la hipótesis se utilizara el método del chi cuadrado.

Del mismo modo que los estadísticos “z”, con su distribución normal y “t”, con su distribución t de Student, sirven para someter a prueba hipótesis que involucran a promedios y porcentajes, el estadístico ji-cuadrado (o chi cuadrado), que tiene distribución de probabilidad del mismo nombre, sirve para someter a prueba hipótesis referidas a distribuciones de frecuencias.

Las pruebas chi cuadrado son un grupo de contrastes de hipótesis que sirven para comprobar afirmaciones acerca de las funciones de probabilidad (o densidad) de una o dos variables aleatorias.

Estas pruebas no pertenecen propiamente a la estadística paramétrica pues no establecen suposiciones restrictivas en cuanto al tipo de variables que admiten, ni en lo que refiere a su distribución de probabilidad ni en los valores y/o el conocimiento de sus parámetros.

Se aplican en dos situaciones básicas:

- a) Cuando queremos comprobar si una variable, cuya descripción parece adecuada, tiene una determinada función de probabilidad. La prueba correspondiente se llama chi cuadrado de ajuste.
- b) Cuando queremos averiguar si dos variables (o dos vías de clasificación) son independientes estadísticamente. En este caso la prueba que aplicaremos será la chi cuadrado de independencia o chi cuadrado de contingencia.

Desviación Estándar: La desviación estándar es un índice numérico de la dispersión de un conjunto de datos (o población). Mientras mayor es la desviación estándar, mayor es la dispersión de la población. La desviación estándar es un promedio de las desviaciones individuales de cada observación con respecto a la media de una distribución. Así, la desviación estándar mide el grado de dispersión o variabilidad. En primer lugar, midiendo la diferencia entre cada valor del conjunto de datos y la media del conjunto de datos. Luego, sumando todas estas diferencias individuales para dar el total de todas las diferencias. Por último, dividiendo el resultado por el número total de observaciones (normalmente representado por la letra “n”) para llegar a un promedio de las distancias entre cada observación individual y la media. Este promedio de las distancias es la desviación estándar y de esta manera representa dispersión.

Grados de libertad: Los grados de libertad son una cantidad que permite introducir una corrección matemática en los cálculos estadísticos para restricciones impuestas en los datos.

Hipótesis: Una hipótesis es una proposición aceptable que ha sido formulada a través de la recolección de información y datos, aunque no esté confirmada, sirve para responder de forma tentativa a un problema con base científica.

Una hipótesis puede usarse como una propuesta provisional que no se pretende demostrar estrictamente, o puede ser una predicción que debe ser verificada por el método científico. En el primer caso, el nivel de veracidad que se otorga a una hipótesis dependerá de la medida en que los datos empíricos apoyan lo afirmado en la hipótesis. Esto es lo que se conoce como contrastación empírica de la hipótesis o bien proceso de validación de la hipótesis. Este proceso puede realizarse mediante confirmación o mediante verificación.

Hipótesis alternativa: La hipótesis alternativa o H_1 es la inversa de la hipótesis. Es la declaración que se acepta cuando se rechaza la hipótesis nula.

Hipótesis nula: La hipótesis nula, a veces referida como H_0 , es la cuestión que se examina. Puede ser una teoría según la cual se cree que es verdad o la base para el argumento. Sin embargo, es una hipótesis aún no probada, debido a que es la declaración de que se prueba, se le da una consideración especial.

Margen de error: El margen de error es un resumen generalizado de error muestral, que mide la incertidumbre sobre los resultados de un ensayo o experimento.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1.- Hipótesis y especificación de las variables

3.1.1.- Hipótesis general

Con la utilización de la viruta de cuero en la elaboración de productos de fibrocemento en la Empresa TUBASEC C.A. se obtendrá láminas planas de fibrocemento de calidad que cumplan con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2084:1996 correspondiente a Láminas planas de fibrocemento. Requisitos.

3.1.2.- Hipótesis específicas

- Mediante la determinación de forma experimental de la composición de viruta de cuero para la elaboración de láminas planas de fibrocemento se obtendrán los valores porcentuales adecuados de viruta de cuero en las láminas planas de fibrocemento.
- Con la identificación de las variables de calidad de las láminas planas de fibrocemento fabricadas con viruta de cuero se comprobará las semejanzas de calidad con las láminas de fibrocemento que se realizan actualmente en la Empresa TUBASEC C.A.
- Al comparar las variables de calidad de las láminas planas fabricadas con viruta de cuero con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2084:1996 correspondiente a Láminas planas de fibrocemento. Requisitos, se validará la investigación propuesta.

3.1.3.- Identificación de las variables

3.1.3.1.- Variables independientes.

- Espesor de la lámina plana terminada
- Resistencia a la flexión
- Densidad aparente
- Absorción de agua

3.1.3.2.- Variables dependientes.

- Tiempo de mezclado
- Espesor de la lámina plana húmeda
- Sólidos en el agua de salida

3.1.4.- Operacionalización de variables

Tabla 3. Operacionalización de Variables.

CATEGORÍA	CONCEPTO	DIMENSIONES	VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICE
INVESTIGACIÓN LÁMINAS PLANAS DE FIBROCEMENTO	Las láminas de fibrocemento son planchas elaboradas a partir de una mezcla de un aglomerante inorgánico hidráulico (cemento) o un aglomerante de silicato de calcio que se forma por la reacción química de un material silíceo y un material calcáreo, reforzado con fibras orgánicas, minerales y/o fibras inorgánicas sintéticas.	1.- Composición de las Láminas de Fibrocemento	Crisotilo Cemento Aditivos	Kg	Patente Norma Interna
		2.- Trabajo de Investigación con Viruta de Cuero	Tiempo de mezclado Espesor de lámina Sólidos en el agua de salida	min mm g/L	Patente Norma Interna
		3.- Validación del Estudio	Espesor Resistencia a la flexión Densidad aparente Absorción	mm MPa g/cm ³ %	8 ± 1 NTE INEN 2084:1996 (Ver Anexo 4) Patente Norma Interna

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

3.1.5.- Matriz de consistencia

Tabla 4. Matriz de Consistencia.

PROBLEMA GENERAL		OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	
<p>El crisotilo o amianto blanco es un mineral fibroso no metálico del grupo de los silicatos, brinda a los productos de fibrocemento una mayor resistencia, durabilidad y un mejor acabado, estas son las principales características por la cual se lo utiliza ampliamente en esta industria.</p> <p>El fibrocemento es un material de la construcción manufacturado en base a una fase dispersa (crisotilo, 7%; cemento 76,17%, y aditivos 16,83%)</p> <p>La Empresa TUBASEC C.A. utiliza como parte de su materia prima el crisotilo para la fabricación de sus productos de fibrocemento, la Empresa tiene la necesidad de buscar una nueva materia prima que sustituya al crisotilo y brinde a sus productos características de calidad similares o mejores, adelantándose así a la posibilidad de la prohibición de este material en un futuro dentro de la Normativa Ecuatoriana.</p>		<p>Utilizar la viruta de cuero en la elaboración de productos de fibrocemento para interiores en la Empresa TUBASEC C.A.</p>	<p>Con la utilización de la viruta de cuero en la elaboración de productos de fibrocemento para interiores en la Empresa TUBASEC C.A. se obtendrá láminas planas de fibrocemento de calidad que cumplan con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2084:1996.</p>	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES ESPECÍFICAS	MÉTODOS DE ANÁLISIS
<ul style="list-style-type: none"> No se conoce cuál es la composición porcentual adecuada de viruta de cuero que se 	<ul style="list-style-type: none"> Determinar de forma experimental la composición porcentual adecuada de viruta de cuero para la elaboración 	<ul style="list-style-type: none"> Mediante la determinación de forma experimental de la composición de viruta de cuero para la elaboración de láminas planas de fibrocemento se 	<ul style="list-style-type: none"> Espesor Módulo de rotura 	<ul style="list-style-type: none"> NTE INEN 2079:1996 (Ver Anexo 1)

<p>utilizará para reemplazar al crisotilo</p> <ul style="list-style-type: none"> No se conocen las características de calidad finales que tendrán las láminas fabricadas con viruta de cuero No se conoce si las láminas fabricadas con viruta de cuero cumplirán con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2084:1996. 	<p>de láminas planas de fibrocemento.</p> <ul style="list-style-type: none"> Identificar las variables de calidad de las láminas planas de fibrocemento fabricadas utilizando viruta de cuero. Comparar las variables de calidad de las láminas planas fabricadas con viruta de cuero con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2084:1996 correspondiente a Láminas planas de fibrocemento. Requisitos. 	<p>obtendrán los valores porcentuales adecuados de viruta de cuero en las láminas planas de fibrocemento.</p> <ul style="list-style-type: none"> Con la identificación de las variables de calidad de las láminas planas de fibrocemento fabricadas con viruta de cuero se comprobará las semejanzas de calidad con las láminas planas de fibrocemento que se realizan actualmente en la Empresa TUBASEC C.A. Al comparar las variables de calidad de las láminas planas fabricadas con viruta de cuero con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2084:1996 correspondiente a Láminas planas de fibrocemento. Requisitos, se validará la investigación propuesta. 	<ul style="list-style-type: none"> Densidad aparente Absorción 	<ul style="list-style-type: none"> NTE INEN 2080:1996 (Ver Anexo 2) NTE INEN 2082:1996 (Ver Anexo 3)
---	---	---	--	--

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

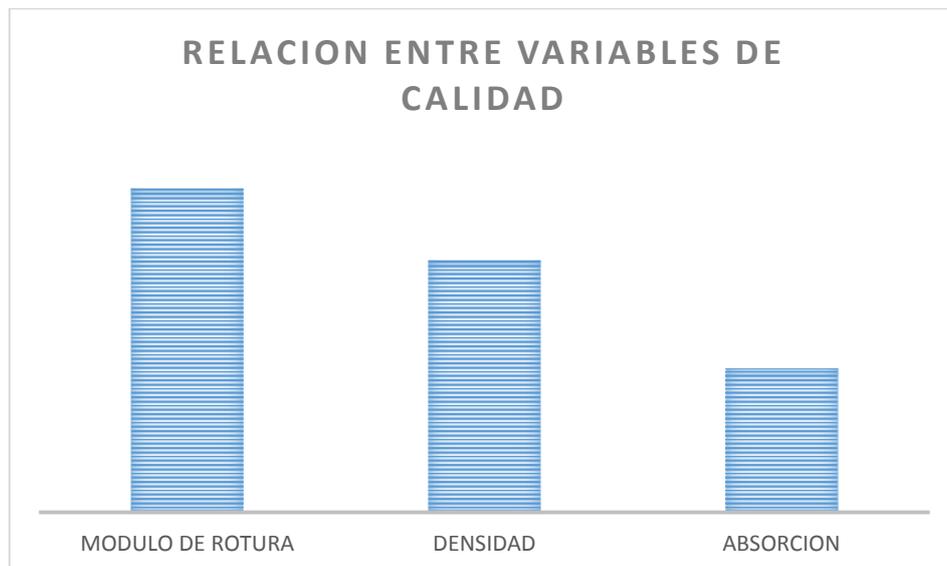
3.2.- Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo exploratoria porque la propuesta es poco conocida en el país, por esta razón se trató el tema de una manera general, es decir, no se profundizó demasiado, dejando este campo abierto a futuras investigaciones relacionadas.

La investigación también fue experimental, basándonos en investigaciones posteriores realizadas fuera del país y utilizando la metodología apropiada para llevar a nivel de laboratorio el proceso que se realiza a nivel de planta en la Empresa TUBASEC C.A. para la elaboración de probetas planas de fibrocemento y posteriormente las probetas con viruta de cuero.

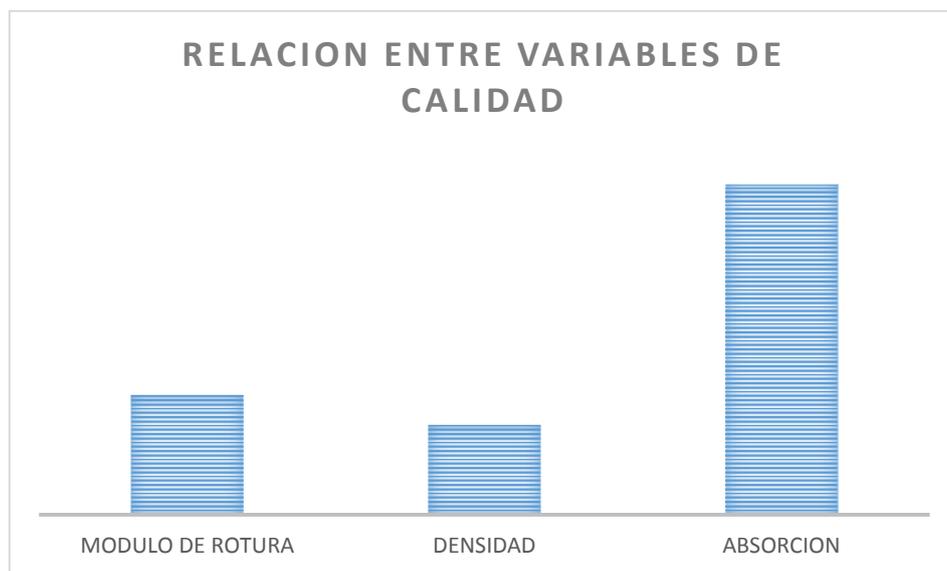
Uno de los principales aspectos al iniciar la investigación fue la relación entre las variables de calidad. Las variables de calidad identificadas fueron: Módulo de rotura o Resistencia a la flexión, Densidad y Absorción.

A medida que el módulo de rotura aumenta, la densidad aumenta y la absorción descende.



Gráfica 1. Relación entre variables de calidad: módulo de rotura ascendente.

Así mismo, si el módulo de rotura disminuye, la densidad también disminuye pero la absorción aumenta.



Gráfica 2. Relación entre variables de calidad: módulo de rotura descendente.

Este fundamento es la base para conocer si la viruta de cuero funciona como materia prima sustituta del crisotilo.

3.3.- Unidad de análisis

Los objetos de estudios fueron las probetas elaboradas a nivel de laboratorio que tuvieron variación en la concentración de viruta de cuero como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5. Dosificaciones.

	% Cemento	% Toba	% Vir. de Cuero	% Aditivos
Estándares	76,17	3,58	-	20,25
Concentración 1	76,17	3,58	5	15,25
Concentración 2	76,17	3,58	6	14,25
Concentración 3	76,17	3,58	7	13,25
Concentración 4	76,17	2,09	10	11,74
Concentración 5	76,17	2,58	13,66	7,59

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

Se utilizaron las siguientes Normas Técnicas Ecuatorianas para los métodos de ensayos de calidad:

Tabla 6. Normas Técnicas Ecuatorianas - ensayos en láminas planas de fibro-cemento.

VARIABLES	NORMA
Módulo de Rotura	NTE INEN 2080:1996 Láminas planas de fibro-cemento. Determinación del módulo de rotura.
Densidad y Absorción	NTE INEN 2082:1996 Láminas planas de fibro-cemento. Determinación de la densidad.

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

3.4.- Población de estudio

Se elaboraron probetas de pruebas estándares y probetas de pruebas con cinco diferentes concentraciones de viruta de cuero.

Para cada composición se elaboraron 27 probetas, de las cuales se tomaron 9 probetas para las pruebas a los 7 días, 9 probetas para las pruebas a los 14 días y 9 probetas para las pruebas a los 21 días. En total se elaboró 162 probetas para la realización de las pruebas de calidad.

3.5.- Tamaño de muestra

Debido a que el tamaño de la población es manejable para un número de datos, se tomó como muestra la población total.

3.6.- Selección de muestra

La selección de la muestra se realizó por inspección visual. Se puso especial atención en las siguientes características:

- Que las probetas no tuvieran ninguna grieta ni que estuvieran rotas.
- Que las probetas fueran lo más planas posibles, es decir que no presenten curvaturas.
- Que el espesor de las probetas sea constante en varios puntos.

3.7.- Técnicas de recolección de datos

Las probetas estándares y las probetas con diferentes concentraciones de viruta de cuero fueron elaboradas en el laboratorio de la Empresa TUBASEC C.A., ubicada en la Avenida Circunvalación y Vía a Chambo de la ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo.

La investigación se basó en la observación directa durante todo el proceso de elaboración y posterior rotura de las probetas, apoyada también en la información obtenida de tesis y artículos científicos relacionados.

Las probetas fueron codificadas de la siguiente manera:

- Fecha de elaboración
- Código para fecha de rotura (M para la rotura a los 7 días, X para la rotura a los 14 días y T para la rotura a los 21 días.)

Una vez que se inició con la rotura de las probetas, se tomaron los siguientes datos en registros:

- Fecha de Rotura
- Carga Transversal (N)
- Carga Longitudinal (N)
- 4 espesores (mm)
- Peso bajo el agua (g)
- Peso saturado (g)
- Peso seco (g)

Las hipótesis planteadas fueron comprobadas mediante el método estadístico del Chi Cuadrado, la comparación de las variables de calidad con la Norma Técnica NTE INEN 2084:1996 y con la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- Análisis de resultados

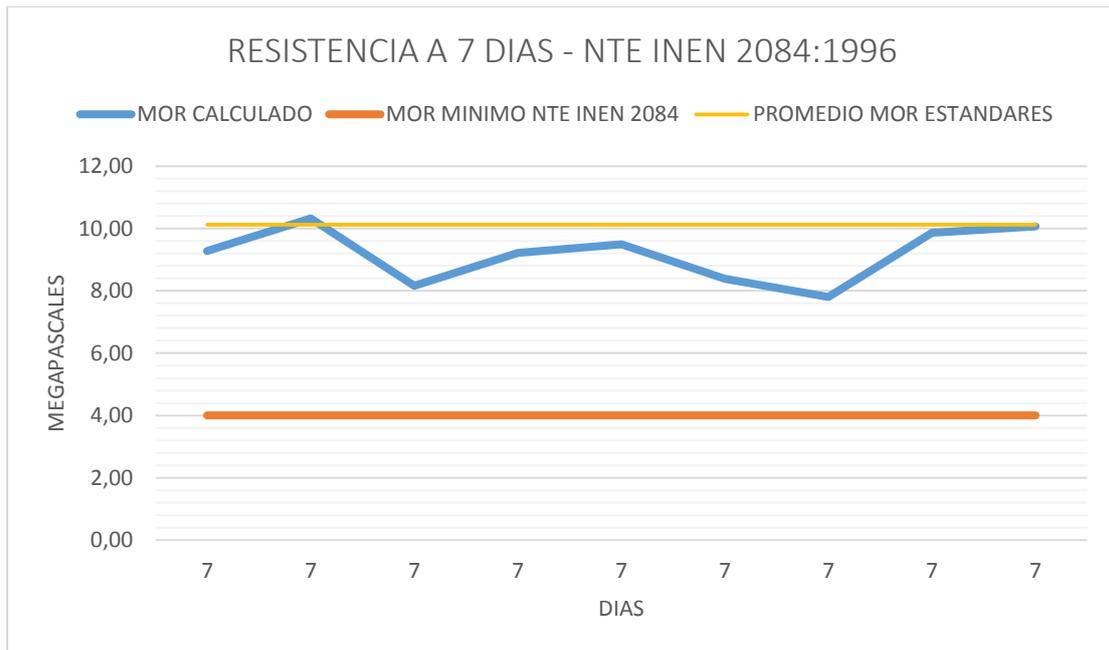
4.1.1.- Probetas estándares

Tabla 7. Resultados obtenidos de las probetas estándares elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba y 20,25% aditivos.

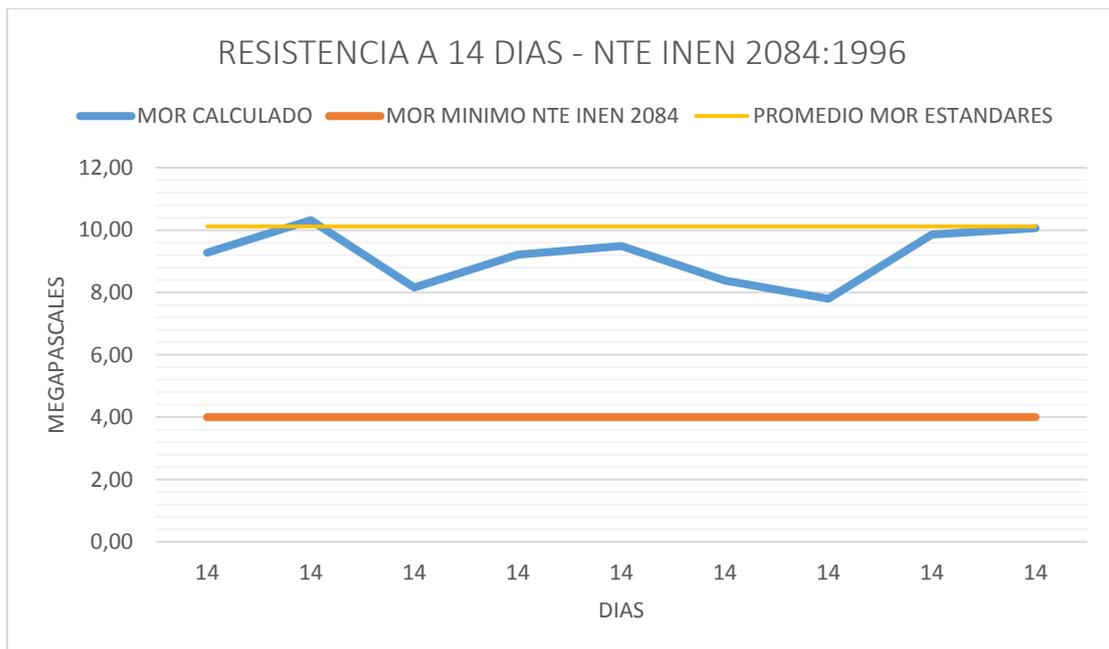
ESTÁNDARES						
DÍAS DE ADQUISICIÓN DE RESISTENCIA	MÓDULO DE ROTURA CALCULADO MOR (MPa)	MOR MÍNIMO (MPa) NTE INEN 2084:1996	DENSIDAD CALCULADA (g/cm ³)	DENSIDAD MÍNIMA NORMA INTERNA (g/cm ³)	ABSORCIÓN CALCULADA (%)	ABSORCIÓN MÁXIMA NORMA INTERNA (%)
7	9,27	4	1,57	1,37	23,45	28
7	10,32	4	1,60	1,37	22,43	28
7	8,16	4	1,57	1,37	23,58	28
7	9,21	4	1,63	1,37	21,80	28
7	9,49	4	1,60	1,37	22,75	28
7	8,39	4	1,59	1,37	21,67	28
7	7,80	4	1,59	1,37	22,91	28
7	9,86	4	1,59	1,37	23,15	28
7	10,06	4	1,62	1,37	21,43	28
14	10,58	4	1,59	1,37	23,42	28
14	11,66	4	1,60	1,37	22,86	28
14	9,32	4	1,59	1,37	23,70	28
14	9,54	4	1,63	1,37	22,09	28
14	11,24	4	1,61	1,37	22,70	28
14	9,47	4	1,60	1,37	23,24	28
14	8,77	4	1,55	1,37	24,66	28
14	10,33	4	1,58	1,37	24,02	28
14	10,54	4	1,52	1,37	25,87	28
21	12,04	4	1,57	1,37	23,60	28
21	12,38	4	1,56	1,37	24,75	28
21	10,06	4	1,62	1,37	21,96	28
21	11,38	4	1,50	1,37	26,49	28
21	12,15	4	1,52	1,37	25,38	28
21	10,28	4	1,58	1,37	23,73	28
21	9,84	4	1,60	1,37	22,30	28
21	10,38	4	1,50	1,37	26,16	28
21	10,71	4	1,55	1,37	24,65	28
\bar{x}	10,12		1,58		23,51	

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

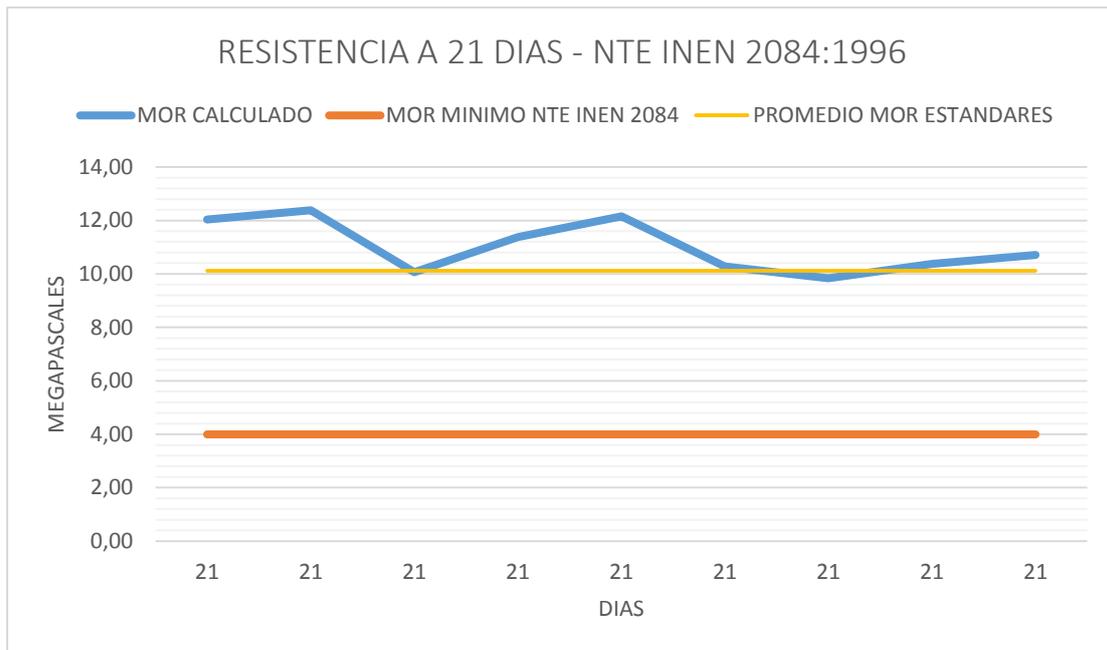
4.1.1.1.- Módulo de rotura.



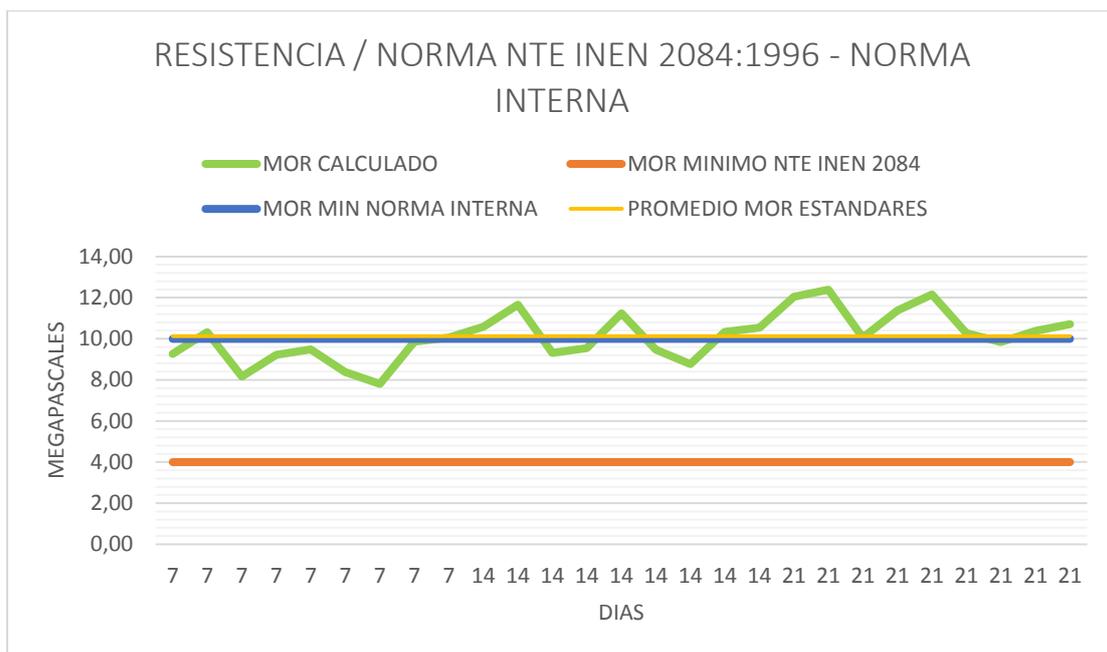
Gráfica 3. Resistencia a la Flexión a los 7 días en muestras estándares.



Gráfica 4. Resistencia a la Flexión a los 14 días en muestras estándares.

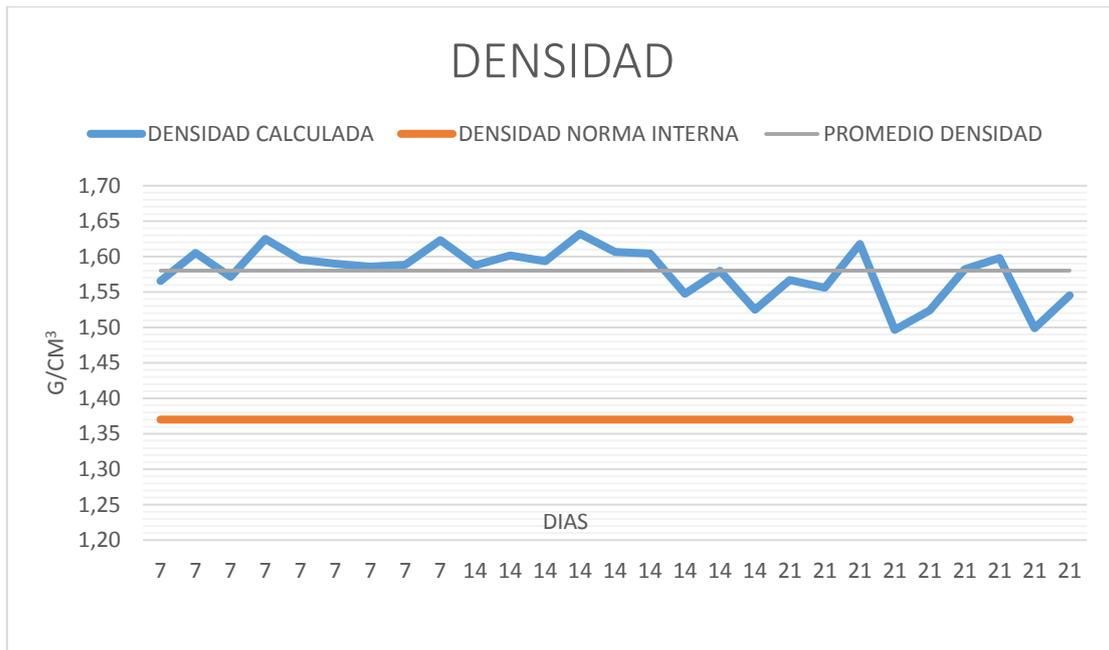


Gráfica 5. Resistencia a la Flexión a los 21 días en muestras estándares.



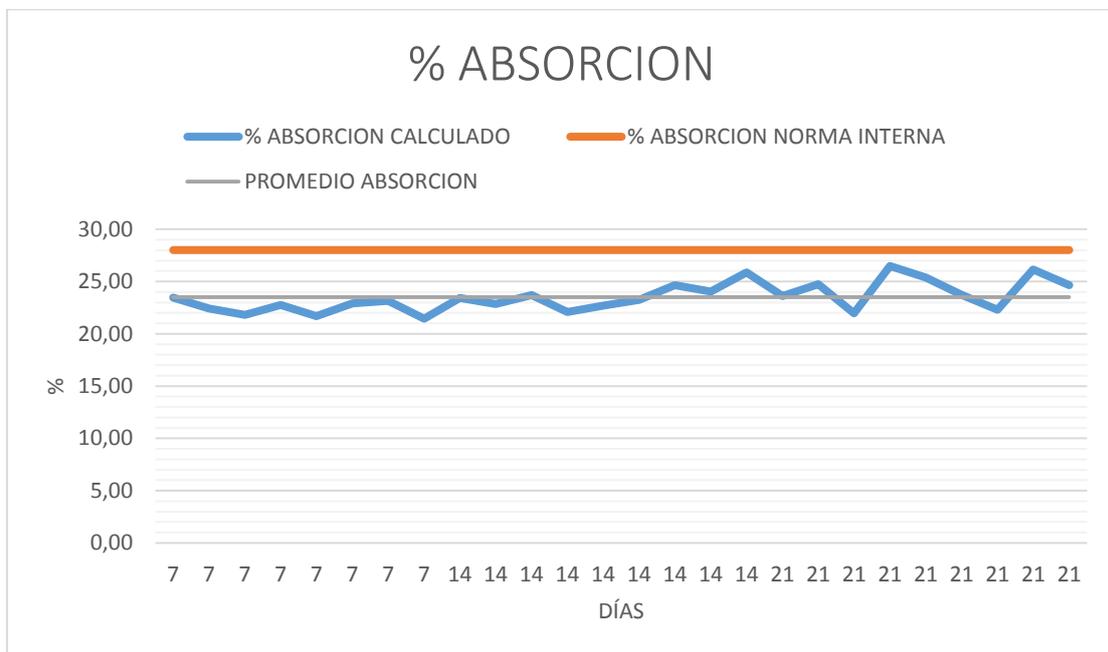
Gráfica 6. Resistencia a la Flexión a 7, 14 y 21 días en muestras estándares.

4.1.1.2.- Densidad.



Gráfica 7. Densidad a 7, 14 y 21 días en muestras estándares.

4.1.1.3.- Absorción.



Gráfica 8. Porcentaje de absorción a 7, 14 y 21 días en muestras estándares.

4.1.1.4.- Análisis de resultados.

En la gráfica 6 se comparan los valores de módulo de rotura de las probetas estándares elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de módulo de rotura de la Norma NTE INEN 2084:1996 y con el valor mínimo de módulo de rotura de la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. El módulo de rotura promedio de las probetas estándares es de 10,12 MPa; el mismo que cumple con la especificación de la Norma NTE INEN 2084:1996, siendo como mínimo 4 MPa.

En la gráfica 7 se comparan los valores de densidad de las probetas estándares elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de densidad de acuerdo a la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. La densidad promedio de las probetas estándares elaboradas es de 1,58 g/cm³, el mismo que cumple con la especificación de la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A, siendo como mínimo 1,37 g/cm³.

En la gráfica 8 se comparan los valores del porcentaje de absorción de las probetas estándares elaboradas a nivel de laboratorio con el valor máximo de porcentaje de absorción de acuerdo a la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. El porcentaje de absorción promedio de las probetas estándares elaboradas es de 23,51%, el mismo que cumple con la especificación de la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A, siendo como máximo 28%.

4.1.1.5.- Observaciones.

- No hubo presencia de sólidos en el agua eliminada durante la filtración y el prensado.
- Después del prensado las probetas no se rompieron ni se agrietaron.
- Las probetas tuvieron un color gris claro, debido a la presencia de crisotilo.

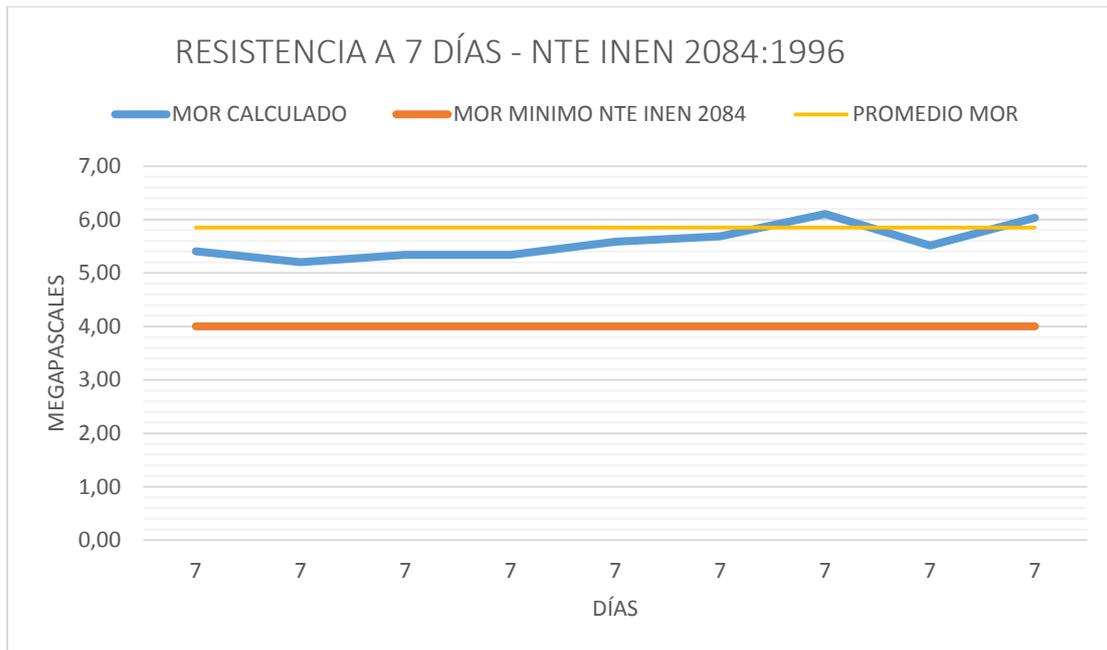
4.1.2.- Probetas con: 76,17% cemento; 3,58% toba; 5% viruta de cuero y 15,25% aditivos.

Tabla 8. Resultados obtenidos de las probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 5% viruta de cuero y 15,25% aditivos.

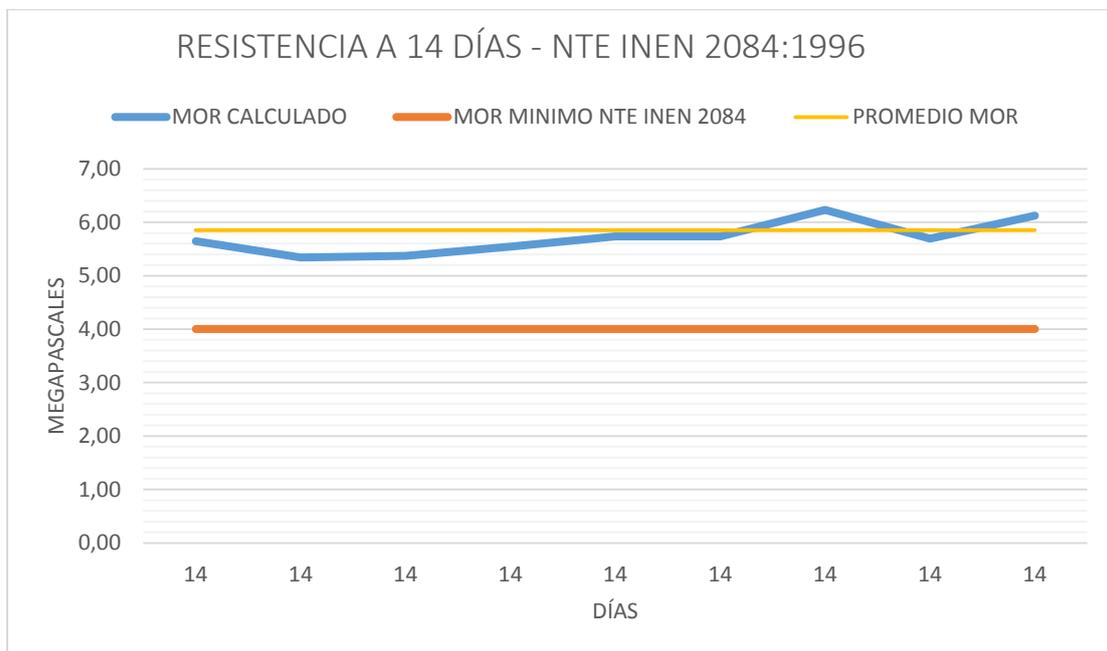
76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 5% VIRUTA DE CUERO Y 15,25% ADITIVOS						
DÍAS DE ADQUISICIÓN DE RESISTENCIA	MÓDULO DE ROTURA CALCULADO MOR (MPa)	MOR MÍNIMO (MPa) NTE INEN 2084:1996	DENSIDAD CALCULADA (g/cm³)	DENSIDAD MÍNIMA NORMA INTERNA (g/cm³)	ABSORCIÓN CALCULADA (%)	ABSORCIÓN MÁXIMA NORMA INTERNA (%)
7	5,41	4	1,50	1,37	25,94	28
7	5,20	4	1,48	1,37	27,06	28
7	5,34	4	1,45	1,37	28,53	28
7	5,34	4	1,49	1,37	26,67	28
7	5,58	4	1,46	1,37	27,75	28
7	5,69	4	1,41	1,37	30,98	28
7	6,10	4	1,54	1,37	24,06	28
7	5,51	4	1,47	1,37	27,10	28
7	6,03	4	1,44	1,37	29,37	28
14	5,64	4	1,45	1,37	28,01	28
14	5,34	4	1,51	1,37	26,99	28
14	5,37	4	1,47	1,37	28,44	28
14	5,54	4	1,49	1,37	27,74	28
14	5,73	4	1,50	1,37	27,65	28
14	5,73	4	1,54	1,37	25,85	28
14	6,23	4	1,46	1,37	28,45	28
14	5,69	4	1,44	1,37	27,03	28
14	6,12	4	1,44	1,37	29,30	28
21	5,85	4	1,48	1,37	27,84	28
21	5,69	4	1,46	1,37	29,25	28
21	5,74	4	1,50	1,37	27,02	28
21	5,85	4	1,49	1,37	27,68	28
21	6,24	4	1,50	1,37	26,78	28
21	6,44	4	1,45	1,37	29,31	28
21	7,52	4	1,50	1,37	26,18	28
21	6,05	4	1,50	1,37	26,95	28
21	6,88	4	1,45	1,37	29,39	28
\bar{x}	5,85		1,48		27,68	

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

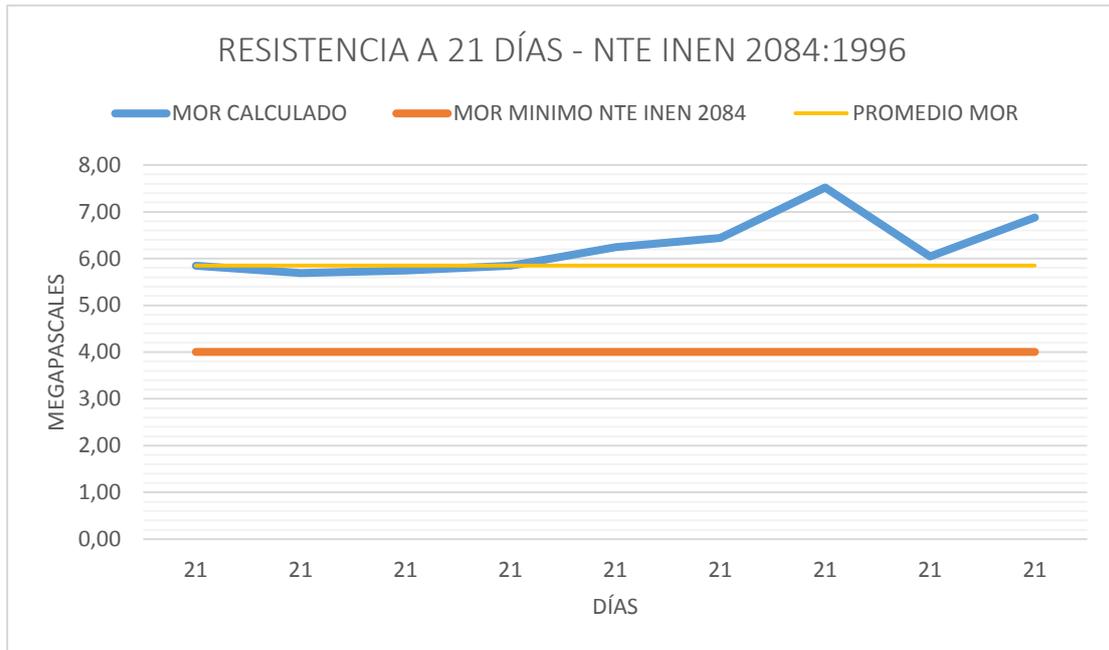
4.1.2.1.- Módulo de rotura.



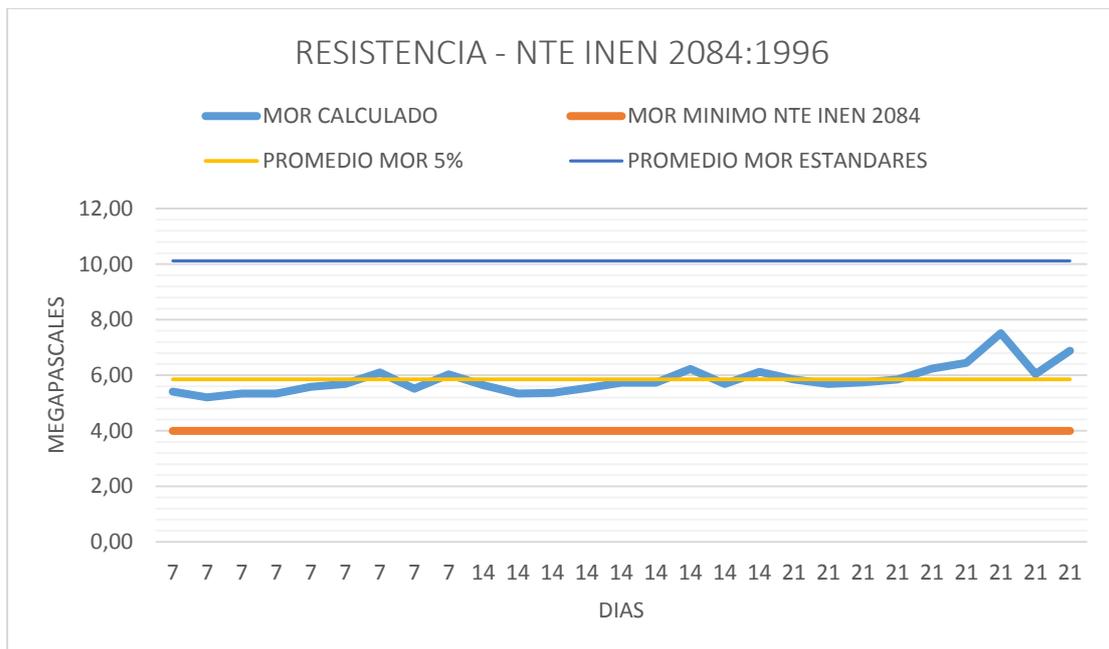
Gráfica 9. Resistencia a la Flexión a los 7 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 5% viruta de cuero y 15,25% aditivos.



Gráfica 10. Resistencia a la Flexión a los 14 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 5% viruta de cuero y 15,25% aditivos.

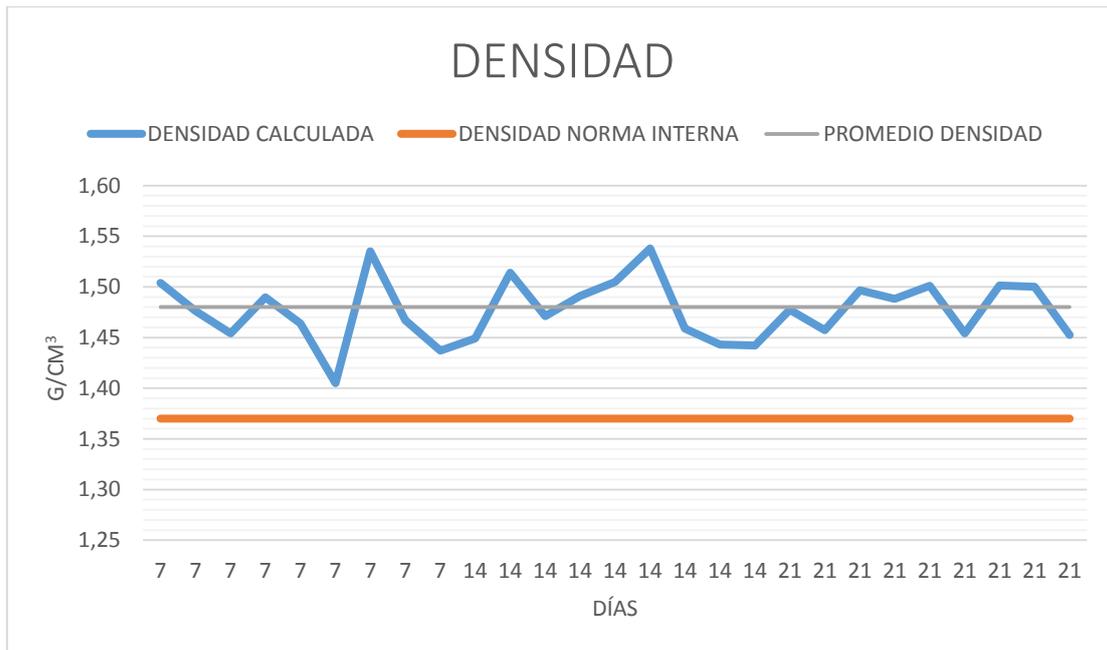


Gráfica 11. Resistencia a la Flexión a los 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 5% viruta de cuero y 15,25% aditivos.



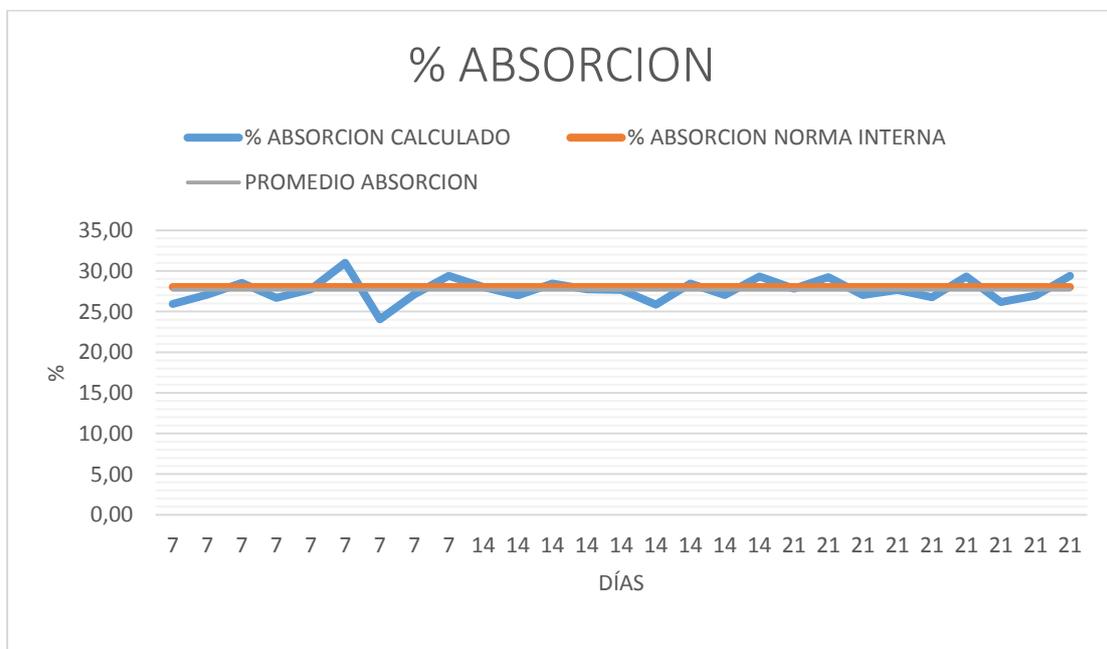
Gráfica 12. Resistencia a la Flexión a 7, 14 y 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 5% viruta de cuero y 15,25% aditivos.

4.1.2.2.- Densidad.



Gráfica 13. Densidad a 7, 14 y 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 5% viruta de cuero y 15,25% aditivos.

4.1.2.3.- Absorción.



Gráfica 14. Porcentaje de Absorción a 7, 14 y 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 5% viruta de cuero y 15,25% aditivos.

4.1.2.4.- Análisis de resultados.

En la gráfica 12 se comparan los valores de módulo de rotura de las probetas con 5% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de módulo de rotura de la Norma NTE INEN 2084:1996. El módulo de rotura promedio de estas probetas es de 5,85 MPa, el mismo que cumple con la especificación de la Norma NTE INEN 2084:1996, siendo como mínimo 4 MPa.

En la gráfica 13 se comparan los valores de densidad de las probetas con 5% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de densidad de acuerdo a la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. La densidad promedio de estas probetas es de 1,48 g/cm³, el mismo que cumple con la especificación de la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A, siendo como mínimo 1,37 g/cm³.

En la gráfica 14 se comparan los valores del porcentaje de absorción de las probetas con 5% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor máximo de porcentaje de absorción de acuerdo a la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. El porcentaje de absorción promedio de estas probetas es de 27,68%, el mismo que cumple con la especificación de la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A, siendo como máximo 28%.

4.1.2.5.- Observaciones.

- No se observó presencia de sólidos en el agua eliminada durante la filtración y el prensado.
- Láminas levemente frágiles, no se rompieron ni se agrietaron con facilidad una vez que se las retiró de la prensa.

4.1.2.6.- Chi cuadrado.

Tabla 9. Resultados obtenidos de las probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 5% viruta de cuero y 15,25% aditivos aplicando chi cuadrado.

DÍAS DE ADQUISICIÓN DE RESISTENCIA	OBSERVADO			ESPERADO			CHI CUADRADO	
	MODULO DE ROTURA			MODULO DE ROTURA			MODULO DE ROTURA	
	ESTANDARES	5%	TOTAL	ESTANDARES	5%	TOTAL	ESTANDARES	5%
7	9,2719	5,4083	14,6802	9,3045	5,3757	14,6802	0,00011	0,00020
	10,3200	5,2003	15,5203	9,8370	5,6833	15,5203	0,02372	0,04105
	8,1612	5,3414	13,5026	8,5581	4,9445	13,5026	0,01841	0,03186
	9,2143	5,3414	14,5557	9,2256	5,3301	14,5557	0,00001	0,00002
	9,4869	5,5842	15,0711	9,5523	5,5188	15,0711	0,00045	0,00077
	8,3856	5,6860	14,0715	8,9187	5,1528	14,0715	0,03187	0,05516
	7,7973	6,1016	13,8989	8,8093	5,0896	13,8989	0,11625	0,20122
	9,8613	5,5123	15,3737	9,7440	5,6296	15,3737	0,00141	0,00244
	10,0623	6,0324	16,0947	10,2010	5,8937	16,0947	0,00189	0,00326
14	10,5820	5,6438	16,2258	10,2841	5,9417	16,2258	0,00863	0,01494
	11,6576	5,3414	16,9990	10,7742	6,2248	16,9990	0,07243	0,12537
	9,3188	5,3694	14,6882	9,3096	5,3786	14,6882	0,00001	0,00002
	9,5407	5,5430	15,0836	9,5602	5,5234	15,0836	0,00004	0,00007
	11,2360	5,7333	16,9693	10,7554	6,2139	16,9693	0,02148	0,03717
	9,4734	5,7333	15,2068	9,6383	5,5685	15,2068	0,00282	0,00488
	8,7680	6,2285	14,9965	9,5050	5,4915	14,9965	0,05715	0,09891
	10,3295	5,6916	16,0210	10,1544	5,8667	16,0210	0,00302	0,00523
	10,5391	6,1211	16,6602	10,5595	6,1008	16,6602	0,00004	0,00007

21	12,0400	5,8453	17,8853	11,3359	6,5494	17,8853	0,04373	0,07569	
	12,3840	5,6916	18,0756	11,4565	6,6190	18,0756	0,07508	0,12996	
	10,0635	5,7445	15,8081	10,0194	5,7887	15,8081	0,00019	0,00034	
	11,3843	5,8453	17,2296	10,9204	6,3093	17,2296	0,01971	0,03412	
	12,1547	6,2404	18,3950	11,6590	6,7360	18,3950	0,02107	0,03647	
	10,2797	6,4433	16,7230	10,5992	6,1237	16,7230	0,00963	0,01668	
	9,8395	7,5172	17,3567	11,0009	6,3558	17,3567	0,12261	0,21222	
	10,3805	6,0469	16,4273	10,4119	6,0155	16,4273	0,00009	0,00016	
	10,7126	6,8800	17,5926	11,1504	6,4422	17,5926	0,01719	0,02975	Chi Cuadrado
TOTAL	273,2447	157,8676	431,1123	273,2447	157,8676	431,1123	0,66905	1,15802	1,82706
	0,6338	0,3662	1,0000						
Ho: Si cumple con la NTE INEN 2084:1996				Hi: No cumple con la NTE INEN 2084:1996					
SI: $X^2_{\text{calculado}} < X^2_{\text{tabla}}$ Se Rechaza H₁				SI: $X^2_{\text{calculado}} > X^2_{\text{tabla}}$ Se Rechaza Ho					
CHI CALCULADO		CHI TABLA (Ver Anexo 7)		Se rechaza Ho y se acepta H ₁ .					
1,827		> 1,3863							

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

4.1.2.7.- Análisis de resultados – chi cuadrado.

En la tabla 9 se comparan los valores de módulo de rotura de las probetas con 5% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de módulo de rotura de la Norma NTE INEN 2084:1996. De acuerdo al análisis estadístico Chi Cuadrado este porcentaje de concentración de viruta de cuero no cumple con la Norma NTE INEN 2084:1996.

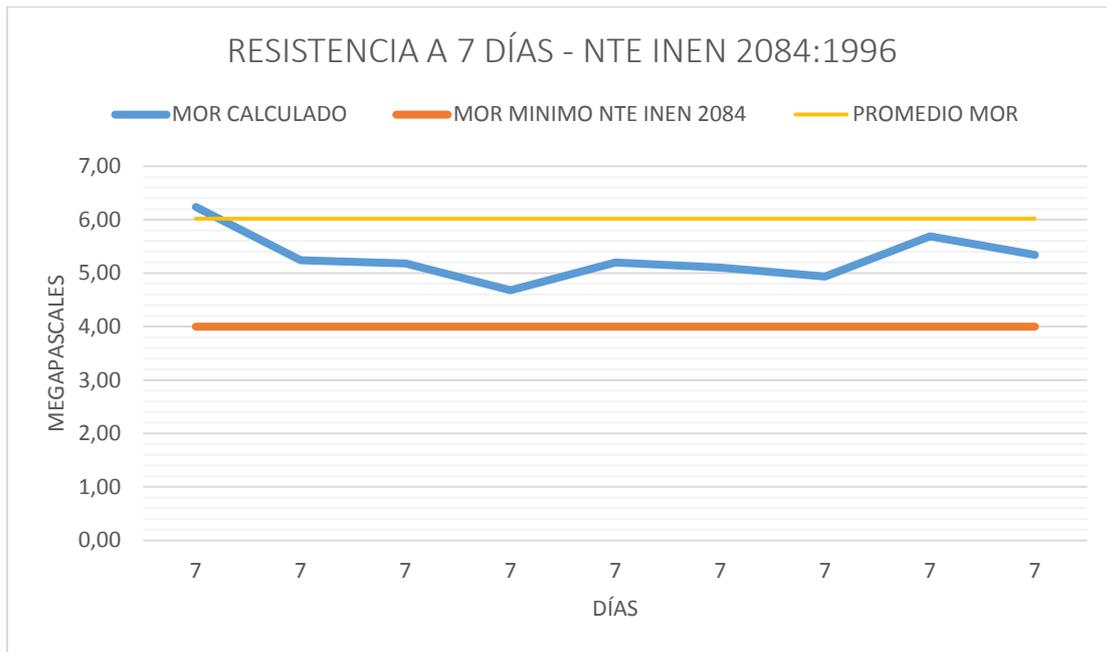
4.1.3.- Probetas con: 76,17% cemento; 3,58% toba; 6% viruta de cuero y 14,25% aditivos.

Tabla 10. Resultados obtenidos de las probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 6% viruta de cuero y 14,25% aditivos.

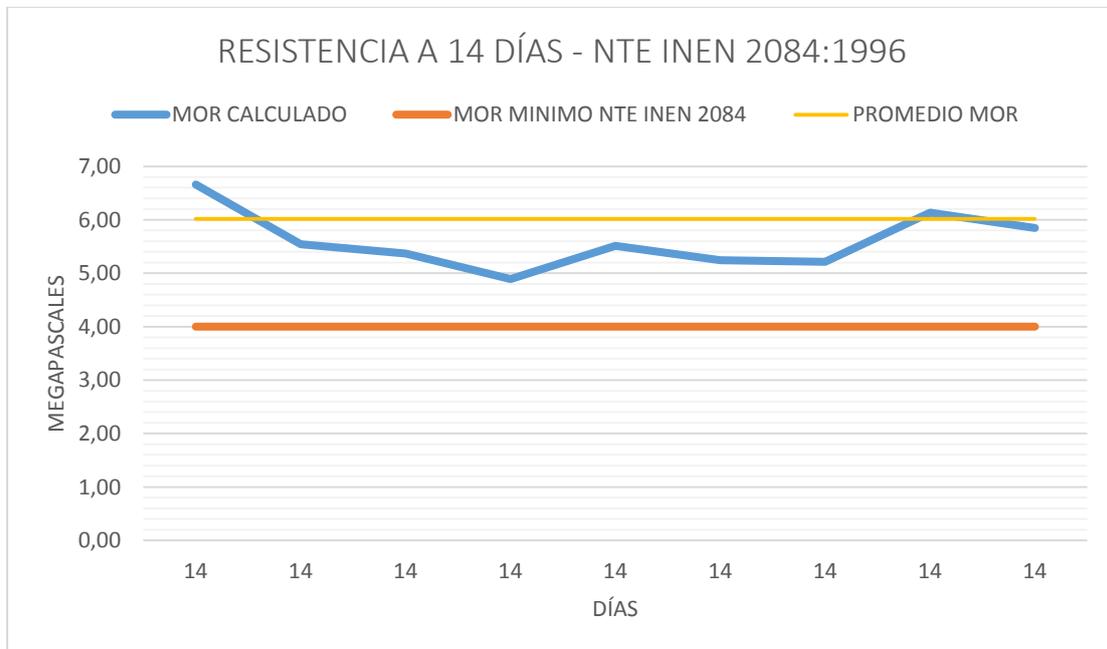
76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 6% VIRUTA DE CUERO Y 14,25% ADITIVOS						
DÍAS DE ADQUISICIÓN DE RESISTENCIA	MÓDULO DE ROTURA CALCULADO MOR (MPa)	MOR MÍNIMO (MPa) NTE INEN 2084:1996	DENSIDAD CALCULADA (g/cm³)	DENSIDAD MÍNIMA NORMA INTERNA (g/cm³)	ABSORCIÓN CALCULADA (%)	ABSORCIÓN MÁXIMA NORMA INTERNA (%)
7	6,24	4	1,44	1,37	29,26	28
7	5,24	4	1,52	1,37	26,23	28
7	5,18	4	1,48	1,37	27,56	28
7	4,68	4	1,46	1,37	29,12	28
7	5,20	4	1,45	1,37	29,47	28
7	5,10	4	1,50	1,37	26,58	28
7	4,94	4	1,45	1,37	28,66	28
7	5,69	4	1,52	1,37	25,36	28
7	5,34	4	1,49	1,37	27,71	28
14	6,66	4	1,43	1,37	29,26	28
14	5,54	4	1,48	1,37	25,81	28
14	5,37	4	1,47	1,37	26,42	28
14	4,89	4	1,50	1,37	24,50	28
14	5,51	4	1,52	1,37	25,45	28
14	5,24	4	1,49	1,37	26,16	28
14	5,21	4	1,47	1,37	26,90	28
14	6,14	4	1,48	1,37	26,83	28
14	5,85	4	1,43	1,37	29,14	28
21	8,65	4	1,50	1,37	25,58	28
21	7,36	4	1,45	1,37	30,03	28
21	7,30	4	1,45	1,37	29,28	28
21	5,84	4	1,51	1,37	26,62	28
21	7,30	4	1,51	1,37	27,03	28
21	6,35	4	1,50	1,37	27,01	28
21	5,97	4	1,55	1,37	24,40	28
21	8,38	4	1,50	1,37	24,78	28
21	7,49	4	1,53	1,37	26,10	28
\bar{x}	6,03		1,49		27,08	

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

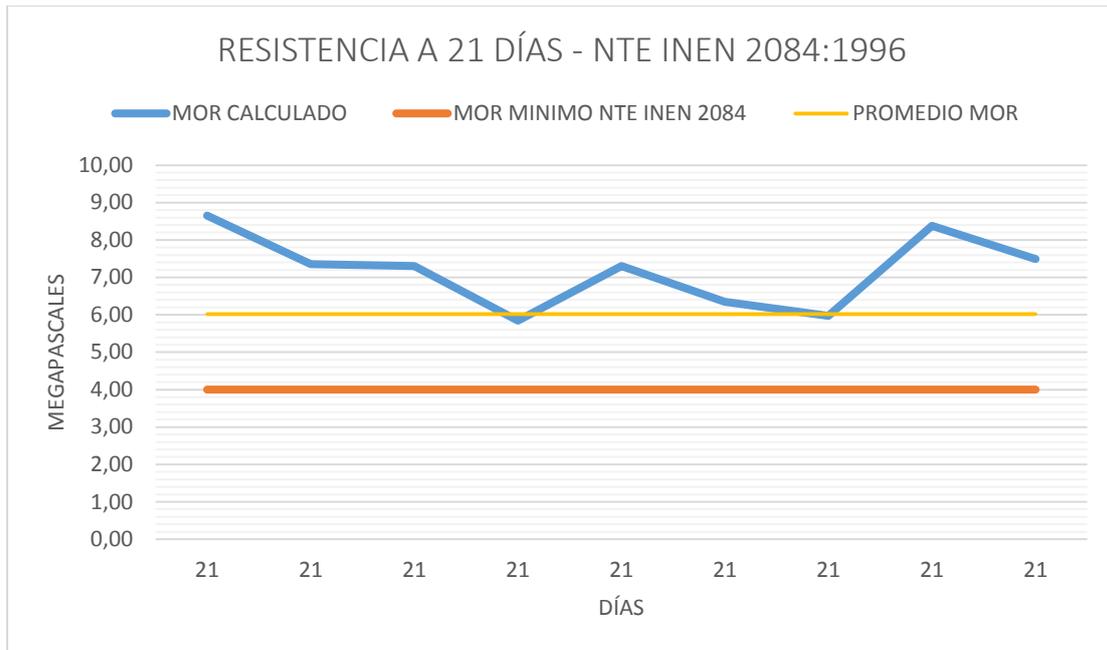
4.1.3.1.- Módulo de rotura.



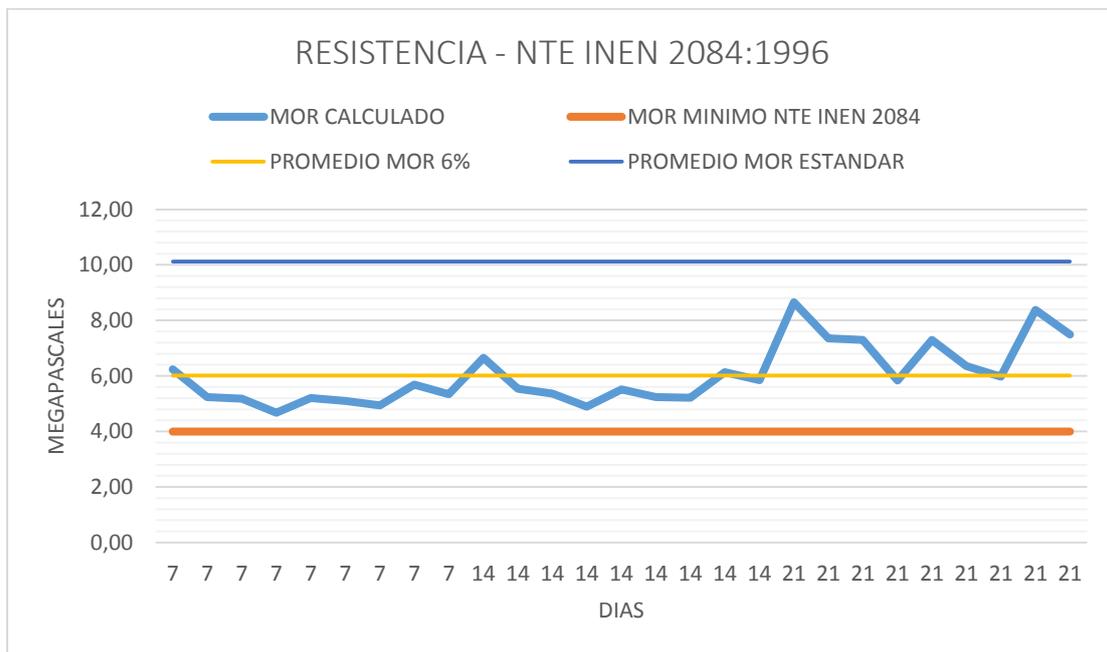
Gráfica 15. Resistencia a la Flexión a los 7 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 6% viruta de cuero y 14,25% aditivos.



Gráfica 16. Resistencia a la Flexión a los 14 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 6% viruta de cuero y 14,25% aditivos.

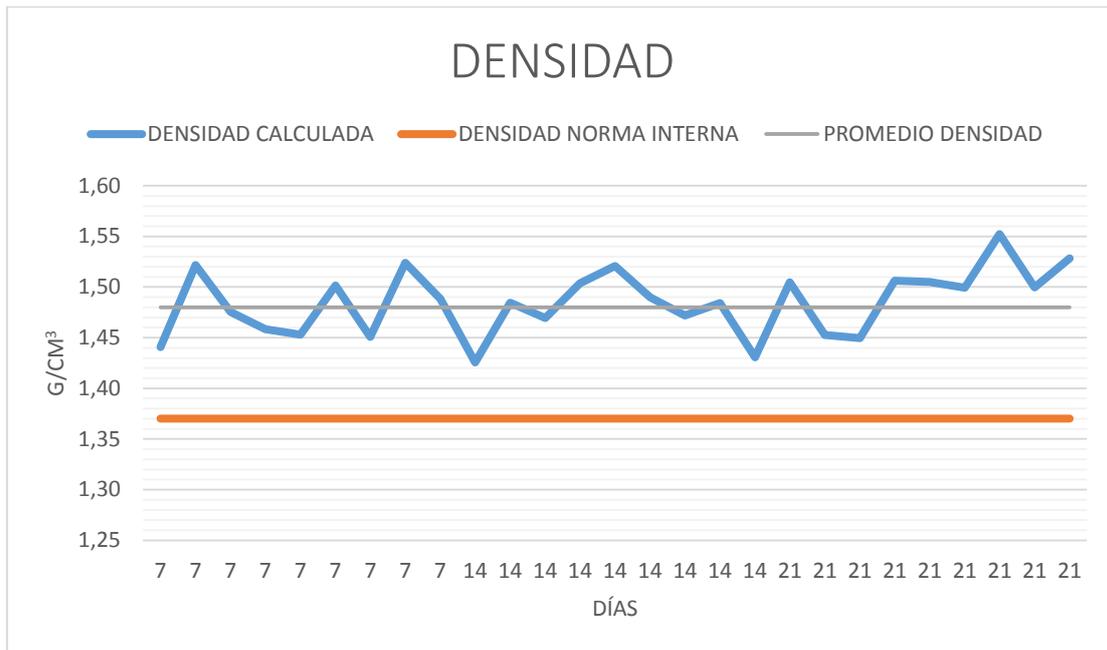


Gráfica 17. Resistencia a la Flexión a los 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 6% viruta de cuero y 14,25% aditivos.



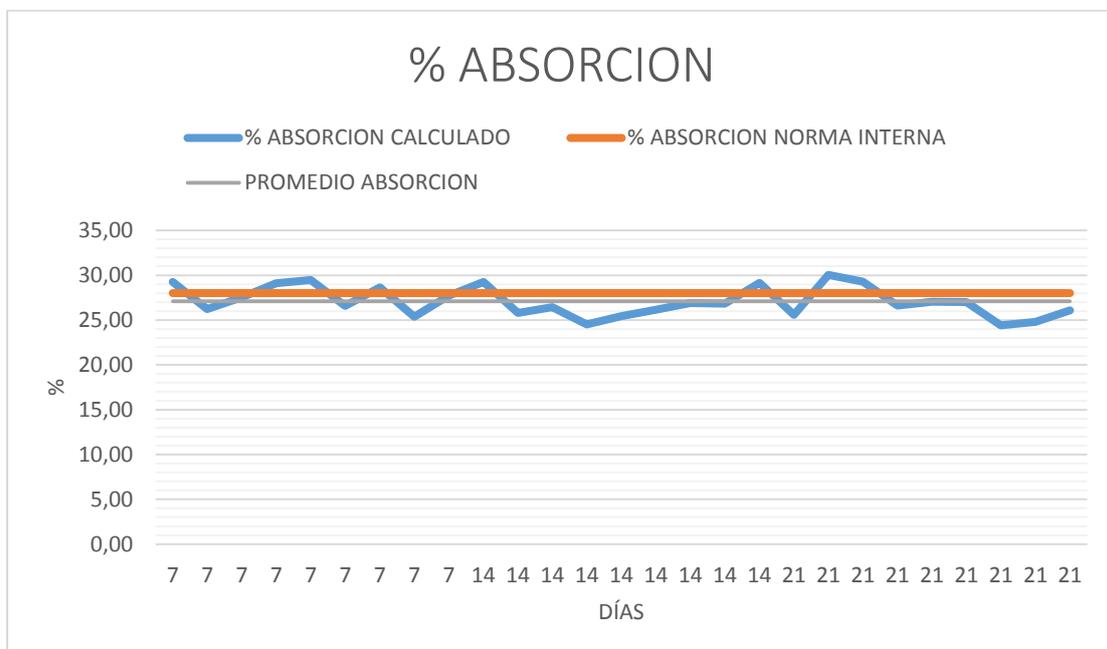
Gráfica 18. Resistencia a la Flexión a 7, 14 y 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 6% viruta de cuero y 14,25% aditivos.

4.1.3.2.- Densidad.



Gráfica 19. Densidad a 7, 14 y 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 6% viruta de cuero y 14,25% aditivos.

4.1.3.3.- Absorción.



Gráfica 20. Porcentaje de Absorción a 7, 14 y 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 6% viruta de cuero y 14,25% aditivos.

4.1.3.4.- Análisis de resultados.

En la gráfica 18 se comparan los valores de módulo de rotura de las probetas con 6% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de módulo de rotura de la Norma NTE INEN 2084:1996. El módulo de rotura promedio de estas probetas es de 6,03 MPa, el mismo que cumple con la especificación de la Norma NTE INEN 2084:1996, siendo como mínimo 4 MPa.

En la gráfica 19 se comparan los valores de densidad de las probetas con 6% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de densidad de acuerdo a la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. La densidad promedio de estas probetas es de 1,49 g/cm³, el mismo que cumple con la especificación de la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A, siendo como mínimo 1,37 g/cm³.

En la gráfica 20 se comparan los valores del porcentaje de absorción de las probetas con 6% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor máximo de porcentaje de absorción de acuerdo a la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. El porcentaje de absorción promedio de estas probetas es de 27,08%, el mismo que cumple con la especificación de la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A, siendo como máximo 28%.

4.1.3.5.- Observaciones.

- No se observó presencia de sólidos en el agua eliminada durante la filtración y el prensado.
- Láminas moderadamente frágiles, no se rompieron ni se agrietaron con facilidad una vez que se las retiró de la prensa.

4.1.3.6.- Chi cuadrado.

Tabla 11. Resultados obtenidos de las probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 6% viruta de cuero y 14,25% aditivos aplicando chi cuadrado.

DÍAS DE ADQUISICIÓN DE RESISTENCIA	OBSERVADO			ESPERADO			CHI CUADRADO	
	MODULO DE ROTURA			MODULO DE ROTURA			MODULO DE ROTURA	
	ESTANDARES	6%	TOTAL	ESTANDARES	6%	TOTAL	ESTANDARES	6%
7	9,272	6,240	15,512	9,724	5,789	15,512	0,02100	0,03527
	10,320	5,241	15,561	9,754	5,807	15,561	0,03284	0,05516
	8,161	5,178	13,340	8,362	4,978	13,340	0,00481	0,00808
	9,214	4,680	13,895	8,710	5,185	13,895	0,02923	0,04911
	9,487	5,200	14,687	9,207	5,481	14,687	0,00854	0,01434
	8,386	5,103	13,488	8,455	5,033	13,488	0,00057	0,00096
	7,797	4,938	12,736	7,983	4,752	12,736	0,00433	0,00727
	9,861	5,692	15,553	9,749	5,804	15,553	0,00129	0,00217
	10,062	5,341	15,404	9,656	5,748	15,404	0,01712	0,02876
14	10,582	6,658	17,240	10,807	6,433	17,240	0,00468	0,00785
	11,658	5,543	17,201	10,782	6,419	17,201	0,07110	0,11943
	9,319	5,369	14,688	9,207	5,481	14,688	0,00135	0,00227
	9,541	4,888	14,429	9,045	5,384	14,429	0,02720	0,04569
	11,236	5,512	16,748	10,499	6,250	16,748	0,05180	0,08701
	9,473	5,241	14,714	9,223	5,491	14,714	0,00678	0,01139
	8,768	5,214	13,982	8,765	5,218	13,982	0,00000	0,00000
	10,329	6,136	16,466	10,321	6,144	16,466	0,00001	0,00001
	10,539	5,845	16,384	10,270	6,114	16,384	0,00703	0,01180

21	12,040	8,653	20,693	12,971	7,722	20,693	0,06687	0,11233			
	12,384	7,357	19,741	12,375	7,367	19,741	0,00001	0,00001			
	10,064	7,302	17,366	10,886	6,480	17,366	0,06210	0,10431			
	11,384	5,841	17,226	10,798	6,428	17,226	0,03186	0,05352			
	12,155	7,302	19,457	12,197	7,261	19,457	0,00014	0,00024			
	10,280	6,349	16,629	10,424	6,205	16,629	0,00199	0,00334			
	9,840	5,970	15,810	9,910	5,900	15,810	0,00050	0,00085			
	10,380	8,376	18,757	11,758	6,999	18,757	0,16128	0,27093			
	10,713	7,488	18,201	11,409	6,792	18,201	0,04253	0,07144	Chi Cuadrado		
TOTAL	273,245	162,662	435,906	273,245	162,662	435,906	0,65694	1,10356	1,761		
	0,627	0,373	1,000								
Ho: Si cumple con la NTE INEN 2084:1996				H1: No cumple con la NTE INEN 2084:1996							
SI: X ² calculado < X ² tabla Se Rechaza H1				SI: X ² calculado > X ² tabla Se Rechaza Ho							
CHI CALCULADO 1,761				CHI TABLA (Ver Anexo 7) > 1,3863				Se rechaza Ho y se acepta H ₁ .			

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

4.1.3.7.- Análisis de resultados – chi cuadrado.

En la tabla 11 se comparan los valores de módulo de rotura de las probetas con 6% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de módulo de rotura de la Norma NTE INEN 2084:1996. De acuerdo al análisis estadístico Chi Cuadrado este porcentaje de concentración de viruta de cuero no cumple con la norma NTE INEN 2084:1996.

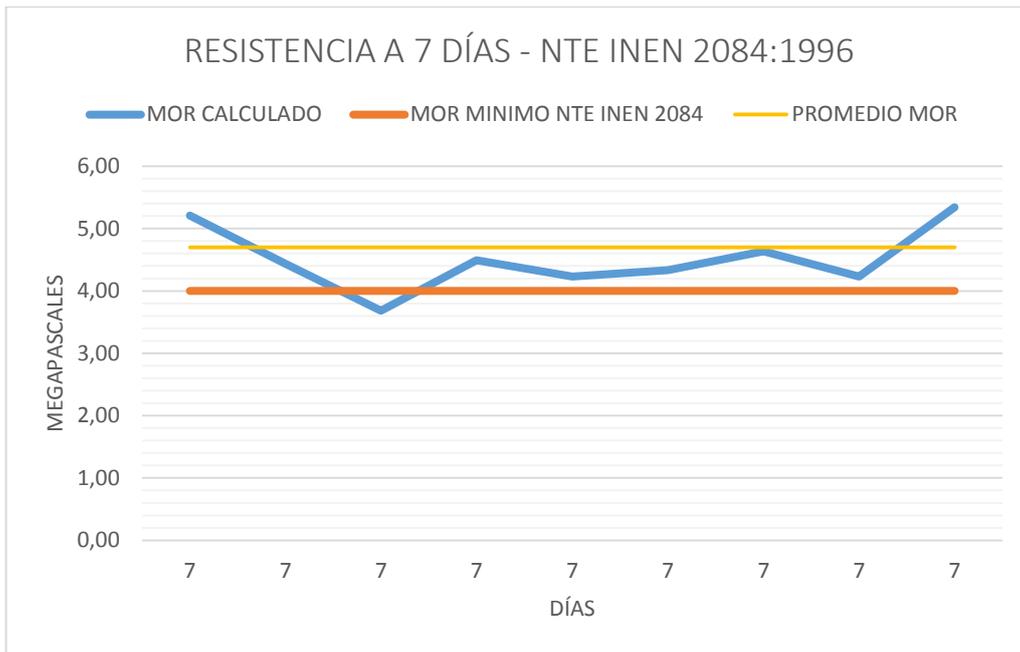
4.1.4.- Probetas con: 76,17% cemento; 3,58% toba; 7% viruta de cuero y 13,25% aditivos.

Tabla 12. Resultados obtenidos de las probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 7% viruta de cuero y 13,25% aditivos.

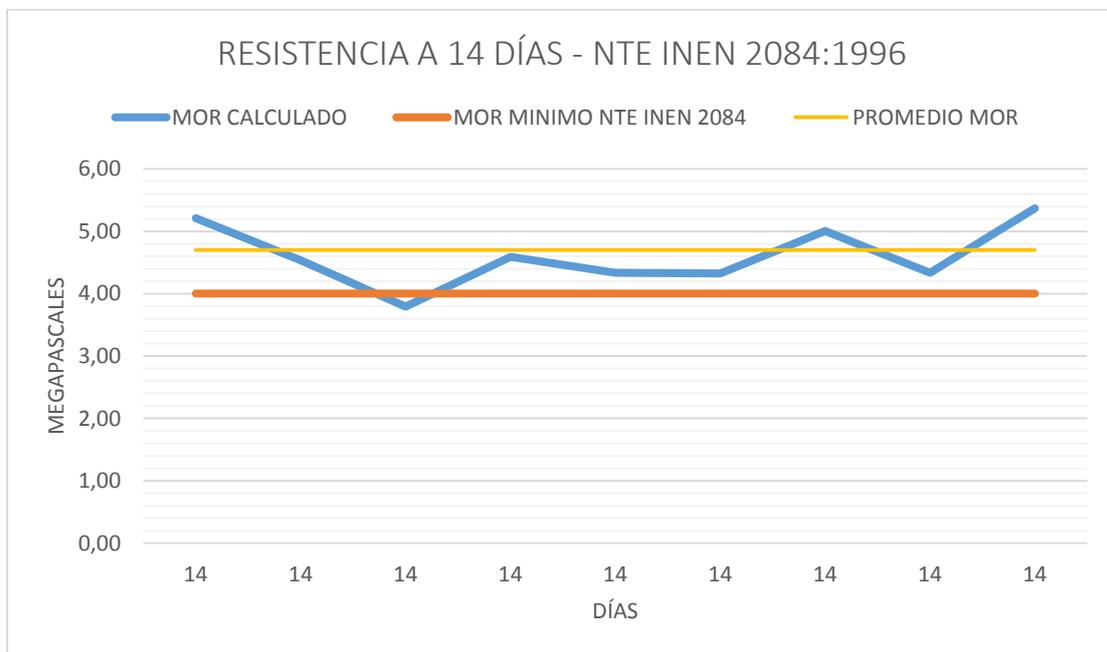
76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 7% VIRUTA DE CUERO Y 13,25% ADITIVOS						
DÍAS DE ADQUISICIÓN DE RESISTENCIA	MÓDULO DE ROTURA CALCULADO MOR (MPa)	MOR MÍNIMO (MPa) NTE INEN 2084:1996	DENSIDAD CALCULADA (g/cm³)	DENSIDAD MÍNIMA NORMA INTERNA (g/cm³)	ABSORCIÓN CALCULADA (%)	ABSORCIÓN MÁXIMA NORMA INTERNA (%)
7	5,21	4	1,42	1,37	30,66	28
7	4,43	4	1,40	1,37	32,21	28
7	3,68	4	1,40	1,37	32,18	28
7	4,49	4	1,45	1,37	29,40	28
7	4,23	4	1,47	1,37	28,58	28
7	4,33	4	1,44	1,37	30,23	28
7	4,64	4	1,45	1,37	29,45	28
7	4,23	4	1,48	1,37	28,35	28
7	5,34	4	1,45	1,37	29,47	28
14	5,21	4	1,48	1,37	26,83	28
14	4,54	4	1,42	1,37	28,27	28
14	3,79	4	1,48	1,37	26,10	28
14	4,59	4	1,45	1,37	28,35	28
14	4,33	4	1,40	1,37	29,86	28
14	4,33	4	1,44	1,37	30,12	28
14	5,01	4	1,38	1,37	32,96	28
14	4,33	4	1,54	1,37	24,32	28
14	5,37	4	1,51	1,37	25,09	28
21	5,54	4	1,52	1,37	21,28	28
21	4,77	4	1,50	1,37	26,04	28
21	4,37	4	1,48	1,37	26,66	28
21	5,04	4	1,50	1,37	26,68	28
21	4,74	4	1,46	1,37	27,56	28
21	4,51	4	1,52	1,37	23,71	28
21	5,18	4	1,46	1,37	27,58	28
21	4,37	4	1,52	1,37	25,22	28
21	6,21	4	1,52	1,37	22,83	28
\bar{x}	4,70		1,46		27,78	

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

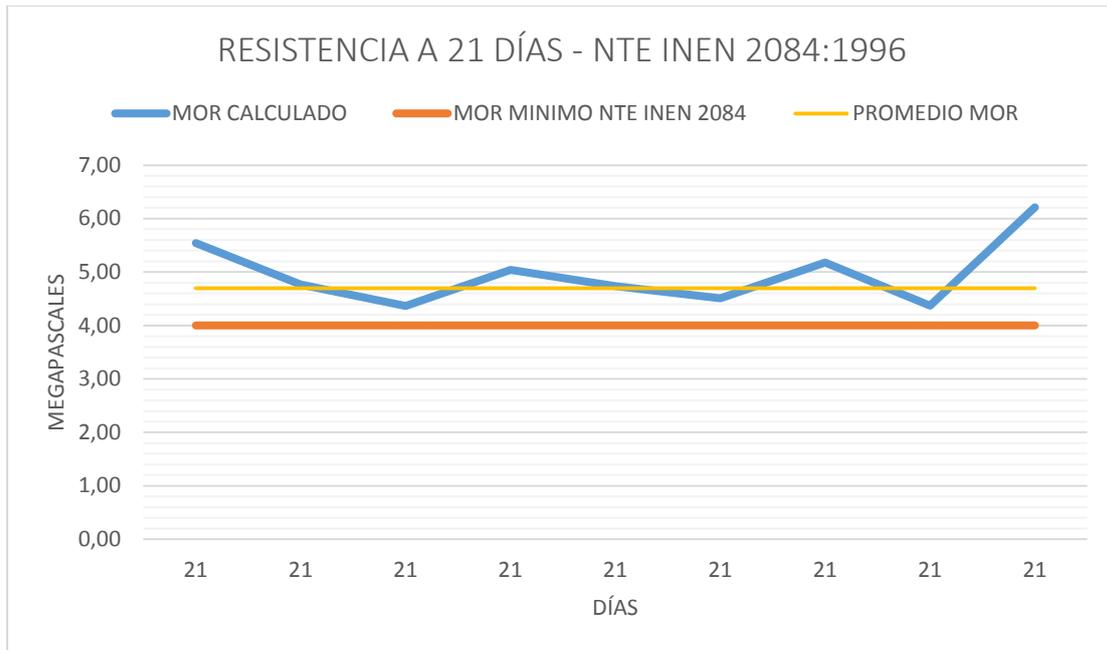
4.1.4.1.- Módulo de rotura.



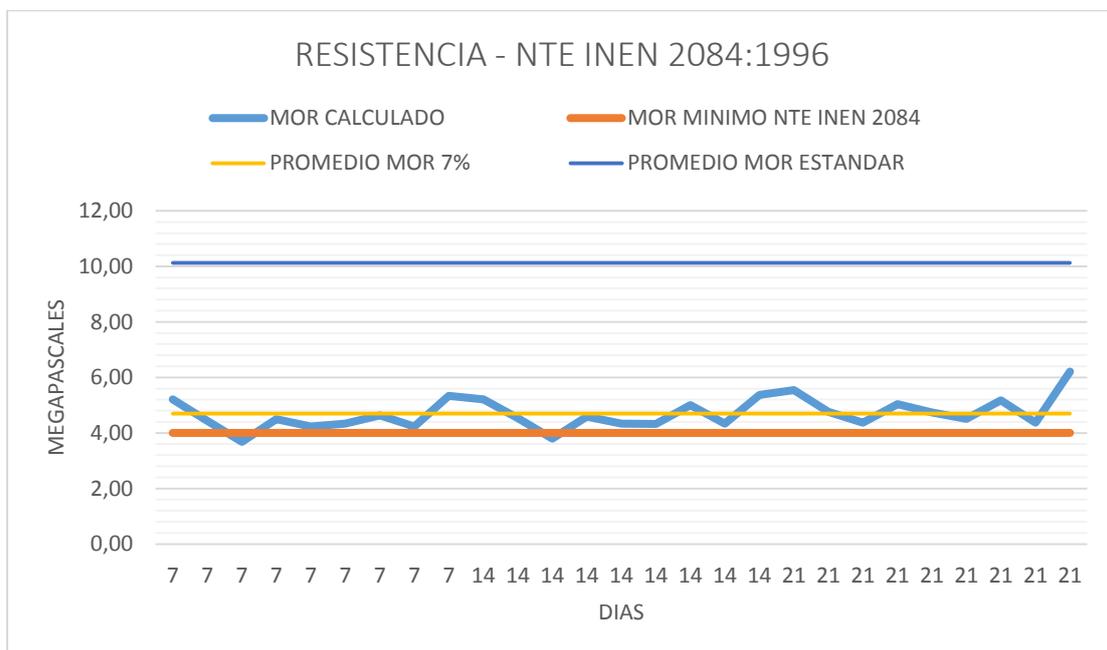
Gráfica 21. Resistencia a la Flexión a los 7 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 7% viruta de cuero y 13,25% aditivos.



Gráfica 22. Resistencia a la Flexión a los 14 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 7% viruta de cuero y 13,25% aditivos.

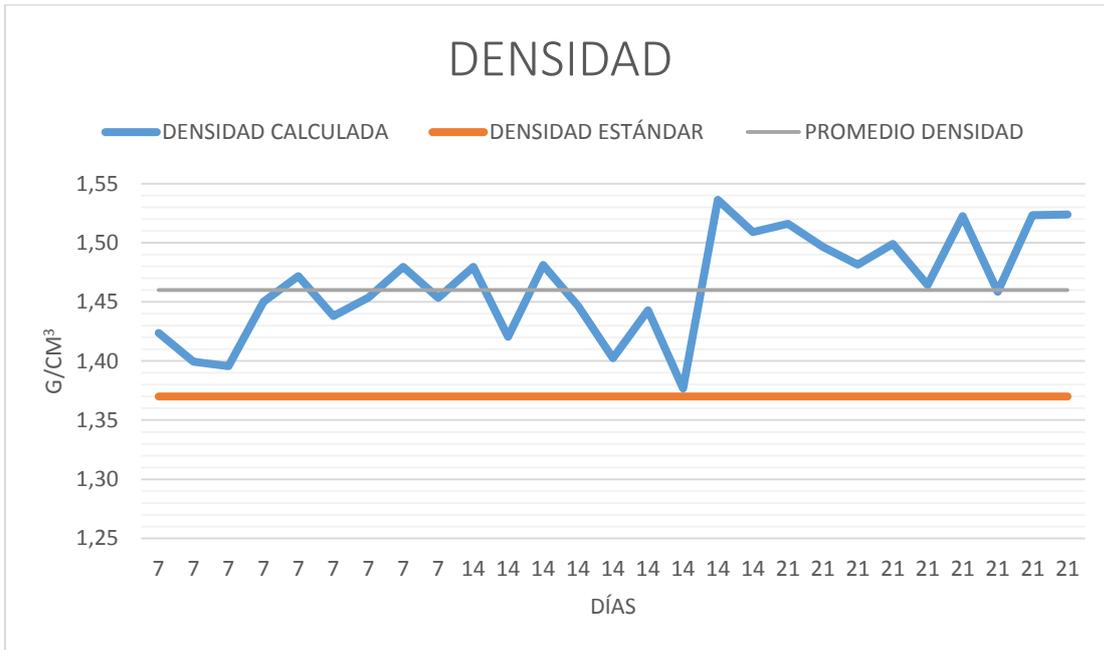


Gráfica 23. Resistencia a la Flexión a los 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 7% viruta de cuero y 13,25% aditivos.



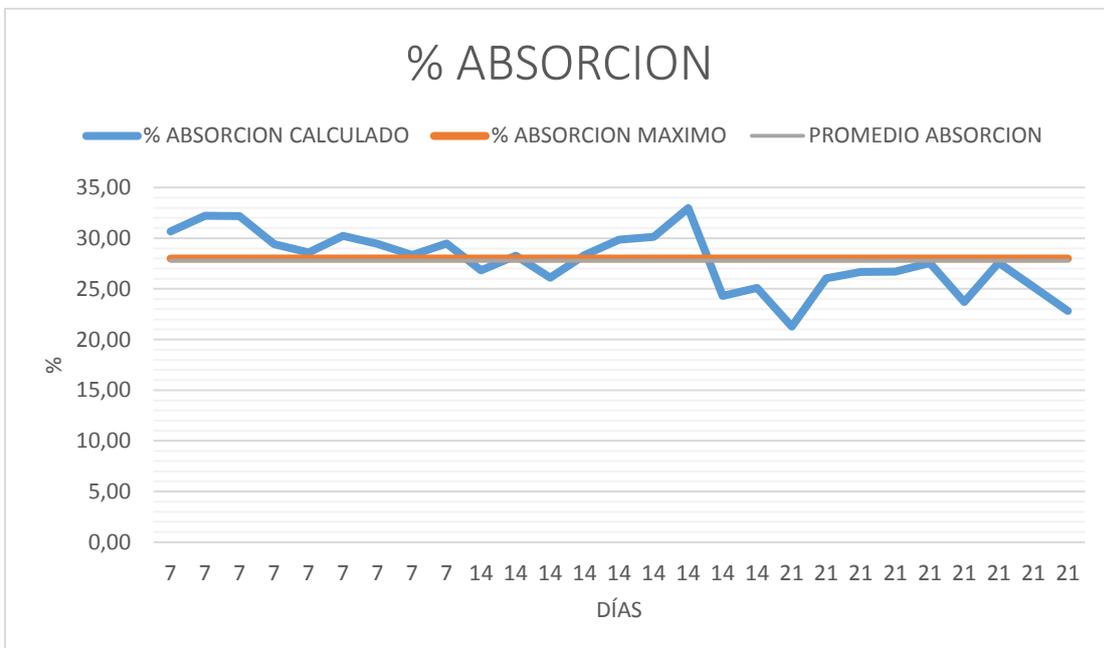
Gráfica 24. Resistencia a la Flexión a 7, 14 y 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 7% viruta de cuero y 13,25% aditivos.

4.1.4.2.- Densidad.



Gráfica 25. Densidad a 7, 14 y 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 7% viruta de cuero y 13,25% aditivos.

4.1.4.3.- Absorción.



Gráfica 26. Porcentaje de Absorción a 7, 14 y 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 7% viruta de cuero y 13,25% aditivos.

4.1.4.4.- Análisis de resultados.

En la gráfica 24 se comparan los valores de módulo de rotura de las probetas con 7% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de módulo de rotura de la Norma NTE INEN 2084:1996. El módulo de rotura promedio de estas probetas es de 4,70 MPa, el mismo que cumple con la especificación de la Norma NTE INEN 2084:1996, siendo como mínimo 4 MPa.

En la gráfica 25 se comparan los valores de densidad de las probetas con 7% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de densidad de acuerdo a la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. La densidad promedio de estas probetas es de 1,46 g/cm³, el mismo que cumple con la especificación de la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A, siendo como mínimo 1,37 g/cm³.

En la gráfica 26 se comparan los valores del porcentaje de absorción de las probetas con 7% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor máximo de porcentaje de absorción de acuerdo a la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. El porcentaje de absorción promedio de estas probetas es de 27,78%, el mismo que cumple con la especificación de la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A, siendo como máximo 28%.

4.1.4.5.- Observaciones.

- No se observó presencia de sólidos en el agua eliminada durante la filtración y el prensado.
- Son láminas frágiles, que se rompen y agrietan con facilidad una vez que se las retira de la prensa.

4.1.4.6.- Chi cuadrado.

Tabla 13. Resultados obtenidos de las probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 7% viruta de cuero y 13,25% aditivos aplicando chi cuadrado.

	OBSERVADO			ESPERADO			CHI CUADRADO		
	MODULO DE ROTURA			MODULO DE ROTURA			MODULO DE ROTURA		
DÍAS DE ADQUISICIÓN DE RESISTENCIA	ESTANDARES	7%	TOTAL	ESTANDARES	7%	TOTAL	ESTANDARES	7%	
7	9,272	5,210	14,482	9,891	4,591	14,482	0,039	0,084	
	10,320	4,434	14,754	10,077	4,677	14,754	0,006	0,013	
	8,161	3,685	11,846	8,091	3,755	11,846	0,001	0,001	
	9,214	4,494	13,709	9,363	4,346	13,709	0,002	0,005	
	9,487	4,233	13,720	9,370	4,349	13,720	0,001	0,003	
	8,386	4,334	12,719	8,687	4,032	12,719	0,010	0,023	
	7,797	4,636	12,433	8,492	3,941	12,433	0,057	0,122	
	9,861	4,233	14,094	9,626	4,468	14,094	0,006	0,012	
	10,062	5,341	15,404	10,521	4,883	15,404	0,020	0,043	
14	10,582	5,212	15,794	10,787	5,007	15,794	0,004	0,008	
	11,658	4,535	16,193	11,059	5,133	16,193	0,032	0,070	
	9,319	3,791	13,109	8,954	4,156	13,109	0,015	0,032	
	9,541	4,592	14,133	9,653	4,480	14,133	0,001	0,003	
	11,236	4,334	15,570	10,634	4,936	15,570	0,034	0,073	
	9,473	4,326	13,799	9,425	4,374	13,799	0,000	0,001	
	8,768	5,008	13,776	9,409	4,367	13,776	0,044	0,094	
	10,329	4,334	14,663	10,015	4,648	14,663	0,010	0,021	
	10,539	5,369	15,909	10,865	5,043	15,909	0,010	0,021	

21	12,040	5,543	17,583	12,009	5,574	17,583	0,000	0,000		
	12,384	4,766	17,150	11,714	5,437	17,150	0,038	0,083		
	10,064	4,368	14,432	9,857	4,575	14,432	0,004	0,009		
	11,384	5,039	16,423	11,217	5,206	16,423	0,002	0,005		
	12,155	4,738	16,893	11,538	5,355	16,893	0,033	0,071		
	10,280	4,510	14,790	10,101	4,689	14,790	0,003	0,007		
	9,840	5,178	15,018	10,257	4,761	15,018	0,017	0,037		
	10,380	4,370	14,750	10,074	4,676	14,750	0,009	0,020		
	10,713	6,213	16,925	11,560	5,365	16,925	0,062	0,134	Chi Cuadrado	
TOTAL	273,245	126,827	400,071	273,245	126,827	400,071	0,462	0,995	1,457	
	0,683	0,317	1,000							
Ho: Si cumple con la NTE INEN 2084:1996				H1: No cumple con la NTE INEN 2084:1996						
SI: $X^2_{\text{calculado}} < X^2_{\text{tabla}}$ Se Rechaza H1				SI: $X^2_{\text{calculado}} > X^2_{\text{tabla}}$ Se Rechaza Ho						
CHI CALCULADO				CHI TABLA (Ver Anexo 7)				Se rechaza Ho y se acepta H ₁ .		
1,457				> 1,3863						

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

4.1.4.7.- Análisis de resultados – chi cuadrado.

En la tabla 13 se comparan los valores de módulo de rotura de las probetas con 7% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de módulo de rotura de la Norma NTE INEN 2084:1996. De acuerdo al análisis estadístico Chi Cuadrado este porcentaje de concentración de viruta de cuero no cumple con la norma NTE INEN 2084:1996.

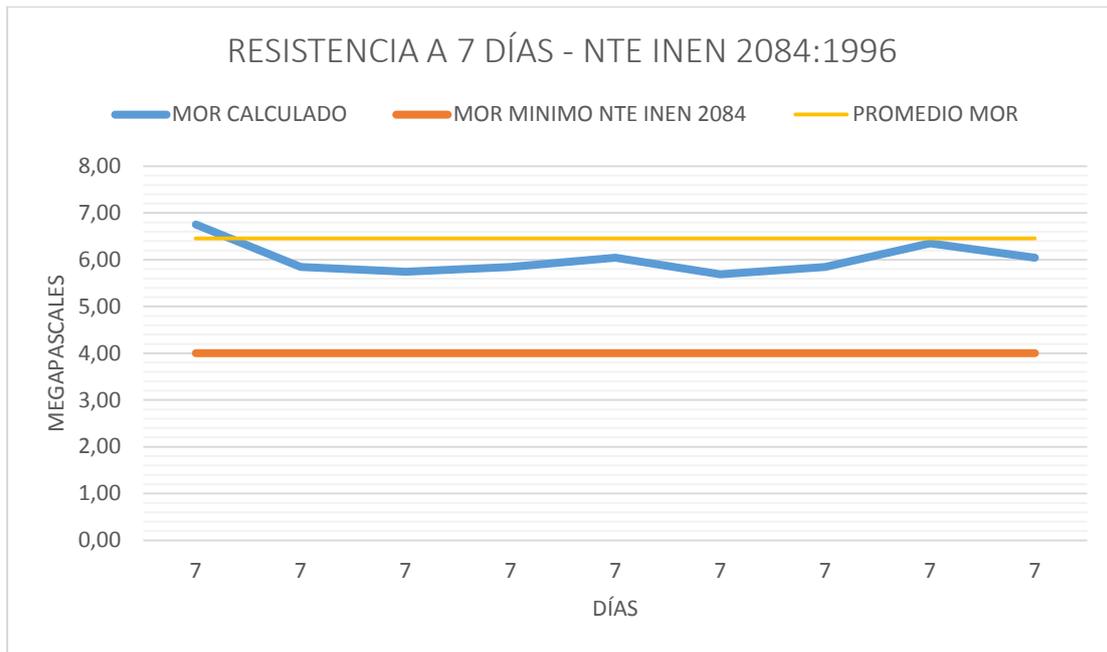
4.1.5.- Probetas con: 76,17% cemento; 2,09% toba; 10% viruta de cuero y 11,74% aditivos.

Tabla 14. Resultados obtenidos de las probetas elaboradas: 76,17% cemento; 2,09% toba; 10% viruta de cuero y 11,74% aditivos.

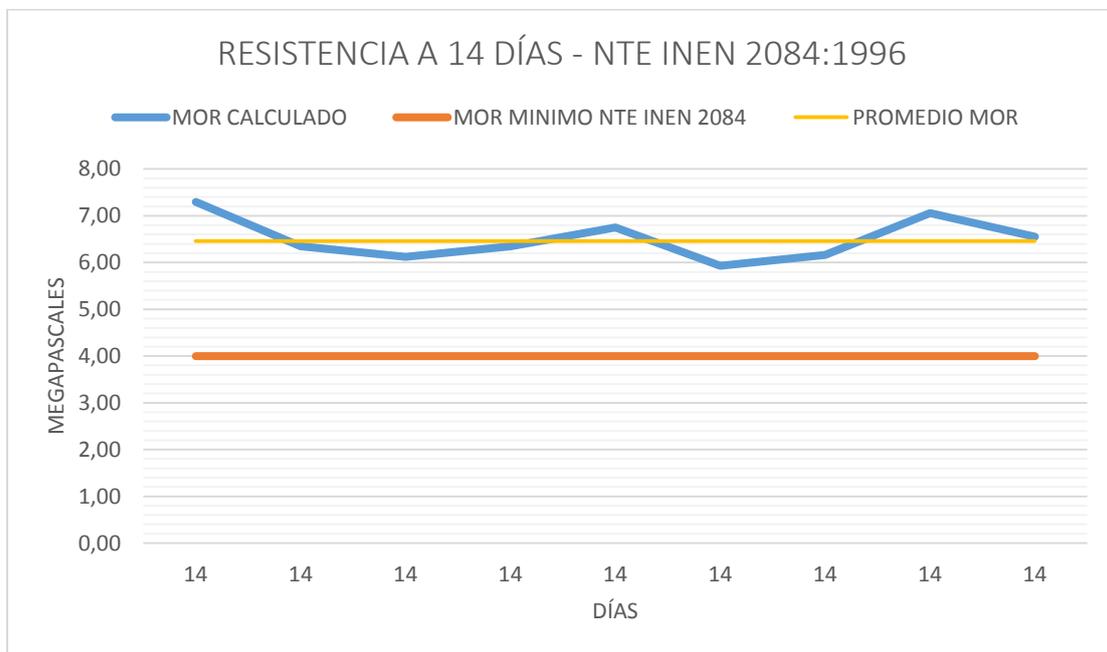
76,17% CEMENTO; 2,09% TOBA; 10% VIRUTA DE CUERO Y 11,74% ADITIVOS						
DÍAS DE ADQUISICIÓN DE RESISTENCIA	MÓDULO DE ROTURA CALCULADO MOR (MPa)	MOR MÍNIMO (MPa) NTE INEN 2084:1996	DENSIDAD CALCULADA (g/cm³)	DENSIDAD MÍNIMA NORMA INTERNA (g/cm³)	ABSORCIÓN CALCULADA (%)	ABSORCIÓN MÁXIMA NORMA INTERNA (%)
7	6,75	4	1,54	1,37	23,42	28
7	5,85	4	1,45	1,37	28,79	28
7	5,74	4	1,46	1,37	28,25	28
7	5,85	4	1,44	1,37	28,26	28
7	6,05	4	1,45	1,37	27,78	28
7	5,69	4	1,49	1,37	26,45	28
7	5,85	4	1,50	1,37	27,42	28
7	6,35	4	1,49	1,37	26,32	28
7	6,05	4	1,44	1,37	29,48	28
14	7,30	4	1,43	1,37	29,13	28
14	6,35	4	1,46	1,37	28,11	28
14	6,12	4	1,46	1,37	27,49	28
14	6,35	4	1,50	1,37	26,24	28
14	6,75	4	1,44	1,37	28,91	28
14	5,93	4	1,47	1,37	27,48	28
14	6,16	4	1,46	1,37	27,69	28
14	7,05	4	1,51	1,37	25,88	28
14	6,55	4	1,48	1,37	26,63	28
21	7,52	4	1,48	1,37	27,32	28
21	7,05	4	1,49	1,37	27,01	28
21	6,35	4	1,40	1,37	31,02	28
21	6,85	4	1,49	1,37	26,76	28
21	7,05	4	1,41	1,37	30,65	28
21	6,05	4	1,43	1,37	29,75	28
21	6,75	4	1,41	1,37	30,03	28
21	7,11	4	1,44	1,37	28,80	28
21	7,05	4	1,47	1,37	27,57	28
\bar{x}	6,46		1,46		27,88	

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

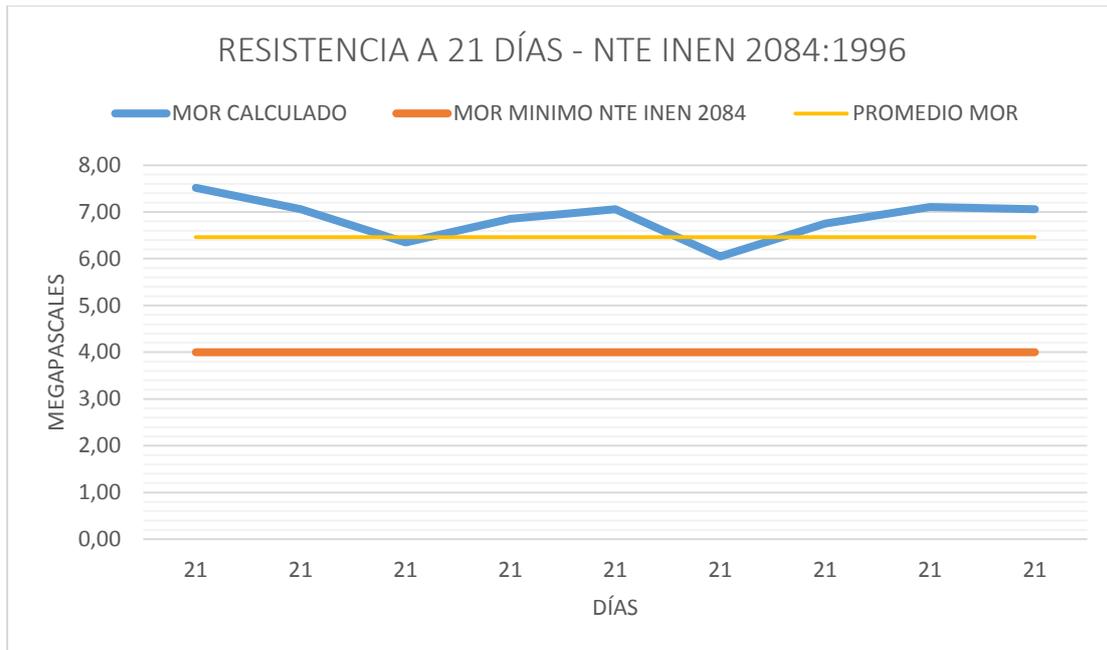
4.1.5.1.- Módulo de rotura.



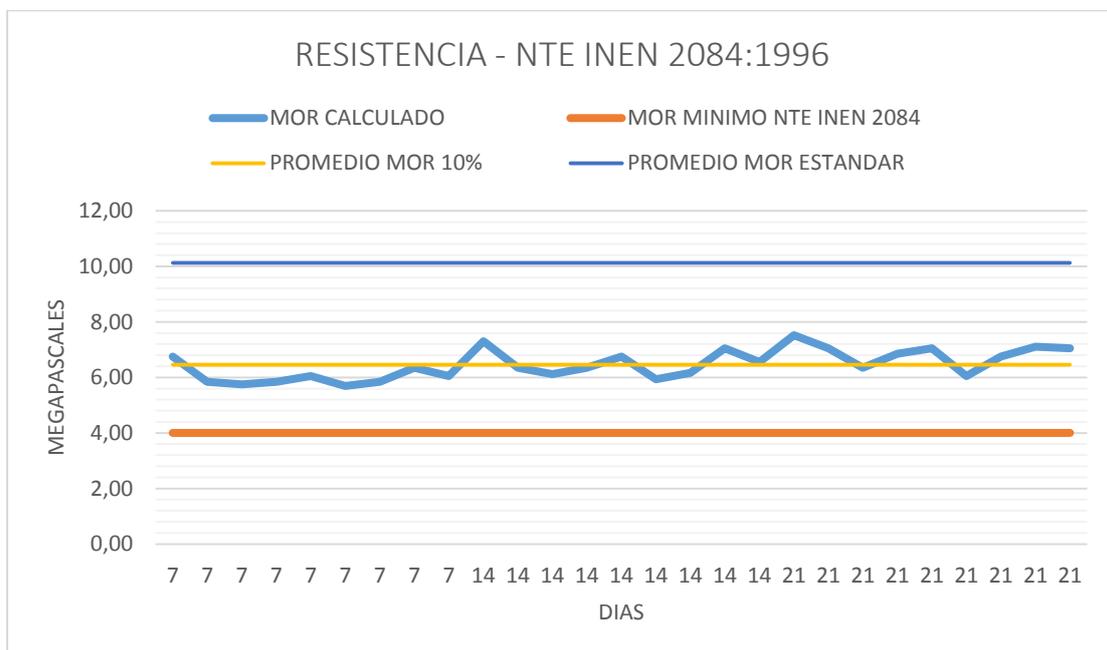
Gráfica 27. Resistencia a la Flexión a los 7 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 2,09% toba; 10% viruta de cuero y 11,74% aditivos.



Gráfica 28. Resistencia a la Flexión a los 14 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 2,09% toba; 10% viruta de cuero y 11,74% aditivos.

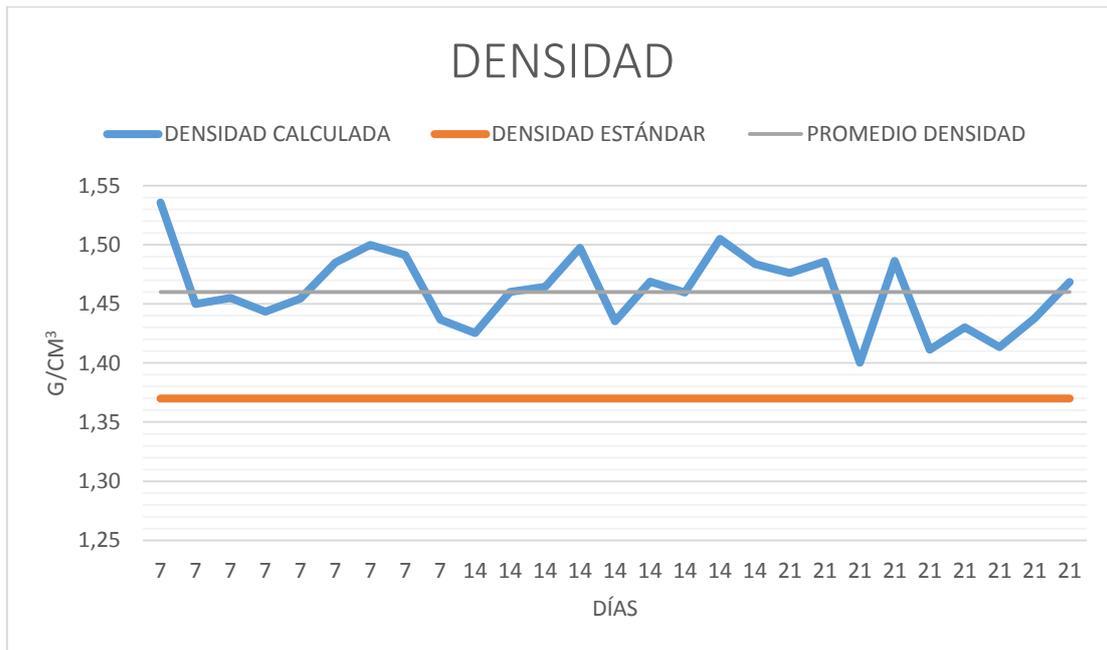


Gráfica 29. Resistencia a la Flexión a los 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 2,09% toba; 10% viruta de cuero y 11,74% aditivos.



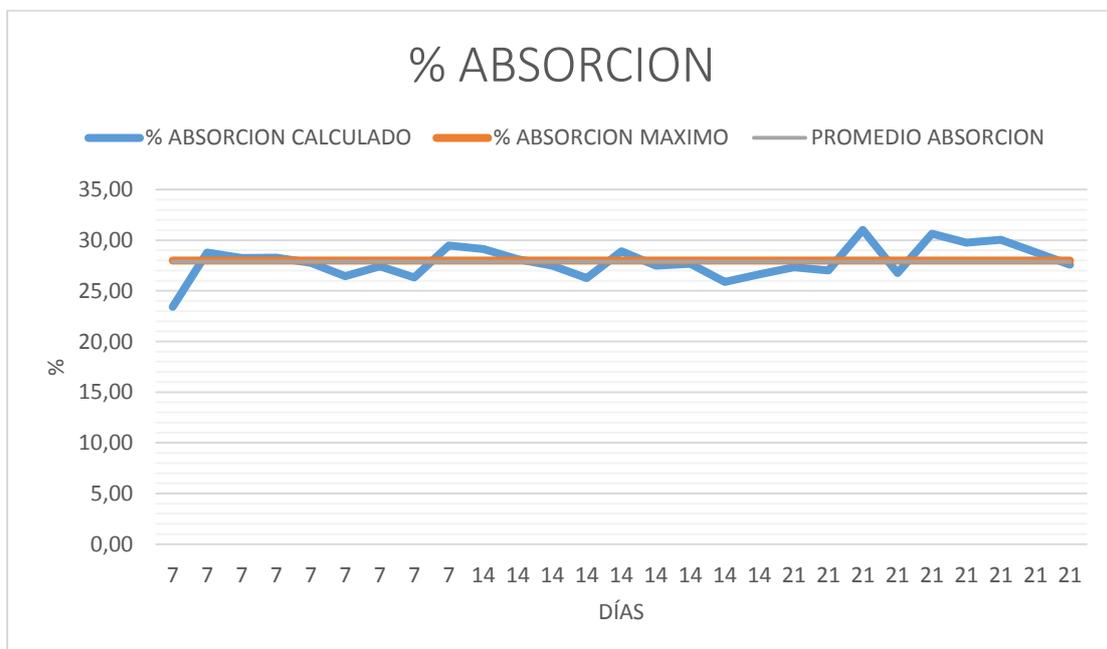
Gráfica 30. Resistencia a la Flexión a 7, 14 y 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 2,09% toba; 10% viruta de cuero y 11,74% aditivos.

4.1.5.2.- Densidad.



Gráfica 31. Densidad a 7, 14 y 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 2,09% toba; 10% viruta de cuero y 11,74% aditivos.

4.1.5.3.- Absorción.



Gráfica 32. Porcentaje de Absorción a 7, 14 y 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 2,09% toba; 10% viruta de cuero y 11,74% aditivos.

4.1.5.4.- Análisis de resultados.

En la gráfica 30 se comparan los valores de módulo de rotura de las probetas con 10% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de módulo de rotura de la Norma NTE INEN 2084:1996. El módulo de rotura promedio de estas probetas es de 6,46 MPa, el mismo que cumple con la especificación de la Norma NTE INEN 2084:1996, siendo como mínimo 4 MPa.

En la gráfica 31 se comparan los valores de densidad de las probetas con 10% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de densidad de acuerdo a la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. La densidad promedio de estas probetas es de 1,46 g/cm³, el mismo que cumple con la especificación de la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A, siendo como mínimo 1,37 g/cm³.

En la gráfica 32 se comparan los valores del porcentaje de absorción de las probetas con 10% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor máximo de porcentaje de absorción de acuerdo a la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. El porcentaje de absorción promedio de estas probetas es de 27,88%, el mismo que cumple con la especificación de la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A, siendo como máximo 28%.

4.1.5.5.- Observaciones.

- No se observó presencia de sólidos en el agua eliminada durante la filtración y el prensado.
- Son láminas en apariencia más resistentes pues no se rompieron con facilidad una vez que se las sacó de la prensa y no presentaron agrietamiento.

4.1.5.6.- Chi cuadrado.

Tabla 15. Resultados obtenidos de las probetas elaboradas: 76,17% cemento; 2,09% toba; 10% viruta de cuero y 11,74% aditivos aplicando chi cuadrado.

DÍAS DE ADQUISICIÓN DE RESISTENCIA	OBSERVADO			ESPERADO			CHI CUADRADO	
	MODULO DE ROTURA			MODULO DE ROTURA			MODULO DE ROTURA	
	ESTANDARES	10%	TOTAL	ESTANDARES	10%	TOTAL	ESTANDARES	10%
7	9,27188	6,75234	16,02422	9,77861	6,24561	16,02422	0,026259338	0,04111365
	10,32000	5,84531	16,16531	9,86471	6,30060	16,16531	0,021013146	0,03289981
	8,16122	5,74453	13,90576	8,48584	5,41992	13,90576	0,012417764	0,01944221
	9,21429	5,84531	15,05960	9,18996	5,86964	15,05960	6,43898E-05	0,00010081
	9,48693	6,04688	15,53380	9,47934	6,05446	15,53380	6,07716E-06	9,5149E-06
	8,38560	5,69157	14,07717	8,59044	5,48673	14,07717	0,004884724	0,0076479
	7,79733	5,84531	13,64265	8,32528	5,31737	13,64265	0,033479659	0,05241835
	9,86133	6,34922	16,21055	9,89232	6,31823	16,21055	9,70462E-05	0,00015194
	10,06231	6,04688	16,10918	9,83046	6,27872	16,10918	0,005468129	0,00856133
14	10,58203	7,29697	17,87900	10,91047	6,96853	17,87900	0,009887054	0,01547994
	11,65755	6,34922	18,00677	10,98844	7,01833	18,00677	0,040743642	0,0637914
	9,31879	6,12112	15,43991	9,42204	6,01787	15,43991	0,001131568	0,00177167
	9,54066	6,34931	15,88997	9,69669	6,19329	15,88997	0,002510558	0,00393072
	11,23598	6,75234	17,98832	10,97718	7,01114	17,98832	0,006101274	0,00955263
	9,47344	5,92834	15,40178	9,39877	6,00301	15,40178	0,000593122	0,00092864
	8,76797	6,15978	14,92775	9,10950	5,81825	14,92775	0,012804613	0,02004789
	10,32948	7,05469	17,38416	10,60850	6,77566	17,38416	0,007338925	0,01149039
	10,53910	6,55078	17,08988	10,42892	6,66096	17,08988	0,001164083	0,00182258

21	12,04000	7,51717	19,55717	11,93456	7,62261	19,55717	0,000931631	0,00145863	
	12,38400	7,05469	19,43869	11,86225	7,57643	19,43869	0,022948437	0,03592985	
	10,06353	6,35077	16,41430	10,01665	6,39765	16,41430	0,000219378	0,00034347	
	11,38431	6,85313	18,23744	11,12920	7,10824	18,23744	0,00584781	0,00915578	
	12,15467	7,05469	19,20935	11,72230	7,48705	19,20935	0,015947121	0,02496805	
	10,27969	6,04688	16,32656	9,96311	6,36345	16,32656	0,010059142	0,01574937	
	9,83952	6,75234	16,59186	10,12501	6,46685	16,59186	0,008049783	0,01260336	
	10,38047	7,10744	17,48791	10,67181	6,81610	17,48791	0,007953614	0,01245279	
	10,71262	7,05469	17,76731	10,84231	6,92500	17,76731	0,001551278	0,0024288	Chi Cuadrado
TOTAL	273,24468	174,52170	447,76638	273,24468	174,52170	447,76638	0,259473303	0,40625149	0,666
	0,61024	0,38976	1,00000						
Ho: Si cumple con la NTE INEN 2084:1996				H1: No cumple con la NTE INEN 2084:1996					
SI: $X^2_{\text{calculado}} < X^2_{\text{tabla}}$ Se Rechaza H1				SI: $X^2_{\text{calculado}} > X^2_{\text{tabla}}$ Se Rechaza Ho					
CHI CALCULADO		CHI TABLA (Ver Anexo 7)		Se rechaza H ₁ y se acepta H ₀ .					
0,666		< 1,3863							

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

4.1.5.7.- Análisis de resultados – chi cuadrado.

En la tabla 15 se comparan los valores de módulo de rotura de las probetas con 10% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de módulo de rotura de la Norma NTE INEN 2084:1996. De acuerdo al análisis estadístico Chi Cuadrado este porcentaje de concentración de viruta de cuero si cumple con la norma NTE INEN 2084:1996, por lo tanto esta concentración es la adecuada.

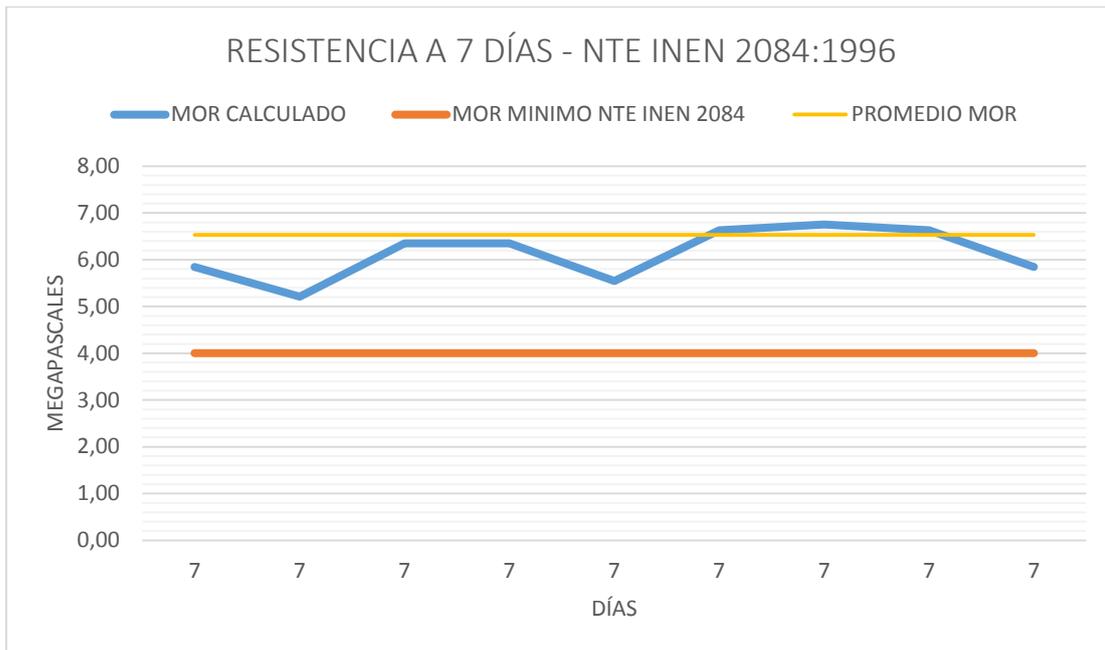
4.1.6.- Probetas con: 76,17% cemento; 2,58% toba; 13,66% viruta de cuero y 7,59% aditivos.

Tabla 16. Resultados obtenidos de las probetas elaboradas: 76,17% cemento; 3,58% toba; 13,66% viruta de cuero y 7,59% aditivos.

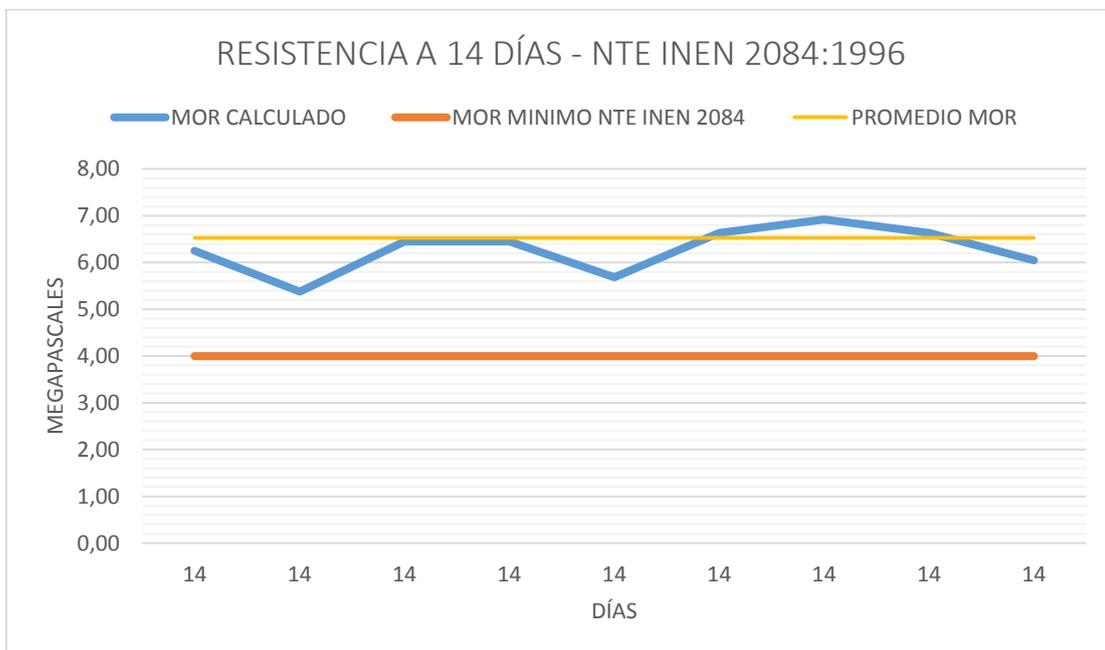
76,17% CEMENTO; 3,58% TOBA; 13,66% VIRUTA DE CUERO Y 7,59% ADITIVOS						
DÍAS DE ADQUISICIÓN DE RESISTENCIA	MÓDULO DE ROTURA CALCULADO MOR (MPa)	MOR MÍNIMO (MPa) NTE INEN 2084:1996	DENSIDAD CALCULADA (g/cm³)	DENSIDAD MÍNIMA NORMA INTERNA (g/cm³)	ABSORCIÓN CALCULADA (%)	ABSORCIÓN MÁXIMA NORMA INTERNA (%)
7	5,85	4	1,36	1,37	32,81	28
7	5,21	4	1,34	1,37	33,21	28
7	6,35	4	1,32	1,37	35,02	28
7	6,35	4	1,36	1,37	32,43	28
7	5,54	4	1,34	1,37	33,13	28
7	6,63	4	1,41	1,37	30,16	28
7	6,75	4	1,37	1,37	32,69	28
7	6,63	4	1,37	1,37	31,97	28
7	5,85	4	1,29	1,37	33,56	28
14	6,25	4	1,34	1,37	32,50	28
14	5,37	4	1,30	1,37	35,37	28
14	6,45	4	1,36	1,37	33,13	28
14	6,45	4	1,39	1,37	31,08	28
14	5,69	4	1,38	1,37	31,23	28
14	6,63	4	1,38	1,37	30,93	28
14	6,92	4	1,29	1,37	35,12	28
14	6,63	4	1,29	1,37	36,03	28
14	6,05	4	1,35	1,37	33,25	28
21	7,28	4	1,28	1,37	36,81	28
21	6,25	4	1,24	1,37	39,34	28
21	7,45	4	1,29	1,37	37,24	28
21	7,34	4	1,32	1,37	35,30	28
21	6,55	4	1,25	1,37	38,85	28
21	7,52	4	1,29	1,37	36,37	28
21	7,86	4	1,36	1,37	32,21	28
21	7,52	4	1,25	1,37	38,00	28
21	7,05	4	1,31	1,37	35,17	28
\bar{x}	6,53		1,33		34,18	

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

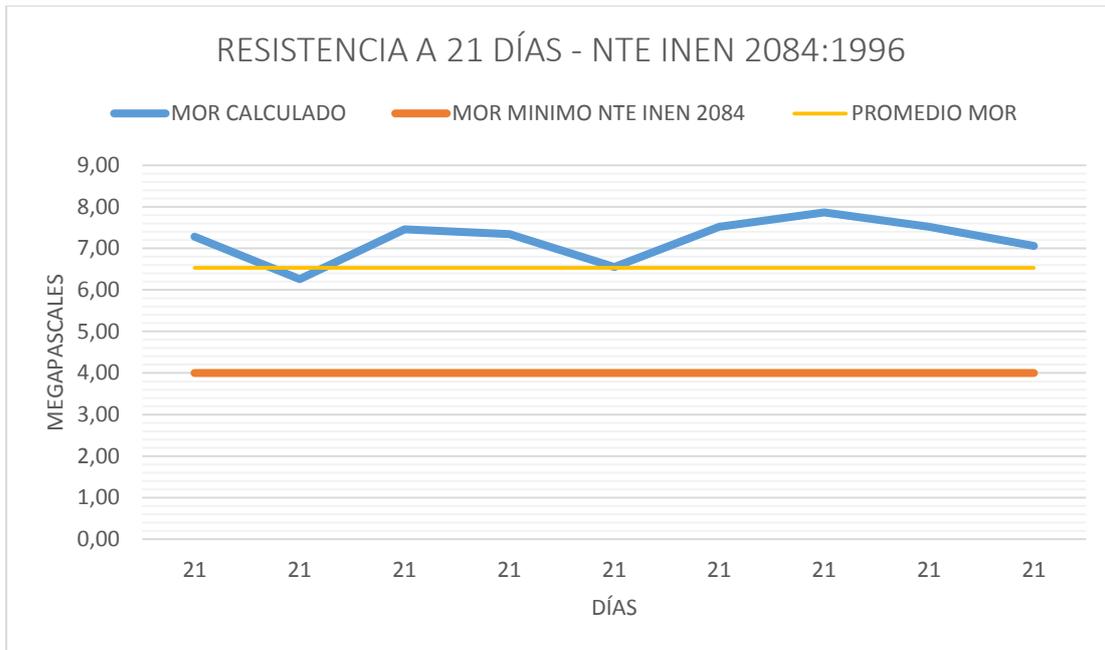
4.1.6.1.- Módulo de rotura.



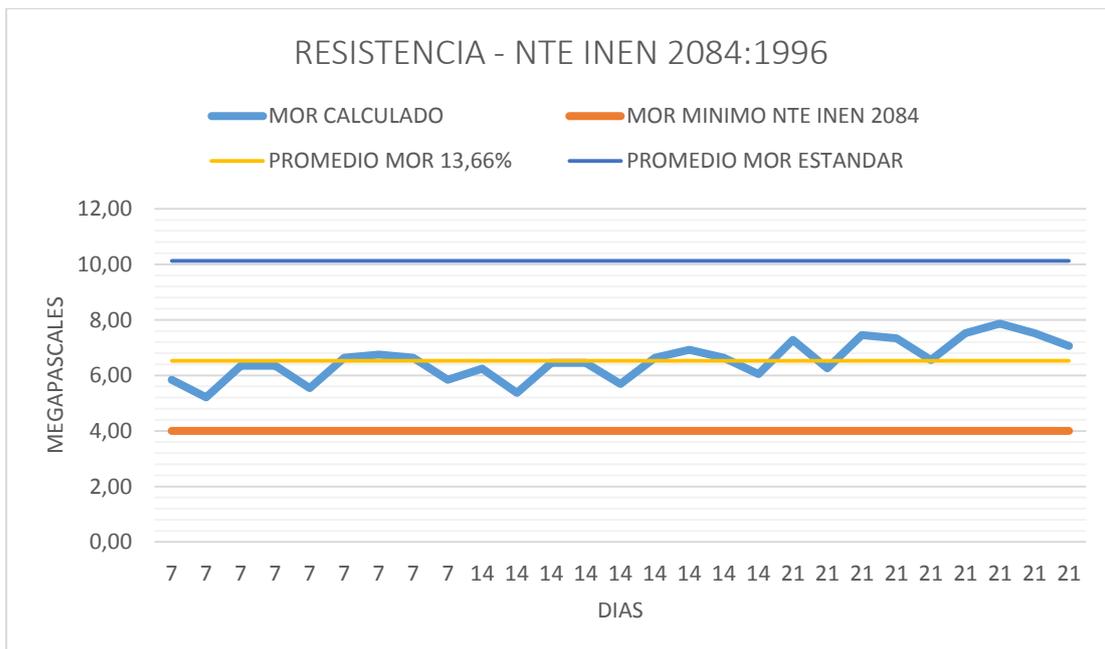
Gráfica 33. Resistencia a la Flexión a los 7 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 2,58% toba; 13,66% viruta de cuero y 7,59% aditivos.



Gráfica 34. Resistencia a la Flexión a los 14 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 2,58% toba; 13,66% viruta de cuero y 7,59% aditivos.

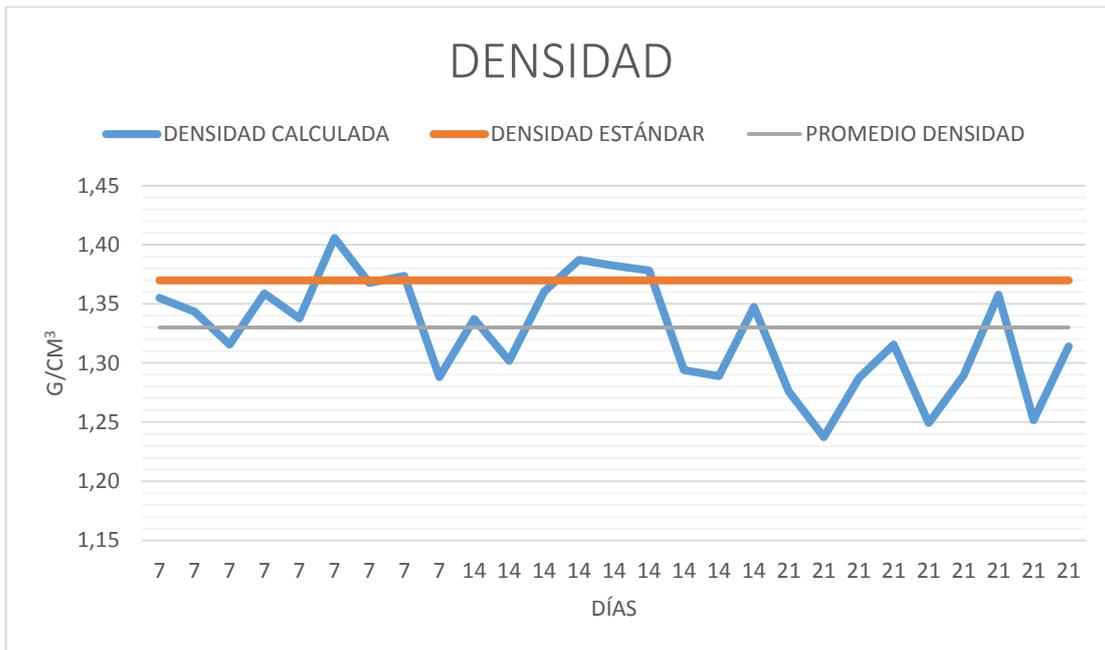


Gráfica 35. Resistencia a la Flexión a los 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 2,58% toba; 13,66% viruta de cuero y 7,59% aditivos.



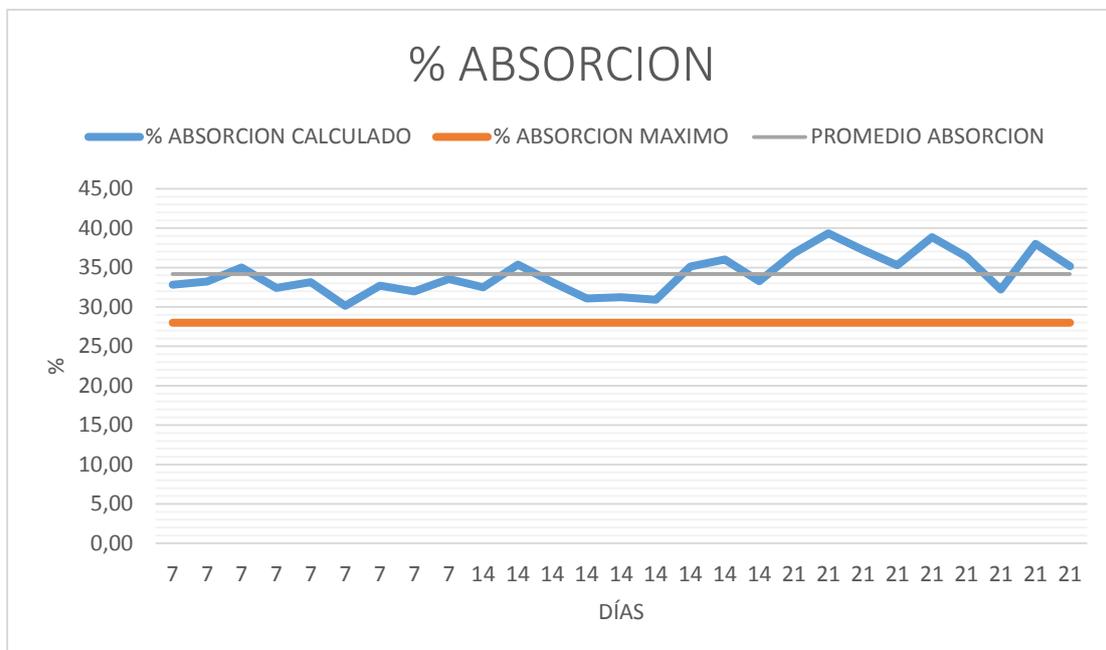
Gráfica 36. Resistencia a la Flexión a 7, 14 y 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 2,58% toba; 13,66% viruta de cuero y 7,59% aditivos.

4.1.6.2.- Densidad.



Gráfica 37. Densidad a 7, 14 y 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 2,58% toba; 13,66% viruta de cuero y 7,59% aditivos.

4.1.6.3.- Absorción.



Gráfica 38. Porcentaje de Absorción a 7, 14 y 21 días en probetas elaboradas: 76,17% cemento; 2,58% toba; 13,66% viruta de cuero y 7,59% aditivos.

4.1.6.4.- Análisis de resultados.

En la gráfica 36 se comparan los valores de módulo de rotura de las probetas con 13,66% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de módulo de rotura de la Norma NTE INEN 2084:1996. El módulo de rotura promedio de estas probetas es de 6,53 MPa, el mismo que cumple con la especificación de la Norma NTE INEN 2084:1996, siendo como mínimo 4 MPa.

En la gráfica 37 se comparan los valores de densidad de las probetas con 13,66% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de densidad de acuerdo a la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. La densidad promedio de estas probetas es de 1,33 g/cm³, el mismo que no cumple con la especificación de la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A, siendo como mínimo 1,37 g/cm³.

En la gráfica 38 se comparan los valores del porcentaje de absorción de las probetas con 13,66% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor máximo de porcentaje de absorción de acuerdo a la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. El porcentaje de absorción promedio de estas probetas es de 34,18%, el mismo que no cumple con la especificación de la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A, siendo como máximo 28%.

4.1.6.5.- Observaciones.

- No se observó presencia de sólidos en el agua eliminada durante la filtración y el prensado.
- Láminas en apariencia más resistentes, no se rompieron si se agrietaron una vez retiradas de la prensa.

4.1.6.6.- Chi cuadrado.

Tabla 17. Resultados obtenidos de las probetas elaboradas: 76,17% cemento; 2,58% toba; 13,66% viruta de cuero y 7,59% aditivos aplicando chi cuadrado.

DÍAS DE ADQUISICIÓN DE RESISTENCIA	OBSERVADO			ESPERADO			CHI CUADRADO		
	MODULO DE ROTURA			MODULO DE ROTURA			MODULO DE ROTURA		
	ESTANDARES	13,66%	TOTAL	ESTANDARES	13,66%	TOTAL	ESTANDARES	13,66%	
7	9,27188	5,84531	15,11719	9,185920883	5,93126662	15,1171875	0,000804286	0,00124562	
	10,32000	5,21212	15,53212	9,438054307	6,0940669	15,5321212	0,082414042	0,12763697	
	8,16122	6,34931	14,51054	8,817290497	5,69324529	14,5105358	0,048815745	0,07560233	
	9,21429	6,34922	15,56350	9,457124261	6,1063802	15,5635045	0,00623557	0,0096572	
	9,48693	5,54297	15,02990	9,132879513	5,89701828	15,0298978	0,013725252	0,02125669	
	8,38560	6,63361	15,01920	9,126381689	5,89282269	15,0192044	0,060129424	0,09312415	
	7,79733	6,75234	14,54968	8,841074609	5,70860247	14,5496771	0,123219846	0,19083407	
	9,86133	6,63361	16,49494	10,02311002	6,47183213	16,4949421	0,002611135	0,00404394	
	10,06231	5,84531	15,90762	9,66622476	6,24139452	15,9076193	0,016229807	0,02513556	
14	10,58203	6,24844	16,83047	10,22699192	6,60347683	16,8304688	0,012325514	0,01908887	
	11,65755	5,37373	17,03128	10,34901336	6,68226498	17,0312783	0,165452442	0,25624089	
	9,31879	6,45000	15,76879	9,581862627	6,18692265	15,7687853	0,00722299	0,01118645	
	9,54066	6,45000	15,99066	9,716684922	6,27397619	15,9906611	0,003188781	0,00493856	
	11,23598	5,68595	16,92193	10,28256614	6,63936061	16,9219267	0,088401182	0,13690942	
	9,47344	6,63361	16,10705	9,787406097	6,31964022	16,1070463	0,010071747	0,0155984	
	8,76797	6,91791	15,68588	9,531482461	6,15439262	15,6858751	0,06116081	0,09472148	
	10,32948	6,63361	16,96309	10,30757609	6,65550931	16,9630854	4,6532E-05	7,2065E-05	
	10,53910	6,04688	16,58598	10,07842736	6,50755003	16,5859774	0,021057004	0,03261158	

21	12,04000	7,28042	19,32042	11,74000651	7,58041677	19,3204233	0,007665762	0,01187218	
	12,38400	6,25455	18,63855	11,32566517	7,31288029	18,6385455	0,098896851	0,15316436	
	10,06353	7,45333	17,51686	10,64407581	6,87278416	17,51686	0,031664313	0,04903942	
	11,38431	7,33867	18,72298	11,37697253	7,34600899	18,7229815	4,73849E-06	7,3386E-06	
	12,15467	6,55078	18,70545	11,36631828	7,33912964	18,7054479	0,054678495	0,08468214	
	10,27969	7,51717	17,79686	10,81421537	6,98264174	17,7968571	0,026420784	0,04091862	
	9,83952	7,86094	17,70046	10,75563767	6,94481865	17,7004563	0,078031054	0,12084891	
	10,38047	7,51717	17,89764	10,87545484	7,02218352	17,8976384	0,022528826	0,03489103	
	10,71262	7,05469	17,76731	10,79626134	6,97104899	17,7673103	0,000647947	0,00100349	Chi Cuadrado
TOTAL	273,24468	176,43164	449,67631	273,244679	176,431635	449,676314	1,043650879	1,61633173	2,6599826
	0,60765	0,39235	1,00000						
Ho: Si cumple con la NTE INEN 2084:1996				Hi: No cumple con la NTE INEN 2084:1996					
SI: X ² calculado < X ² tabla Se Rechaza Hi				SI: X ² calculado > X ² tabla Se Rechaza Ho					
CHI CALCULADO		CHI TABLA (Ver Anexo 7)			Se rechaza Ho y se acepta H ₁ .				
2,659		> 1,3863							

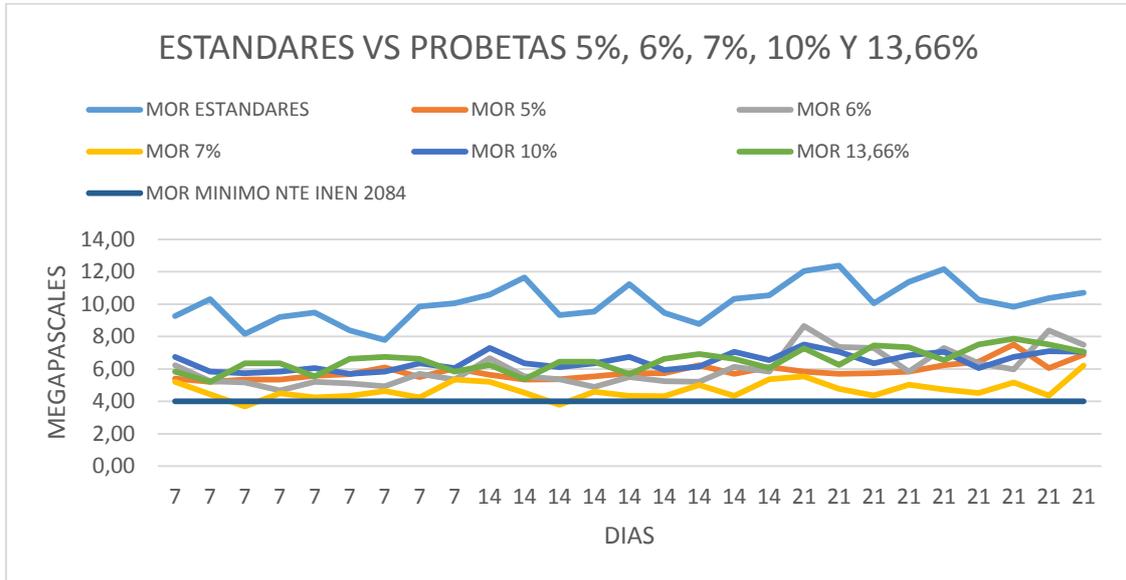
Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

4.1.6.7.- Análisis de resultados – chi cuadrado.

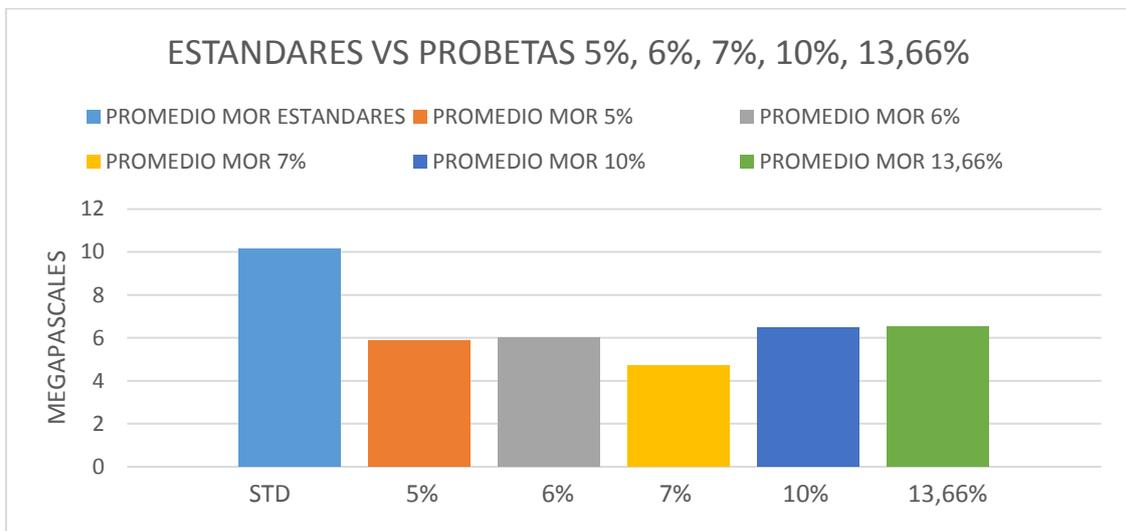
En la tabla 17 se comparan los valores de módulo de rotura de las probetas con 13,66% de viruta de cuero de concentración elaboradas a nivel de laboratorio con el valor mínimo de módulo de rotura de la Norma NTE INEN 2084:1996. De acuerdo al análisis estadístico Chi Cuadrado este porcentaje de concentración de viruta de cuero no cumple con la norma NTE INEN 2084:1996.

4.1.7.- Análisis: Probetas estándares vs probetas a 5%, 6%, 7%, 10% y 13,66% de concentración de viruta de cuero

4.1.7.1.- Módulo de rotura.



Gráfica 39. Resistencia a la Flexión: Estándares vs Probetas 5%, 6%, 7%, 10% y 13,66% de viruta de cuero.



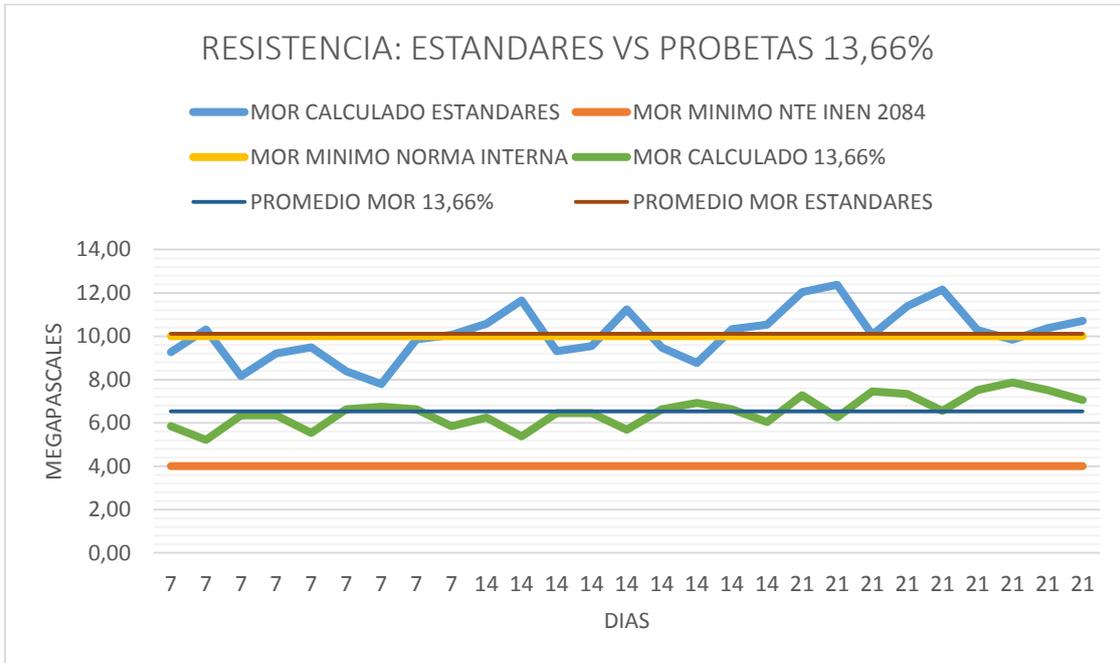
Gráfica 40. Resistencia a la Flexión: Probetas estándares vs Probetas 5%, 6%, 7%, 10% y 13,66% de viruta de cuero.

En las gráficas 39 y 40 se hace una comparación entre los valores de módulo de rotura de las probetas estándares elaborados y los valores de módulo de rotura de las probetas elaboradas a 5%, 6%, 7%, 10% y 13,66% de concentración de viruta de cuero. Todas las probetas a diferente concentración de viruta de cuero cumplen con la especificación de la Norma NTE INEN 2084:1996, siendo como mínimo 4 MPa.

4.1.8.- Análisis de la dosificación con mejor promedio de módulo de rotura

La concentración de viruta de cuero con mejor promedio en módulo de rotura fue la de 13.66 %. Ahora comparamos los resultados tanto de módulo de rotura como de densidad y absorción con los valores obtenidos por los estándares.

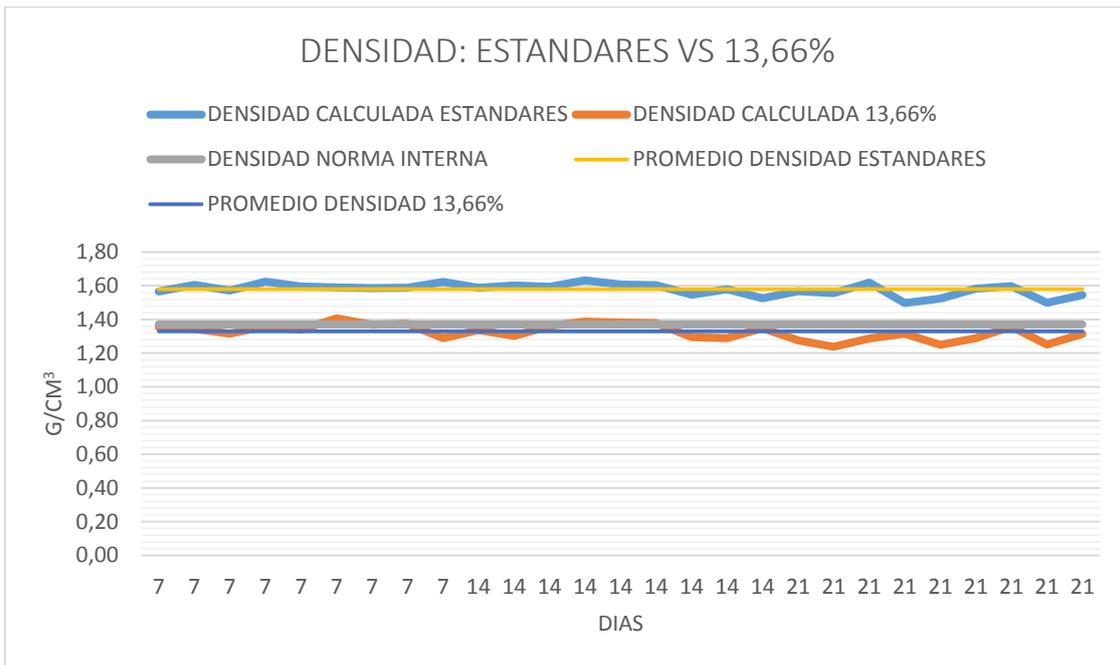
4.1.8.1.- Módulo de rotura.



Gráfica 41. Resistencia a la Flexión: Estándares vs Probetas 13,66% de viruta de cuero.

En la gráfica 41 se comparan los valores de módulo de rotura de las probetas con 13,66% de viruta de cuero de concentración con los valores de módulo de rotura de las probetas estándares, estos valores están dentro de la especificación que exige la Norma NTE INEN 2084:1996 a pesar de que estén por debajo de los valores de las probetas estándares; a esta concentración el módulo de rotura promedio fue de 6,53 MPa siendo el valor más alto.

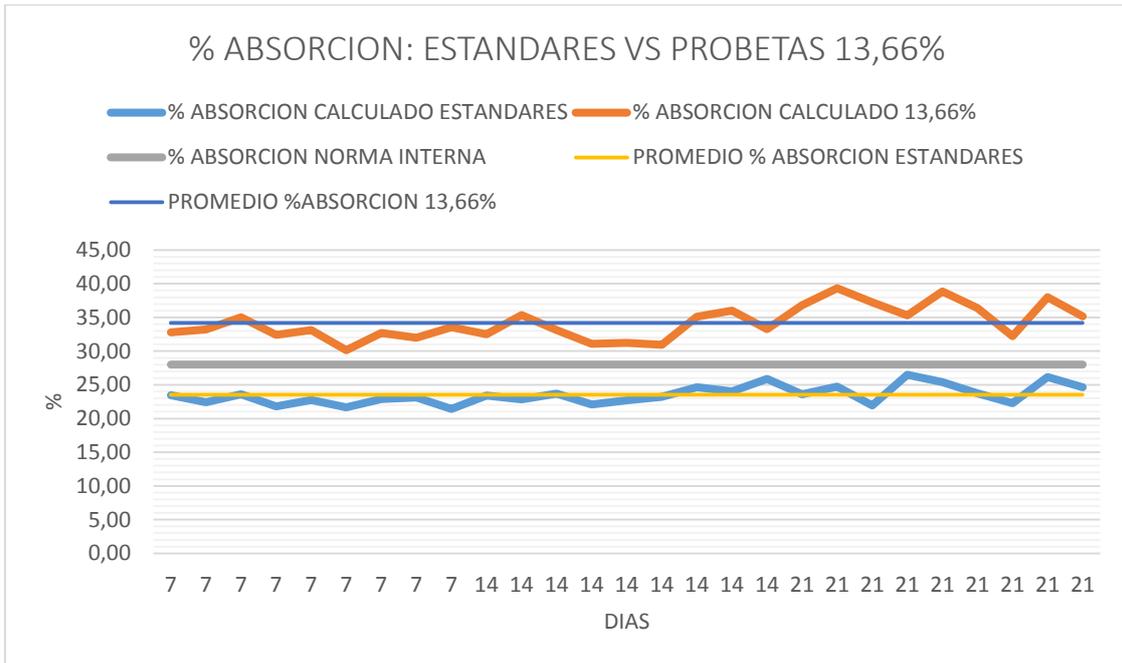
4.1.8.2.- Densidad.



Gráfica 42. Densidad: Estándares vs Probetas 13,66% de viruta de cuero.

En la gráfica 42 se comparan los valores de densidad obtenidos de las probetas estándares con las probetas de 13.66% de concentración de viruta de cuero. La densidad de las probetas estándares es más alta que la densidad de las probetas de 13.66% de concentración de viruta de cuero.

4.1.8.3.- Absorción.



Gráfica 43. Porcentaje de Absorción: Estándares vs Probetas 13,66% de viruta de cuero.

En la gráfica 43 se compara los valores de porcentaje de absorción obtenidos de las probetas estándares con las probetas de 13.66% de concentración de viruta de cuero. El porcentaje de absorción de las probetas estándares es más bajo que el porcentaje de absorción de las probetas de 13.66% de concentración de viruta de cuero.

4.2.- Pruebas de hipótesis

Con el objeto de responder a las hipótesis planteadas, se procedió al análisis estadístico de los datos y a la comparación de estos con las especificaciones de la Norma NTE INEN 2084:1996 y la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A.

4.2.1.- Hipótesis específicas

4.2.1.1.- Hipótesis 1.

- Mediante la determinación de forma experimental de la composición de viruta de cuero para la elaboración de láminas planas de fibrocemento se obtendrán los valores porcentuales adecuados de viruta de cuero en las láminas planas de fibrocemento.

Mediante la prueba estadística del Chi Cuadrado se obtuvo que 10% de concentración de viruta de cuero es la composición porcentual adecuada para la elaboración de láminas planas de fibrocemento, esto se demuestra en las siguientes tablas:

Tabla 18. Resumen de resultados - Chi Cuadrado.

CONCENTRACIÓN DE VIRUTA DE CUERO	CHI CALCULADO		CHI TABLA	RESULTADO
5%	1,827	>	1,3863	No cumple con la NTE INEN 2084:1996
6%	1,761	>	1,3863	No cumple con la NTE INEN 2084:1996
7%	1,457	>	1,3863	No cumple con la NTE INEN 2084:1996
10%	0,666	<	1,3863	SI cumple con la NTE INEN 2084:1996
13,66%	2,659	>	1,3863	No cumple con la NTE INEN 2084:1996
Ho: Si cumple con la NTE INEN 2084:1996				H₁: No cumple con la NTE INEN2084:1996
SI: X ² calculado < X ² tabla Se Rechaza H₁				SI: X ² calculado > X ² tabla Se Rechaza Ho

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

Tabla 19. Resultados obtenidos de las probetas elaboradas al 10% de viruta de cuero y 90% base cementosa aplicando chi cuadrado.

	OBSERVADO			ESPERADO			CHI CUADRADO		
	MODULO DE ROTURA			MODULO DE ROTURA			MODULO DE ROTURA		
DÍAS DE ADQUISICIÓN DE RESISTENCIA	ESTÁNDARES	10%	TOTAL	ESTÁNDARES	10%	TOTAL	ESTÁNDARES	10%	
7	9,27188	6,75234	16,02422	9,77861	6,24561	16,02422	0,026259338	0,04111365	
	10,32000	5,84531	16,16531	9,86471	6,30060	16,16531	0,021013146	0,03289981	
	8,16122	5,74453	13,90576	8,48584	5,41992	13,90576	0,012417764	0,01944221	
	9,21429	5,84531	15,05960	9,18996	5,86964	15,05960	6,43898E-05	0,00010081	
	9,48693	6,04688	15,53380	9,47934	6,05446	15,53380	6,07716E-06	9,5149E-06	
	8,38560	5,69157	14,07717	8,59044	5,48673	14,07717	0,004884724	0,0076479	
	7,79733	5,84531	13,64265	8,32528	5,31737	13,64265	0,033479659	0,05241835	
	9,86133	6,34922	16,21055	9,89232	6,31823	16,21055	9,70462E-05	0,00015194	
14	10,06231	6,04688	16,10918	9,83046	6,27872	16,10918	0,005468129	0,00856133	
	10,58203	7,29697	17,87900	10,91047	6,96853	17,87900	0,009887054	0,01547994	
	11,65755	6,34922	18,00677	10,98844	7,01833	18,00677	0,040743642	0,0637914	
	9,31879	6,12112	15,43991	9,42204	6,01787	15,43991	0,001131568	0,00177167	
	9,54066	6,34931	15,88997	9,69669	6,19329	15,88997	0,002510558	0,00393072	
	11,23598	6,75234	17,98832	10,97718	7,01114	17,98832	0,006101274	0,00955263	
	9,47344	5,92834	15,40178	9,39877	6,00301	15,40178	0,000593122	0,00092864	
	8,76797	6,15978	14,92775	9,10950	5,81825	14,92775	0,012804613	0,02004789	
21	10,32948	7,05469	17,38416	10,60850	6,77566	17,38416	0,007338925	0,01149039	
	10,53910	6,55078	17,08988	10,42892	6,66096	17,08988	0,001164083	0,00182258	
	12,04000	7,51717	19,55717	11,93456	7,62261	19,55717	0,000931631	0,00145863	
	12,38400	7,05469	19,43869	11,86225	7,57643	19,43869	0,022948437	0,03592985	

	10,06353	6,35077	16,41430	10,01665	6,39765	16,41430	0,000219378	0,00034347	
	11,38431	6,85313	18,23744	11,12920	7,10824	18,23744	0,00584781	0,00915578	
	12,15467	7,05469	19,20935	11,72230	7,48705	19,20935	0,015947121	0,02496805	
	10,27969	6,04688	16,32656	9,96311	6,36345	16,32656	0,010059142	0,01574937	
	9,83952	6,75234	16,59186	10,12501	6,46685	16,59186	0,008049783	0,01260336	
	10,38047	7,10744	17,48791	10,67181	6,81610	17,48791	0,007953614	0,01245279	
	10,71262	7,05469	17,76731	10,84231	6,92500	17,76731	0,001551278	0,0024288	Chi Cuadrado
TOTAL	273,24468	174,52170	447,76638	273,24468	174,52170	447,76638	0,259473303	0,40625149	0,666
	0,61024	0,38976	1,00000						
Ho: Si cumple con la NTE INEN 2084:1996				Hi: No cumple con la NTE INEN 2084:1996					
SI: $X^2_{\text{calculado}} < X^2_{\text{tabla}}$ Se Rechaza H₁				SI: $X^2_{\text{calculado}} > X^2_{\text{tabla}}$ Se Rechaza Ho					
CHI CALCULADO		CHI TABLA		Se rechaza H ₁ y se acepta Ho.					
0,666		< 1,3863							
A UNA CONCENTRACIÓN DE 10% DE VIRUTA DE CUERO, SI SE CUMPLE CON LA NORMA NTE INEN 2084:1996.									

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

4.2.1.2.- Hipótesis 2.

- Con la identificación de las variables de calidad de las láminas planas de fibrocemento fabricadas con viruta de cuero se comprobará las semejanzas de calidad con las láminas de fibrocemento que se realizan actualmente en la Empresa TUBASEC C.A.

Las variables de calidad evaluadas de acuerdo a la Norma NTE INEN 2084:1996 y a la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. son las siguientes:

- Módulo de Rotura
- Densidad
- Absorción

Las especificaciones de las variables de calidad vienen dadas de la siguiente forma:

Tabla 20. Especificaciones de las variables de calidad.

	NTE INEN 2084:1996	NORMA INTERNA
MÓDULO DE ROTURA	Mor mínimo: 4 MPa	Mor mínimo: 10 MPa
DENSIDAD	Establecida por el fabricante	Densidad Mínima: 1,37 g/cm ³
ABSORCIÓN	-	Porcentaje de Absorción Máximo: 28%

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

Nota: La Norma NTE INEN 2084:1996 dicta que el fabricante debe especificar en su información la densidad aparente mínima de las láminas.

4.2.1.3.- Hipótesis 3.

- Al comparar las variables de calidad de las láminas planas fabricadas con viruta de cuero con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2084:1996 correspondiente a Láminas planas de fibrocemento. Requisitos, se validará la investigación propuesta.

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2084:1996 establece los siguientes valores como Módulo de Rotura mínimo:

Tabla 21. Módulo de rotura mínimo según Norma NTE INEN 2084:1996.

CATEGORÍA	RESISTENCIA EN EQUILIBRIO TIPO B MPa
1	4
2	7
3	10
4	16
5	22

Fuente. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2084:1996.

Al comparar los valores promedio de Módulo de rotura de cada una de las formulaciones a diferentes concentraciones de viruta de cuero con la Norma NTE INEN 2084:1996 comprobamos que estas cumplen con la Norma NTE INEN 2084:1996 entrando en la Categoría 1, Tipo B.

Tabla 22. Comparación de los valores promedios de Módulo de rotura calculados con la Norma NTE INEN 2084:1996.

CONCENTRACIÓN DE VIRUTA DE CUERO	PROMEDIOS MÓDULO DE ROTURA CALCULADOS (MPa)	MOR MÍNIMO (MPa) NTE INEN 2084:1996
5%	5,85	4
6%	6,02	4
7%	4,70	4
10%	6,46	4
13,66%	6,53	4

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

El mejor promedio obtenido de Módulo de Rotura es 6,53 MPa, correspondiente a una concentración de 13,66% de viruta de cuero. A esta concentración se tiene una densidad de 1,33 g/cm³ y una absorción del 34,18%, estos valores no cumplen con la Norma Interna de la Empresa, por lo tanto se considera como composición adecuada a la dosificación con 10% de viruta de cuero, ya que esta si cumple con la Norma Técnica NTE INEN 2084:1996, con la Norma Interna de la Empresa y con el método estadístico del chi cuadrado.

4.3.- Discusión de resultados

Esta investigación tuvo como propósito la sustitución de la viruta de cuero por crisotilo en la elaboración de láminas planas de fibrocemento. Sobre todo se pretendió comparar los valores de las variables de calidad obtenidas con la Norma NTE INEN 2084:1996, además se identificó la composición a la cual se obtuvo los mejores resultados en módulo de rotura.

A continuación se estarán discutiendo los principales hallazgos de esta investigación.

La Norma NTE INEN 2084:1996 dicta que los valores mínimos de módulo de rotura van de 4 a 22 MPa en rangos que abarcan 5 categorías. También se establece que el fabricante debe especificar en su información la densidad aparente mínima de las láminas.

La Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. establece valores de densidad y porcentaje de absorción obtenidos de acuerdo a su experiencia, estos son: 1,37 g/cm³ de densidad como mínimo y 28% de absorción como máximo.

Tabla 23. Resumen de los resultados obtenidos.

CONCENTRACIÓN DE VIRUTA DE CUERO	PROMEDIO MÓDULO DE ROTURA CALCULADO (MPa)	PROMEDIO DENSIDAD CALCULADA (g/cm³)	PROMEDIO PORCENTAJE DE ABSORCIÓN CALCULADO (%)
5%	5,85	1,48	27,68
6%	6,02	1,48	27,08
7%	4,70	1,46	27,78
10%	6,46	1,46	27,88
13,66%	6,53	1,33	34,18

Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

Se comprueba que todos los módulos de rotura promedio de las probetas a diferentes concentraciones de viruta de cuero cumplen con la Norma NTE INEN 2084:1996 ubicándose en la Categoría 1, Tipo B.

A excepción de las probetas de 13,66% de concentración de viruta de cuero, el resto de dosificaciones cumplen con la Norma Interna para la densidad y absorción, esto se debe a que no existió pérdida de sólidos durante las operaciones de filtración y prensado, lo cual nos lleva a pensar que la matriz formada tiene buena capacidad de retención de sólidos.

A una concentración de viruta de cuero del 13,66% se registró el promedio más alto de módulo de rotura, sin embargo, la densidad y la absorción no cumplieron con la especificación que dicta la Norma Interna. Esto puede deberse a que la viruta de cuero a pesar de ser una materia prima larga, al formar la matriz dejó espacios que permitieron el escape mínimo de sólidos pero le aportó a la probeta mayor flexibilidad reflejándose en el resultado promedio de módulo de rotura.

Al aplicar chi cuadrado como análisis estadístico a los datos se aceptó como mejor resultado la concentración al 10% de viruta de cuero, dándonos un valor de chi cuadrado calculado de 0,666 siendo menor al chi cuadrado obtenido en tabla que es de 1,3863; lo que nos indica que si existe una significancia estadística, de esta manera se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula. Con esto se concluye que a esta concentración los valores de módulo de rotura cumplen con la Norma NTE INEN 2084:1996.

Por lo tanto se considera como composición adecuada a la dosificación con 10% de viruta de cuero.

CAPÍTULO V. IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

5.1.- Propuesta para la solución del problema

En base a los resultados obtenidos se propone experimentar con una mayor concentración de viruta de cuero percatándose de que no se altere la dosificación adecuada del resto de materias primas para así poder observar si continúa el aumento en el módulo de rotura a medida que aumenta la cantidad de viruta de cuero y cómo se refleja este aumento de viruta de cuero en la densidad y absorción.

5.2.- Costos de implementación de la propuesta

Por motivos de acuerdos de confidencialidad, no se tuvo acceso a la parte financiera que maneja la Empresa TUBASEC C.A. Por lo tanto, los costos de implementación en el caso de que se pusiera en marcha las pruebas a nivel de planta serán manejados exclusivamente por la Empresa.

CONCLUSIONES

- Para la evaluación de la calidad de las probetas elaboradas con viruta de cuero se identificó las variables con las cuales se trabajó. De acuerdo a la Norma Técnica NTE INEN 2084:1996 la principal variable que se evaluó fue la resistencia a la flexión o módulo de rotura, teniendo como resistencia mínima en equilibrio 4 MPa. También se evaluó la densidad y la absorción. Las especificaciones de estas dos últimas variables fueron tomadas de la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A. puesto que la Norma NTE INEN 2084:1996 sólo indica que la densidad debe ser especificada por el fabricante.
- Los resultados obtenidos, principalmente de módulo de rotura, fueron comparados con la Norma Técnica NTE INEN 2084:1996. Los promedios de módulo de rotura de todas las probetas elaboradas a nivel de laboratorio cumplieron con la norma ubicándose en la Categoría 1, Tipo B de esta.

Estos resultados también fueron evaluados con el método estadístico del chi cuadrado. Este método nos demostró que las probetas con 10% de viruta de cuero fueron las que cumplieron con la Norma Técnica NTE INEN 2084:1996 con un promedio de módulo de rotura de 6,46 MPa. Además, su densidad promedio (1,46 g/cm³) y su porcentaje de absorción promedio (27,88%) cumplen con la Norma Interna de la Empresa TUBASEC C.A.

Por lo tanto se concluye que la dosificación adecuada es la correspondiente a la concentración de 10% de viruta de cuero, ya que a esta concentración se obtuvieron los mejores resultados.

- A pesar de que el módulo de rotura promedio de todas las pruebas cumplen con la normativa para su utilización en la Categoría 1, Tipo B según la Norma NTE INEN 2084:1996; un factor determinante es la concentración de cromo total, dato que según las pruebas en probeta seca a los 21 días de realizada fue 560,70 mg/ Kg (ver Anexo

8), valor que es relativamente alto en función a la normativa de aguas residuales de curtiembres. Sin embargo, al no existir un parámetro de medición en la normativa de materiales de construcción se podría utilizar este material como relleno en la producción de láminas de fibrocemento. Esto siempre y cuando, tomando la consideración y el argumento técnico que el cromo encontrado en la viruta de cuero es cromo III y no cromo VI. Explicación que se justifica en estudios realizados y en bibliografía en donde se explica que la transformación de cromo trivalente a hexavalente se da por las reacciones de óxido-reducción asociadas a los efluentes líquidos del proceso, mas no en los residuos sólidos que se obtienen de la piel ya curtida.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable que se continúe investigando sobre el reemplazo de crisotilo con viruta de cuero con concentraciones que no afecten la dosificación idónea del resto de materias primas.
- Este trabajo puede ser el punto de partida para otros estudios, por lo cual se sugiere la investigación con otro tipo de fibras sintéticas.
- Para minimizar el índice de cromo total se recomienda utilizar viruta de cuero con concentración baja de cromo III, esto se puede lograr mejorando los procesos de curtición o utilizando técnicas alternativas para la curtición.
- Basándonos en que la resistencia mecánica es directamente proporcional al tamaño de partícula del cemento, es recomendable utilizar un cemento de partículas de mayor finura para obtener resistencias mecánicas más altas.
- La viruta de cuero se podría utilizar como material de relleno en la fabricación de adoquines y bloques, siempre y cuando sea en cantidades pequeñas y que no afecten sus resistencias.
- Se recomienda probar otros métodos de evaluación estadísticos, como el método t-student.

BIBLIOGRAFÍA

GENERAL

- FUJIKAWA, E. 2002. Incorporación de residuos “virutas de cuero” en materiales de construcción. Tesis previa a la obtención del título de Master en Ingeniería Industrial, Universidad Estatal Paulista, Facultad de Ingeniería, Campus de Bauru, Brasil.
- JARABO, R. 2012. Efecto de la Sepiolita y de Nuevas Fibras Alternativas Celulósicas en el Comportamiento de Suspensiones de Fibrocemento. Tesis de Doctorado, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Ingeniería Química, España.
- JORDÁN, M. 2011. Obtención de colágeno por hidrólisis alcalina-enzimática del residuo de Wet Blue en el proceso de curtición. Tesis de grado previa obtención del título de Ingeniero en Biotecnología Ambiental, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- MÉNDEZ, RAMÓN. VIDAL, GLADYS. LORBERL, KARL. MÁRQUEZ, FERNANDO. 2007. Producción Limpia en la industria de curtiembre. Universidad de Santiago de Compostela.
- PORFIRIO. W, SILVA. A, DE MONTEIRO. P. 2011. Caracterización de humedad en virutas de cuero Wet Blue y su potencial uso en morteros de cemento Portland. Estudio de Ingeniería e Investigación. Brasil.
- VICENTE, R. FIALLOS, B. 2011. Implementación del sistema de corte y transporte de las placas de Eurolit en la empresa TUBASEC. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

ESPECÍFICA

- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2079:1996. LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES. Primera edición. 1996. Disponible en: <http://normaspdf.inen.gob.ec>. (2015, 18 de diciembre).
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2080:1996. LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA. Primera edición. 1996. Disponible en: <http://normaspdf.inen.gob.ec>. (2015, 18 de diciembre).
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2082:1996. LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD. Primera edición. 1996. Disponible en: <http://normaspdf.inen.gob.ec>. (2015, 18 de diciembre).
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2084:1996. LÁMINAS PLANAS DE FIBROCEMENTO. REQUISITOS. Primera edición. 1996. Disponible en: <http://normaspdf.inen.gob.ec>. (2015, 18 de diciembre).

VIRTUAL

- Amianto. Disponible en:
<http://www.higieneambiental.com/sites/default/files/images/migrados/documentos/iq/amianto-agalvan.pdf>
(2015, 01 de noviembre).
- Cemento. Disponible en:
http://www.academia.edu/7988202/El_Cemento
(2015, 01 de noviembre).
- Chi Cuadrado. Disponible en:
<http://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/MBE04/5266>.
(2011, 11 de diciembre).
- Crisotilo. Disponible en:
<http://www.chrysotile.com/es/chrysotile/overview/default.aspx>
(2015, 11 de noviembre).
- Desviación Estándar. Disponible en:
http://www.cca.org.mx/cca/cursos/estadistica/html/m11/desviacion_estandar.htm
(2016, 15 de enero).
- Grados de libertad. Disponible en:
www.oasis.ciscug.org/letzhune/cisc/tutoriales/tercero/grado%20de%20libertad1.doc
(2016, 15 de enero).
- Hipótesis. Disponible en:
<http://clasev.net/v2/mod/book/tool/print/index.php?id=12615>
(2011, 11 de marzo).

- Hipótesis alternativa. Disponible en: http://www.ehowenespanol.com/diferencia-hipotesis-nula-alternativa-info_525456/
(2016, 15 de enero).
- Hipótesis nula. Disponible en: http://www.ehowenespanol.com/diferencia-hipotesis-nula-alternativa-info_525456/
(2016, 15 de enero).
- Margen de error. Disponible en: <http://es.ncalculators.com/statistics/margin-of-error-calculadora.htm>.
(2016,15 de enero).
- Prensado. Disponible en:
http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/prog_mini_mex_96_00.pdf
(2015, 15 de enero).
- REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 052. SEGURIDAD E HIGIENE DEL TRABAJO PARA EL USO DEL AMIANTO CRISOTILO EN LAS ACTIVIDADES LABORALES. Primera Edición. 2011. Disponible en:
http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/rte_052.pdf.
(2015, 18 de diciembre).
- TUBASEC C.A. Disponible en: www.tubasec.com
(2016, 07 abril).

ANEXOS

**ANEXO 1. NTE INEN 2079:1996 - LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO.
DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES.**



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 079:1996

**LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. DETERMINACIÓN
DE LAS DIMENSIONES.**

Primera Edición

FIBRE CEMENT FLAT SHEETS, DIMENSIONAL ACCEPTANCE TEST.

First Edition

DESCRIPTORES: Láminas, láminas planas, fibro-cemento, determinación, dimensiones.
CO 02:00-316
CDU: 691.328
CIR: 3899
ICS: 91.100.40

Norma Técnica
Ecuatoriana
Obligatoria

LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO.
DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES.

NTE INEN
2 079:1996
1996-08

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método para determinar las dimensiones de las láminas planas de fibro-cemento empleadas en la construcción, tanto en el interior como en el exterior de los edificios.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma comprende las láminas planas de fibro-cemento especificadas en la NTE INEN 2 084. No comprende las láminas anotadas en el numeral 2.2 de dicha norma.

3. PROCEDIMIENTO

3.1 Equipo

3.1.1 Superficie de inspección plana y lisa, lo suficientemente larga para acomodar la lámina, con dos reglas de metal fijadas en ángulo recto a los bordes adyacentes de la superficie de inspección. Estas reglas deben ser rectas con una desviación máxima de 0,3 mm/m y el ángulo recto no podrá tener una desviación mayor de 1 mm/m.

3.1.1.1 Alternativamente, y en caso necesario, puede usarse una escuadra metálica portátil de tamaño adecuado, pero que cumpla los mismos requisitos indicados en 3.1.1.

3.1.2 Reglas graduadas metálicas capaces de ser leídas con una precisión de 0,5 mm

3.1.3 Calibrador de esfera con una aproximación de 0,05 mm, con mandíbulas de metal planas y paralelas de entre 10 mm y 15 mm de diámetro.

3.2 Medición del largo y el ancho

3.2.1 Para cada dimensión deben realizarse tres mediciones, una en la mitad y una en cada extremo. Debe evitarse tomar la medida sobre una deformación local que pueda considerarse como un defecto visual.

3.2.1.1 Las áreas rugosas deben pulirse y cada lectura debe tomarse con aproximación a 0,5 mm.

3.2.1.2 Deben anotarse los resultados y compararse contra las tolerancias indicadas en la NTE INEN 2 084.

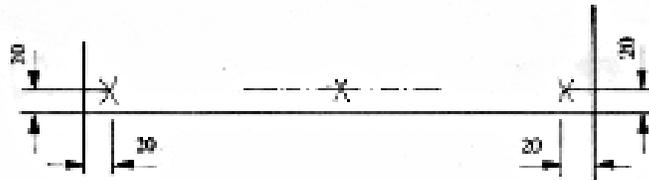
3.3 Medición del espesor

3.3.1 Efectuar tres mediciones a través del ancho en un extremo de la lámina lisa o rugosa con el calibrador de esfera, como se indica (Ver Fig. 1).

(Continúa)

DESCRIPCIÓN: Láminas, láminas planas, fibro-cemento, determinación, dimensiones.

FIGURA 1. Medición del espesor



3.3.2 Anotar los resultados individuales. Calcular la media aritmética y la diferencia entre valores extremos. Verificar los resultados contra las tolerancias indicadas en la NTE INEN 2 084.

3.4 Medición de la rectitud de los bordes

3.4.1 Aplicar cada uno de los bordes al brazo correspondiente de la escuadra.

3.4.2 Medir con una aproximación de 0,5 mm, por medio de una regla de acero, la separación más grande entre el borde de la lámina y el brazo de la escuadra. Anotar los resultados. Verificar los resultados contra la tolerancia indicada en la NTE INEN 2 084.

3.5 Medición de la desviación de escuadría de las láminas

3.5.1 Colocar cada una de las cuatro esquinas de la lámina en sucesión entre los brazos de la escuadra manteniendo un lado contra la longitud total del brazo grande y el otro lado en contacto con el brazo pequeño.

3.5.2 En esta posición, medir con una aproximación de 0,5 mm por medio de una regla de acero, la mayor distancia del borde de la lámina al brazo pequeño de la escuadra.

3.5.3 Anotar los resultados. Verificar los resultados contra las tolerancias indicadas en la NTE INEN 2 084.

(Continúa)

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

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 084:1996 *Láminas planas de fibro-cemento. Requisitos*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Propuesta preliminar para Norma ISO/TC/77 *Fibre-Cement Flat Sheets*. International Organization for Standardization, Geneva, 1991.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: **TÍTULO: LAMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. Código:**
NTE INEN 2 079 **DETERMINACION DE LAS DIMENSIONES. CO 02.09-316**

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 1993-08-11	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: CO 02.09 Láminas de fibro-cemento

Fecha de iniciación: 1993-05-11

Fecha de aprobación: 1994-09-16

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Guillermo Carcelén (Presidente)
Ing. Marcelo Jara
Ing. Moisés Hierro
Ing. Ernesto Pillajo
Ing. Luis Gavilanes

Arq. Gustavo Miranda
Arq. Carlos Maldonado (Secretario Técnico)

ETERNIT ECUATORIANA
IESS (INGENIERIA)
TUBASEC
FACULTAD DE INGENIERIA-UC
MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y
VIVIENDA
IESS (SEGURIDAD)
INEN

Otros trámites: * Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1996-06-26

Oficializada como: Obligatoria
Registro Oficial No. 1001 del 1996-08-01

Por Acuerdo Ministerial No. 207 de 1996-07-16

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno EB-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2) 2 391883 al 2 391891 - Fax: (593 2) 2 367815
Dirección General: E-Mail:Dir@Inen.gov.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail:Normalizacion@Inen.gov.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail:Certificacion@Inen.gov.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail:Verificacion@Inen.gov.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail:Incent@Inen.gov.ec
Regional Guayaquil: E-Mail:InenGuayaquil@Inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail:InenAzuzca@Inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail:InenChimborazo@Inen.gov.ec
URL: WWW.Inen.gov.ec

**ANEXO 2. NTE INEN 2080:1996 - LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO.
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA.**



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 080:1996

**LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. DETERMINACIÓN
DEL MÓDULO DE ROTURA.**

Primera Edición

FIBRE CEMENT FLAT SHEETS. BREAKING MODULUS TEST.

First Edition

DESCRIPTORES: Láminas, láminas planas, fibro-cemento, determinación, módulo, rotura, módulo de rotura
CO: 02.05-317
CDU: 691.328
CIE: 3006
ICS:91.100.40

**Norma Técnica
Ecuatoriana
Obligatoria**

**LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO.
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA**

**NTE INEN
3 099-1998
1998-08**

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método para determinar el módulo de rotura por flexión en las láminas planas de fibro-cemento empleadas en la construcción, tanto en el interior como en el exterior de los edificios.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma comprende las láminas planas de fibro-cemento especificadas en la NTE INEN 2 084.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 Preparación de los especímenes de ensayo

3.1.1 El número de muestras necesarias para los ensayos se seleccionará de acuerdo con la NTE INEN 496.

3.1.2 De las muestras obtenidas se seleccionará un mínimo de:

- a) 2 especímenes cuadrados por lámina para espesores menores de 9 mm.
- b) 4 especímenes rectangulares por lámina para espesores mayores de 20 mm.
- c) Para los espesores de las láminas intermedias entre el espesor de 9 mm y el de 20 mm los especímenes pueden ser cuadrados o rectangulares (2 cuadrados o 4 rectangulares).

3.1.3 Las dimensiones de los especímenes de ensayo se indican en la tabla 1.

TABLA 1. Dimensión de los especímenes de ensayo

Espejimenes	Largo	Ancho
Cuadrado Rectangular	250 mm ± 5 mm Distancia de ensayo = 40 mm	250 mm ± 5 mm 100 mm como mínimo
NOTA: La distancia entre apoyos puede ser reducida para productos angostos donde los especímenes totales no puedan ser cuadrado. Siempre que su distancia de 10 c. al menos o el espesor de los especímenes.		

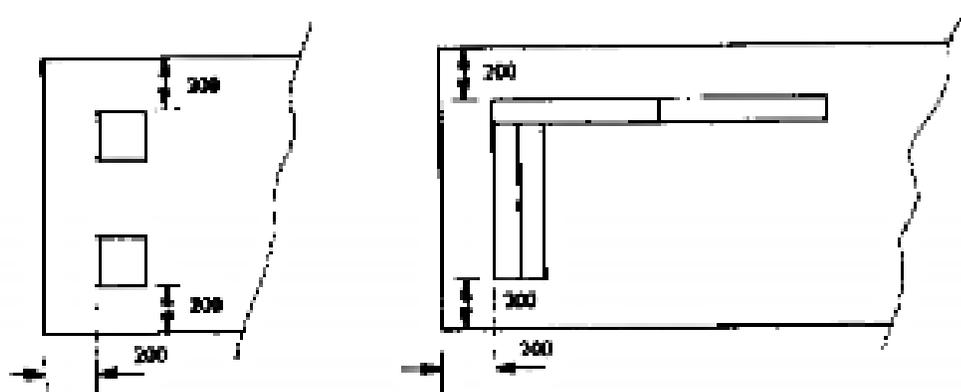
3.1.4 Corte de los especímenes. Los especímenes de ensayo se cortarán de la misma lámina. Los especímenes rectangulares se cortarán alternadamente en sentido perpendicular y paralelo a la dirección de la máquina de ensayos. (Ver Fig. 1)

(Continúa)

DESCRIPTORES: Láminas, láminas planas, fibro-cemento, determinación, módulo, rotura, módulo de rotura.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Calle 116 17-01-0000 - Baquería del Conero 08-08 y Almagr 0 - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

FIGURA 1. Corte de los especímenes de ensayo



3.1.5 Acondicionamiento de los especímenes

3.1.5.1 Para resistencia en condiciones de equilibrio. Mantener los especímenes de ensayo por 7 días a temperatura y humedad ambiente.

3.1.5.2 Para resistencia en condiciones de humedad. Sumergir los especímenes en agua a una temperatura mínima de 5°C por un mínimo de 24 horas. Si su espesor es mayor de 20 mm, deben sumergirse por 48 horas. Los especímenes deben ensayarse inmediatamente después de ser extraídos del agua.

4. MÉTODO DE ENSAYO

4.1 Equipo

4.1.1 Una máquina de ensayos de carga equipada con un dispositivo para ensayos de flexión como se indica a continuación:

4.1.1.1 El dispositivo para el ensayo de flexión tendrá dos soportes rígidos (metálicos) paralelos separados por la distancia indicada en la tabla 2. Las caras superiores de los soportes serán redondeadas y tendrán un radio de curvatura D entre 3 mm (mínimo) y 25 mm (máximo). (Ver Fig. 2).

4.1.1.2 El dispositivo también debe contar con una barra de carga idéntica a los soportes para ubicarse sobre el espécimen y en forma paralela y equidistante de los soportes.

4.1.1.3 Se contará también con un micrómetro que tenga lecturas de por lo menos 0,05 mm.

(Continúa)

FIGURA 2.

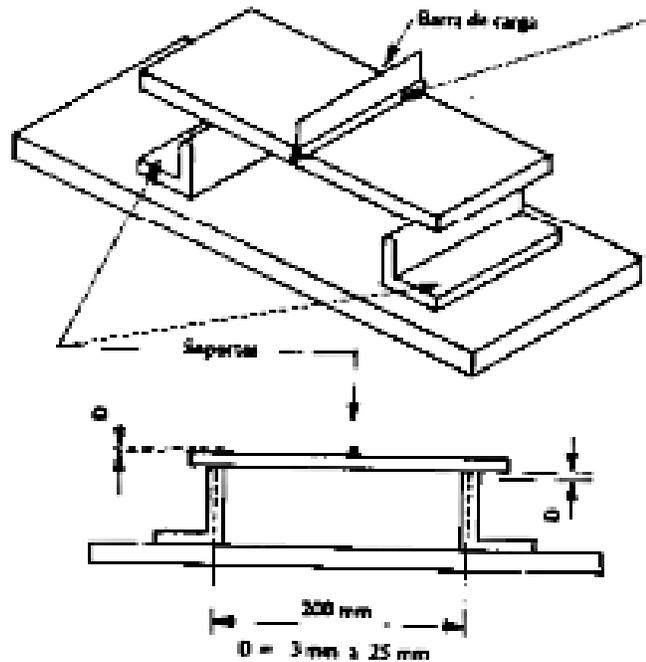


TABLA 2. Distancia entre apoyos (Luz de ensayo)

Especimen de ensayo	Distancia entre apoyo
Cuadrado Rectangular	215 mm 18 a mm (mín)

NOTA: Para especímenes cuadrado y rectangulares, para otras distancias entre apoyos siempre que exista compatibilidad entre los resultados obtenidos con diferentes luces y los resultados obtenidos con las luces estándar.

4.2 Procedimiento

4.2.1 Colocar la pieza de ensayo sobre los soportes y cargarla a lo largo de su línea central por medio de la barra de carga.

4.2.2 Cargar el espécimen de tal modo que la rotura se produzca entre 10 y 30 segundos. Se prefiere un índice constante de deflexión. Cuando esta facilidad no está disponible, es aceptable un índice regular de carga.

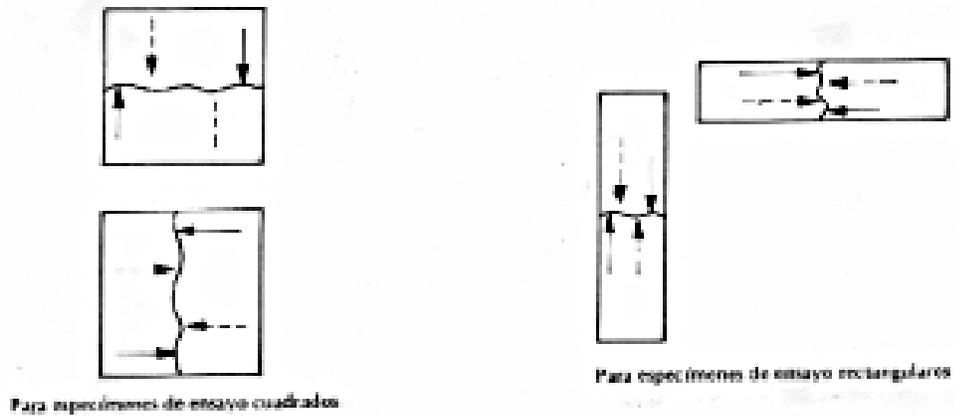
(Continúa)

4.2.3 Medir el espesor en cuatro puntos de los especímenes lisos a lo largo de la sección de rotura como se indica (ver nota 1).

4.2.4 Someter los especímenes de ensayo reensamblados a un segundo ensayo de flexión con la aplicación de la línea de carga en ángulo recto con la del primer ensayo. Medir el espesor de la pieza de ensayo en dos o cuatro puntos a lo largo de la nueva sección de rotura como se indica en la figura 3.

Donde se usan especímenes de ensayo rectangulares, las resistencias en las dos direcciones se obtienen ensayando cada uno de los especímenes apropiados (Ver Fig. 3).

FIGURA 3. Especímenes de ensayo



4.3 Expresión de resultados

El módulo de rotura M en MPa está dado por la fórmula:

$$M = \frac{3 P l}{2 h c^2}$$

NOTA 1: El espesor del producto de zonas rugosas debe ser determinado por medición de volumen mediante desplazamiento de agua cuando la pieza ha sido saturada antes de la medición. El espesor está dado por la fórmula:

$$c = \frac{V}{L \times b}$$

Donde:

- c = espesor promedio de la pieza de ensayo
- V = volumen determinado por el desplazamiento de agua
- L = longitud del espécimen
- b = ancho del espécimen

(Continúa)

Donde:

- P = Carga de rotura en Newtons
- l = luz de ensayo en mm
- b = ancho de la pieza de ensayo en mm
- e = espesor promedio de la pieza de ensayo (media aritmética de dos medidas para láminas y de cuatro medidas para rugosos, en mm).

El módulo de rotura de la lámina debe ser la media aritmética de los cuatro valores (dos valores en cada dirección).

Para ensayo de especímenes cuadrados, reensamblar las piezas rotas.

(Continúa)

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

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 486:1985 *Láminas de asbesto. Cemento. Muestras e inspección*

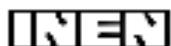
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 084:1995 *Láminas planas de fibro-cemento. Requisitos.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Propuesta preliminar para Norma ISO/TC 77. *Fibre-Cement Flat Sheets. International Organization for Standardization. Geneva, 1991*

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno EB-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telf: (593 3) 2 561885 al 2 561891 - Fax: (593 3) 2 567815
Dirección General: E-Mail:directoria@inen.gov.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail:normalizacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail:certificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail:verificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail:innocati@inen.gov.ec
Regional Guayas: E-Mail:innoguayas@inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail:innocuzcocha@inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail:innorichimborazo@inen.gov.ec
URL: www.inen.gov.ec**

**ANEXO 3. NTE INEN 2082:1996 - LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO.
DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD.**



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 082:1996

**LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. DETERMINACIÓN
DE LA DENSIDAD.**

Primera Edición

FIBRE CEMENT FLAT SHEETS APARENT DENSITY TEST.

First Edition

DESCRIPTORES: Láminas, láminas planas, determinación, densidad.
CO 02.06-319
CDU: 691.328
CIIU: 3999
ICS: 91.100.40

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD.	NTE INEN 2 082:1998 1998-03
---	---	-----------------------------------

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para verificar la densidad aparente de las láminas planas de fibro-cemento, empleadas tanto en el interior como en el exterior de los edificios.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma comprende las láminas planas de fibro-cemento especificadas en la NTE INEN 2 084.

3. MÉTODO

3.1 Preparación del espécimen

3.1.1 Los especímenes de ensayo deben ser cortados de las láminas que se entregan para el uso.

3.1.2 La pieza de ensayo debe ser de preferencia una parte de la pieza utilizada en la determinación del módulo de rotura.

3.2 Aparato

3.2.1 El aparato incluye los siguientes elementos:

- a) Horno ventilado capaz de alcanzar una temperatura de 100°C a 105°C con una carga total de especímenes.
- b) Balanza analítica con una precisión del 0,1% y equipada para determinar tanto la masa sumergida del espécimen como la no sumergida.

3.3 Procedimiento

3.3.1 Determinar el volumen por inmersión en agua u otro método que tenga una precisión equivalente. En el caso de inmersión en agua, la pieza de ensayo debe estar saturada de agua de antemano (por 24 horas).

3.3.2 Determinar la masa de los especímenes de ensayo después de secarlos en un horno ventilado de 100°C a 105°C por 24 horas.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Láminas, láminas planas, determinación, densidad

3.4 Expresión e Interpretación de resultados.

3.4.1 La densidad P , en gramos por centímetro cúbico, está dada por la fórmula:

$$P = \frac{m}{V}$$

Donde:

- m = Es la masa en gramos del espécimen de ensayo después de secado en gramos.
- V = Es el volumen en centímetros cúbicos del espécimen de ensayo.

3.4.2 Evaluar los resultados por comparación con la densidad declarada por el fabricante según las disposiciones de la NTE INEN 2084.

(Continúa)

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

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2084:1996 Láminas planas de fibro-cemento. Requisitos.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Internacional ISO 8336-93. *Fibre-cement flat sheets*. International Organization for Standardization. Geneva, 1993.

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno ES-29 y Av. 8 de Diciembre
Caixa 17-01-3999 - Telfa: (093 2)2 001005 al 2 001091 - Fax: (093 2) 2 007010**
Dirección General: [E-Mail:informata@inen.gov.ec](mailto:informata@inen.gov.ec)
Área Técnica de Normalización: [E-Mail:informa@inen.gov.ec](mailto:informa@inen.gov.ec)
Área Técnica de Certificación: [E-Mail:cert@inen.gov.ec](mailto:cert@inen.gov.ec)
Área Técnica de Verificación: [E-Mail:verif@inen.gov.ec](mailto:verif@inen.gov.ec)
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: [E-Mail:inencert@inen.gov.ec](mailto:inencert@inen.gov.ec)
Regional Guayaquil: [E-Mail:inencvca@inen.gov.ec](mailto:inencvca@inen.gov.ec)
Regional Azuay: [E-Mail:inencvca@inen.gov.ec](mailto:inencvca@inen.gov.ec)
Regional Chimborazo: [E-Mail:inencvca@inen.gov.ec](mailto:inencvca@inen.gov.ec)
URL: www.inen.gov.ec

**ANEXO 4. NTE INEN 2084:1996 - LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO.
REQUISITOS.**



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 084:1996

LÁMINAS PLANAS DE FIBRO-CEMENTO. REQUISITOS.

Primera Edición

FIBRE CEMENT FLAT SHEETS. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPCIÓN: Fibro-cemento, láminas planas, construcción exterior, construcción interior, requisitos.
CO: 02.09-410
COM: 001.320
CU: 3000
ICS: 91.100.40

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	LÁMINAS DE FIBRO-CEMENTO. REQUISITOS.	NTE INEN 2 048:1998 1998-08
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que deben satisfacer las láminas planas de fibro-cemento empleadas en la construcción tanto en el exterior como en el interior de los edificios.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma comprende las láminas planas de fibro-cemento destinadas a aplicaciones externas tales como revestimientos de fachadas, paneles de paredes, plafones, etc, como también a usos internos como divisiones, pisos, tumbados, etc. con amplio rango de propiedades adecuadas para el tipo de aplicación.</p> <p>2.2 Esta norma no es aplicable a los siguientes productos:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Tableros aglomerados de cemento, tableros de cemento Portland o equivalente reforzado con partículas de fibra de madera.b) Tableros reforzados con fibras incombustibles de silicato de calcio o cemento para aislamiento y protección contra incendios.c) Tableros de yeso.d) Láminas planas de acbeto-cemento.e) Tejas de acbeto-cemento.f) Tejas de fibro-cemento. <p style="text-align: center;">3. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>3.1 Fabricación</p> <p>3.1.1 Las láminas planas de fibro-cemento deben estar compuestas de una combinación de cemento hidráulico, o un aglutinante de silicato de calcio con fibras orgánicas o fibras sintéticas inorgánicas. Dentro del proceso pueden añadirse rellenos y pigmentos que sean compatibles con el cemento reforzado con fibras.</p> <p style="text-align: center;">4. CLASIFICACIÓN</p> <p>4.1 Las láminas planas comprendidas en esta norma se clasifican en dos tipos:</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPCIÓN: fibro-cemento, láminas planas, construcción exterior, construcción interior, requisitos.</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

4.1.1 *Tipo A.* Láminas destinadas a aplicaciones externas donde puedan estar sujetas a la acción directa del sol y la lluvia. Estas láminas deben cumplir los requisitos indicados en el capítulo 5. Las láminas planas están adicionalmente clasificadas en tres categorías de acuerdo con su módulo de rotura.

4.1.2 *Tipo B.* Láminas que deben cumplir con los requisitos del capítulo 5 y que están destinadas a:

- a) Aplicaciones internas,
- b) aplicaciones externas donde no estén sujetas a la acción directa del sol y la lluvia.

Las láminas están también clasificadas en cinco categorías de acuerdo a su módulo de rotura.

4.2 El fabricante deberá declarar la categoría y el tipo de las láminas en la información que presente a su clientela (Ver nota 1).

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos dimensionales

5.1.1 *Dimensiones nominales de las láminas.* Las láminas planas de fibro-cemento se producen en dimensiones nominales de largo, ancho y espesor especificadas por el fabricante, con un largo máximo de 3 m y un ancho máximo de 1,25 m. Láminas de dimensiones mayores pueden suministrarse sobre pedido.

5.1.1.1 El espesor nominal de las láminas también será especificado por el fabricante, entre un mínimo de 3 mm y un máximo de 30 mm. Espesores mayores pueden suministrarse sobre pedido.

5.1.1.2 La variación máxima admisible en el largo de las láminas debe ser de 8 mm.

5.1.1.3 La variación máxima admisible en el ancho de las láminas debe ser de 5 mm.

5.1.1.4 La variación máxima admisible en el espesor de las láminas debe ser de 10%. La diferencia máxima entre los valores extremos de los espesores medidos dentro de una misma lámina no debe exceder el 15% de su valor máximo.

5.1.2 *Rectitud de los bordes.* Los bordes de la lámina deben ser rectos y no se admite una tolerancia mayor de 3 mm/m.

5.1.3 *Escuadría de los bordes.* La tolerancia en la escuadría de los bordes de las láminas será de 3 mm/m como máximo.

5.1.4 Los requisitos dimensionales deben comprobarse de acuerdo con la NTE INEN 2 079.

5.2 Requisitos mecánicos y físicos

5.2.1 Resistencia a la flexión.

NOTA 1. Si las láminas son usadas en aplicaciones externas, donde estén directamente expuestas a la intemperie, pero protegidas por algún revestimiento, la resistencia del producto a la intemperie está determinada por la calidad de la protección. La especificación de esta protección está fuera del alcance de esta norma.

(Continúa)

5.2.1.1 Cuando se ensaye de acuerdo con la NTE INEN 2 080, el módulo de rotura mínimo de las láminas deberá ser el especificado en la tabla 1. El módulo de rotura debe ser el promedio de los valores obtenidos de los ensayos de las muestras en ambas direcciones.

5.2.1.2 La resistencia de las láminas Tipo A debe especificarse únicamente en condiciones de humedad.

5.2.1.3 La resistencia de las láminas Tipo B debe especificarse únicamente en condiciones de equilibrio.

TABLA 1. Módulo de rotura mínimo

CATEGORÍA	RESISTENCIA EN HUMEDO TIPO A MPa	RESISTENCIA EN EQUILIBRIO TIPO B MPa
1	—	4
2	—	7
3	7	10
4	13	16
5	18	22

NOTA. Si el fabricante incluye la resistencia del producto en su información, deberá indicar claramente su estado, según el método especificado en la NTE INEN 2 080. Debe indicarse si los valores son máximos o mínimos. Los valores mínimos deben buscarse en los mismos procedimientos de muestreo e inspección como para la clasificación de la tabla 1.

5.2.1.4 Cuando el producto se suministre con revestimiento. Los requisitos mecánicos y físicos se aplican al producto con revestimiento (Ver nota 1).

5.2.2 Densidad aparente.

5.2.2.1 El fabricante debe especificar en su información la densidad aparente mínima de las láminas.

5.2.2.2 Cuando se ensayen de acuerdo con la NTE INEN 2 082, las láminas no deben tener una densidad menor de la especificada por el fabricante.

5.2.3 Impermeabilidad

5.2.3.1 Cuando se efectúa el ensayo de acuerdo con la NTE INEN 2 081, pueden aparecer manchas de humedad en la cara inferior de la lámina; pero en ningún caso deberá haber formación de gotas de agua.

6. INSPECCIÓN

6.1 La inspección, muestreo y recepción de las láminas se realizará de acuerdo con las disposiciones de la NTE INEN 486.

(Continúa)

7. EMPACADO, TRANSPORTE Y MERCADO

7.1 **Cantidades comerciales.** La unidad comercial para el expendio de láminas planas es el metro cuadrado. El fabricante deberá informar oportuna y claramente a su clientela sobre las dimensiones de las láminas disponibles en el mercado.

7.2 **Empacado comercial.** Las láminas planas de fibro-cemento deben empacarse de tal modo que pueda utilizarse cualquier tipo de transporte. No hay empacado normalizado. El material se transporta usualmente sobre paletas, pero puede colocarse también en jalas, cuando lo requiera el comprador.

7.3 **Almacenamiento.** Las láminas planas deben apilarse sobre soportes suficientemente firmes que mantengan un nivel horizontal y plano. Las láminas deben apilarse con los bordes cuadrados y paralelos, y protegerse de la intemperie hasta el momento de su uso.

7.4 **Marcado.** El fabricante debe marcar su producto de acuerdo con la clasificación para identificarlo claramente. Además deberá suministrar a los usuarios la información necesaria sobre su empleo y durabilidad.

(Continúa)

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

- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 486:1985** *Láminas de Azbesto-Cemento.- Muestras e Inspección.*
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 079:1990** *Láminas planas de fibra-cemento. Determinación de características geométricas.*
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 080:1990** *Láminas planas de fibra-cemento. Determinación del módulo de rotura.*
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 081:1990** *Láminas planas de fibra-cemento. Ensayo de impermeabilidad.*
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 082:1990** *Láminas planas de fibra-cemento. Determinación de la densidad.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Ninth Draft Proposal for an International Standard DP 8338 G. Fibre-Cement Flat Sheets. International Organization for Standardization. Geneva, 1991.

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-28 y Av. 8 de Diciembre
Casilla 17-01-3888 - Telfs: (593 2) 2 601886 al 2 601881 - Fax: (593 2) 2 607816**

Dirección General: E-Mail: furnesta@inen.gov.ec

Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inasoati@inen.gov.ec

Regional Guayas: E-Mail: inenguayas@inen.gov.ec

Regional Azuay: E-Mail: inenouenca@inen.gov.ec

Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gov.ec

URL: www.inen.gov.ec

ANEXO 5. NTE INEN 152:2012 – CEMENTO PORTLAND. REQUISITOS.



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 152:2012
Quinta revisión

CEMENTO PORTLAND. REQUISITOS

Primera edición

STANDARD SPECIFICATION FOR PORTLAND CEMENT

First edition

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, cemento hidráulico, cemento portland, requisitos.
CO: 02.02-401
CDD: 691.542 (696.942.2+696.942.31)
CUI: 3592
ICS: 91.100.10

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	CEMENTO PORTLAND REQUISITOS	NTE INEN 152-2012 Quinta revisión 2012-09
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece las características y requisitos físicos y químicos que debe cumplir el cemento portland.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica para los diez tipos de cemento portland indicados en el numeral 4.</p> <p>2.2 El texto de esta norma cita notas que proveen material explicativo. Estas notas, excluyendo aquellas ubicadas en tablas y figuras, no deben ser consideradas como requisitos de la norma.</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 151.</p> <p style="text-align: center;">4. CLASIFICACIÓN (ver nota 1)</p> <p>4.1 Esta norma cubre diez tipos de cemento portland, enumerados a continuación (ver nota 2):</p> <p>4.1.1 Tipo I. Para ser utilizado cuando no se requieren las propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.</p> <p>4.1.2 Tipo IA. Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del Tipo I, donde se desea incorporación de aire.</p> <p>4.1.3 Tipo II. Para uso general, en especial cuando se desea una moderada resistencia a los sulfatos.</p> <p>4.1.4 Tipo IIA. Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del Tipo II, donde se desea incorporación de aire.</p> <p>4.1.5 Tipo II(MH). Para uso general, en especial cuando se desea un moderado calor de hidratación y una moderada resistencia a los sulfatos.</p> <p>4.1.6 Tipo II(MH)A. Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del Tipo II(MH), donde se desea incorporación de aire.</p> <p>4.1.7 Tipo III. Para ser utilizado cuando se desea alta resistencia inicial o temprana.</p> <p>4.1.8 Tipo IIIA. Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del Tipo III, donde se desea incorporación de aire.</p> <p>4.1.9 Tipo IV. Para ser utilizado cuando se desea bajo calor de hidratación.</p> <p>4.1.10 Tipo V. Para ser utilizado cuando se desea alta resistencia a la acción de los sulfatos.</p> <p>NOTA 1. Algunos cementos son designados con un tipo combinado de clasificación, tal como el tipo III, que indica que el cemento reúne los requisitos de los tipos I y II y puede ser ofrecido como apto para ser utilizado en donde se desea cualquiera de los dos tipos.</p> <p>NOTA 2. En algunas regiones no están disponibles todos los tipos de cemento indicados. Antes de especificar el uso de un cemento diferente al Tipo I, verificar si el tipo de cemento propuesto está o puede estar disponible.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, cemento hidráulico, cemento portland, requisitos.</p>		

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Información para la orden de compra. Las órdenes de compra de los cementos descritos en esta norma, deben incluir lo siguiente:

- 5.1.1 Número y revisión de esta norma,
- 5.1.2 Tipo o tipos requeridos. Si no se especifica el tipo, se debe suministrar el tipo I,
- 5.1.3 Cualquier requisito químico opcional de la tabla 2, si se desea, y
- 5.1.4 Cualquier requisito físico opcional de la tabla 4, si se desea.

6. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

6.1 Componentes. El cemento considerado en esta norma no debe contener ningún componente, excepto los siguientes:

- 6.1.1 *Clinker de cemento portland.*
- 6.1.2 *Agua o sulfato de calcio, o ambos, en cantidades tales que no excedan los límites, mostrados en la tabla 1 para trióxido de azufre y pérdida por calcinación.*
- 6.1.3 *Caliza.* La cantidad no debe ser mayor que 5,0% en masa, de tal manera que se cumplan los requisitos químicos y físicos de esta norma (ver nota 3). La piedra caliza debe ser un material natural que contenga por lo menos el 70% en masa de una o más de las formas minerales de carbonato de calcio.
- 6.1.4 *Adiciones inorgánicas de proceso.* La cantidad no debe ser superior al 5,0% respecto a la masa de cemento. No se debe utilizar más de una adición inorgánica de proceso a la vez. Para cantidades mayores al 1,0%, se debe demostrar que estas cumplen con los requisitos de la norma ASTM C 466 para adición inorgánica de proceso, en la cantidad utilizada o mayor. Si se utiliza una adición inorgánica de proceso, el fabricante debe informar la cantidad (o rango) que se utiliza, expresada como porcentaje de la masa de cemento, junto con la composición química de la adición de proceso (ver nota 4).
- 6.1.5 *Adiciones orgánicas de proceso.* Se debe demostrar que las adiciones orgánicas de proceso cumplen con los requisitos de la norma ASTM C 466 en las cantidades utilizadas o mayores y la cantidad total utilizada de adiciones orgánicas de proceso no debe exceder de 1,0% respecto a la masa de cemento.
 - 6.1.5.1 *Adiciones incorporadoras de aire* (únicamente para cemento portland con incorporador de aire). La adición, molida conjuntamente debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 226.

NOTA 3. La norma permite que hasta el 5% de la masa del cemento como producto final, sea piedra caliza finamente pulverizada, en la molenda conjunta. En el contrato o en la orden de compra se puede especificar cemento sin caliza.

NOTA 4. Estos requisitos se basan en los datos y las recomendaciones de Taylor. (Taylor, P., "Specifications and Protocols for Acceptance Tests on Processing Additions in Cement Manufacturing", NCHRP Report 607, Transportation Research Board, Washington, DC 2008, 98 pp. Disponible en www.trb.org)

(Continúa)

7. REQUISITOS

7.1 Requisitos específicos

7.1.1 *Requisitos químicos.* El cemento portland de cada uno de los diez tipos indicados en el numeral 4 debe cumplir con los respectivos requisitos químicos establecidos en la tabla 1. En la tabla 2 se indican los requisitos químicos opcionales (ver notas 5 y 6).

TABLA 1. Requisitos de composición normalizada

Tipo de cemento ^A	Norma de ensayo aplicable	I y IA	II y IIA	III(MH) y III(MH)A	III y IIIA	IV	V
Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃), % máximo	INEN 150	–	8,0	8,0	–	–	–
Óxido férrico (Fe ₂ O ₃), % máximo	INEN 150	–	8,0 ^B	8,0 ^{B,C}	–	8,5	–
Óxido de magnesio (MgO), % máximo	INEN 150	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Trisulfato de azufre (SO ₃) ^F , % máximo Cuando (C ₃ A) ^F es 8% o menor Cuando (C ₃ A) ^F es mayor del 8%	INEN 150	3,0 3,5	3,0 3	3,0 3	3,5 4,5	2,3 3	2,3 3
Pérdida por calcinación, % máximo	INEN 150	3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	3,0
Residuo insoluble, % máximo	INEN 150	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Silicato tricálcico (C ₃ S) ^F , % máximo	Ver Anexo A	–	–	–	–	35 ^C	–
Silicato dicálcico (C ₂ S) ^F , % mínimo	Ver Anexo A	–	–	–	–	40 ^C	–
Aluminato tricálcico (C ₃ A) ^F , % máximo	Ver Anexo A	–	8	8	15	7 ^C	8 ^D
Suma de C ₃ S + 4,75C ₃ A, % máximo	Ver Anexo A	–	–	100 ^{E,F}	–	–	–
Ferroatuminato tetracálcico más dos veces aluminato tricálcico (C ₄ AF+2(C ₃ A)), o solución sólida (C ₄ AF + C ₃ F) cuando sea aplicable, % máximo	Ver Anexo A	–	–	–	–	–	25 ^G

^A Ver nota 2.

^B No se aplica cuando se especifica el límite de resistencia a sulfatos de la tabla 4.

^C No se aplica cuando se especifica el límite de calor de hidratación de la tabla 4.

^D Se permite exceder los valores del contenido de SO₃ de la tabla, con la condición de que se demuestre, mediante el método de ensayo de la NTE INEN 2529, que el cemento con el contenido de SO₃ incrementado no desarrollará una expansión superior al 0,020% a los 14 días. Cuando el fabricante provea cemento bajo esta condición, se debe proporcionar datos de respaldo al comprador (ver nota 6).

^E Ver el Anexo A para el cálculo.

^F No es aplicable.

^G Ver nota 5.

^H Además, se debe realizar un ensayo de calor de hidratación a los 7 días, utilizando la NTE INEN 199, por lo menos una vez cada tres meses. Tal ensayo no debe ser usado para aceptación o rechazo del cemento, pero los resultados deben ser reportados con propósitos de información.

TABLA 2. Requisitos de composición opcionales^A

Tipo de cemento	Norma de ensayo aplicable	I y IA	II y IIA	III(MH) y III(MH)A	III y IIIA	IV	V	Observaciones
Aluminato tricálcico (C ₃ A) ^F , % máximo	Ver Anexo A	–	–	–	8	–	–	Para moderada resistencia a sulfatos.
Aluminato tricálcico (C ₃ A) ^F , % máximo	Ver Anexo A	–	–	–	5	–	–	Para alta resistencia a sulfatos.
Alcalis equivalentes (Na ₂ O + 0,658K ₂ O), % máximo	INEN 199	0,80 ^C	0,80 ^F	0,80 ^F	0,80 ^C	0,80 ^F	0,80 ^F	Cemento con bajo contenido de álcalis.

^A Estos requisitos opcionales se aplican solo cuando son específicamente solicitados. Verificar su disponibilidad antes de hacer el pedido (ver nota 2).

^B Ver Anexo A para el cálculo.

^C Especificar este límite cuando el cemento se utilizado en hormigón con áridos que son potencialmente reactivos y no se han tomado otras medidas para proteger el hormigón de áridos potencialmente reactivos. Referirse a la NTE INEN 872 para información sobre reactividad potencial de los áridos.

NOTA 5. El límite sobre la suma, C₃S + 4,75C₃A, en la tabla 1, proporciona un control para el calor de hidratación del cemento y es consistente con el límite de calor de hidratación a los 7 días de 335 kJ/kg (80 cal/g), medido con el procedimiento de la NTE INEN 199.

NOTA 6. Hay casos en que se mejora el rendimiento de un cemento con la adición de SO₃ en mayor cantidad que los límites especificados en la tabla 1 de esta norma. La NTE INEN 1505 es uno de los varios métodos que el fabricante puede utilizar para evaluar el efecto del contenido de sulfato en las características del cemento. Siempre que el contenido de SO₃ de un cemento exceda los límites de la tabla 1, los resultados del método de ensayo de la NTE INEN 2529 deben proporcionar evidencia de que no ocurre una excesiva expansión con este más alto contenido de sulfatos.

(Continúa)

7.1.2 **Requisitos físicos.** El cemento Portland de cada uno de los diez tipos indicados en el numeral 4 debe cumplir con los requisitos físicos respectivos establecidos en la tabla 3. Además, en la tabla 4 se indican los requisitos físicos opcionales.

TABLA 3. Requisitos físicos normalizados

Tipo de cemento ^a	Norma de ensayo aplicable	I	IA	II	IIA	II(MH))	II(MH) A	III	IIIA	IV	V
Contenido de aire del mortero ^b , volumen %: Máximo Mínimo	INEN 165	12 -	22 18	12 -	22 18	12 -	22 18	12 -	22 18	12 -	12 -
Finura ^c , superficie específica, m ² /kg (método alternativo): Ensayo de turbidímetro mínimo máximo	INEN 187	150 -	150 -	150 -	150 -	150, 245 ^d	150, 245 ^d	-	-	150 245	150 -
Ensayo de permeabilidad al aire mínimo máximo	INEN 188	200 -	200 -	200 -	200 -	200, 400 ^e	200, 400 ^e	-	-	200 400	200 -
Expansión en autoclave, % máximo	INEN 200	0,0 0	0,0 0	0,0 0	0,0 0	0,00	0,00	0,00	0,0 0	0,0 0	0,0 0
Resistencia, no menor que los valores mostrados para las edades que se indican a continuación: Resistencia a la compresión, MPa: 1 día 3 días 7 días 28 días	INEN 400	-	-	-	-	-	-	12,0	10, 0	-	-
		12, 0	10, 0	10, 0	8,0	15,0 7,0 ^f	8,0 6,0 ^f	34,0	14, 0	-	6,0
		16, 0	16, 0	17, 0	14, 0	17,0 12,0 ^f	14,0 9,0 ^f	-	-	7,0	15, 0
		-	-	-	-	-	-	-	-	17, 0	21, 0
Tiempo de fraguado: ensayo de Vicat ^g Tiempo de fraguado, minutos: no menor que Tiempo de fraguado, minutos: no mayor que	INEN 150	45 375	45 375	45 375	45 375	45 375	45 375	45 375	45 375	45 375	45 375

^a Ver nota 2.
^b El cumplimiento de los requisitos de esta norma no necesariamente asegura que se obtendrá el contenido de aire deseado en el hormigón.
^c El laboratorio de ensayo debe elegir el método para medir la finura. Sin embargo, cuando la muestra no cumple los requisitos del ensayo de permeabilidad al aire, se debe usar el ensayo con turbidímetro y deben gobernar los requisitos de esta tabla para el método con turbidímetro.
^d Los límites máximos no son aplicables si la suma de C₂S + 4,75C₃A es menor o igual a 90.
^e La resistencia en cualquier edad de ensayo especificada no debe ser menor que la resistencia alcanzada en cualquier edad previa especificada.
^f Cuando el calor de hidratación opcional de la tabla 4 es especificado.
^g El tiempo de fraguado es el descrito como el tiempo de fraguado inicial en la NTE INEN 150.

TABLA 4. Requisitos físicos opcionales ^a

Tipo de cemento	Norma de ensayo aplicable	I y II	IA y IIA	II(MH)	II(MH)-A	III	IIIA	IV	V
Falso fraguado: penetración final, % mínimo	INEN 875	50	50	50	50	50	50	50	50
Calor de hidratación 7 días, máximo, kJ/kg (cal/g) 28 días, máximo, kJ/kg (cal/g)	INEN 159	-	-	300 (70) ^b	300 (70) ^b	-	-	250 (60) ^c 200 (50) ^c	-
Resistencia no menor que los valores mostrados: Resistencia a compresión, MPa 28 días	INEN 400			28,0 22,0 ^d	22,0 18,0 ^d	-	-	-	-
Resistencia a sulfatos ^e , Máximo % de expansión, 14 días	INEN 202	I	I	I	I	-	-	-	0,040
Ensayo de Gillmore: Fraguado inicial, minutos, no menor que Fraguado final, minutos, no mayor que	INEN 159	60 600	60 600	60 600	60 600	60 600	60 600	60 600	60 600

^a Estos requisitos opcionales se aplican solo cuando son específicamente solicitados. Verificar su disponibilidad antes de ordenar (ver nota 2).
^b Cuando se requiere este límite opcional, no debe aplicarse el límite para la suma C₂S + 4,75C₃A de la tabla 1. Estos requisitos de resistencia se aplican cuando se requiere el requisito opcional de calor de hidratación.
^c Cuando se especifica el límite de calor de hidratación, se lo debe considerar en lugar del límite de C₂S, C₃A, C₄A y Fe₂O₃ listados en la tabla 1.
^d Cuando se especifica la resistencia a los sulfatos, se lo debe considerar en lugar del límite de C₃A, C₄AF + 3 C₂A y Fe₂O₃ listados en la tabla 1.
^e El cemento que cumple con el límite de alta resistencia a sulfatos para el Tipo V, se estima que cumple con los requisitos para moderada resistencia a sulfatos del Tipo II y del Tipo II(MH).

(Continúa)

7.2 Requisitos complementarios

7.2.1 **Almacenamiento.** El cemento debe ser almacenado de tal manera que se permita un fácil acceso para una inspección apropiada e identificación de cada envío, en una edificación hermética apropiada que proteja al cemento de la humedad y minimice el fraguado en almacenamiento.

8. MÉTODOS DE ENSAYO

8.1 Determinar las propiedades aplicables enumeradas en esta norma de acuerdo con los siguientes métodos de ensayo:

- 8.1.1 Contenido de aire en el mortero. NTE INEN 195.
- 8.1.2 Análisis químico. NTE INEN 160.
- 8.1.3 Resistencia. NTE INEN 488.
- 8.1.4 Falso fraguado. NTE INEN 875.
- 8.1.5 Finura por permeabilidad al aire. NTE INEN 196.
- 8.1.6 Finura por turbidímetro. NTE INEN 197.
- 8.1.7 Calor de hidratación. NTE INEN 199.
- 8.1.8 Expansión en autoclave. NTE INEN 200.
- 8.1.9 Tiempo de fraguado por el método de la aguja de Gillmore. NTE INEN 159.
- 8.1.10 Tiempo de fraguado por el método de la aguja de Vicat. NTE INEN 158.
- 8.1.11 Resistencia a sulfatos. NTE INEN 202.
- 8.1.12 Sulfato de calcio, expansión en mortero. NTE INEN 2529.

9. INSPECCIÓN

9.1 **Inspección.** Se debe proporcionar al comprador las facilidades necesarias para realizar una inspección y muestreo cuidadosos del cemento terminado. La inspección y el muestreo del cemento deben realizarse en la fábrica o en el sitio de distribución controlado por el fabricante o en cualquier otra ubicación como sea acordado entre el comprador y el vendedor, como parte del contrato de compra.

9.2 Muestreo

9.2.1 Cuando el comprador desea que el cemento sea muestreado y ensayado para verificar el cumplimiento con esta especificación, realizar el muestreo y los ensayos de acuerdo con la NTE INEN 153.

9.2.2 La NTE INEN 153 no está diseñada para el control de calidad de fabricación y no es requerida para la certificación del fabricante.

9.3 Aceptación o rechazo

9.3.1 El cemento debe ser rechazado si no cumple con cualquiera de los requisitos de esta norma.

9.3.2 A opción del comprador, se pueden rechazar cementos almacenados a granel por más de 6 meses o cemento en fundas almacenadas por más de 3 meses si luego de ser reensayados estos cementos no cumplen con cualquiera de los requisitos de esta norma. El cemento así rechazado será de responsabilidad del propietario del producto al momento del muestreo para reensayo.

(Continúa)

9.3.3 Las fundas de cemento deben identificar la masa contenida como masa neta. A opción del comprador, si las fundas cuya masa varía en más del 2% por debajo de la marcada en la funda, pueden ser rechazadas y si se demuestra que la masa promedio de 50 fundas seleccionadas al azar en cualquier cargamento es menor que la marcada en la funda, el cargamento completo puede ser rechazado.

10. DECLARACIÓN DEL FABRICANTE

10.1 A pedido del comprador, en el contrato o en la orden de compra, el fabricante debe declarar por escrito la naturaleza, cantidad e identificación de cualquier adición incorporadora de aire y de cualquier adición de proceso utilizada, además, si es solicitado, se deben proveer los datos de los ensayos que demuestren que: la adición incorporadora de aire cumple con los requisitos de la norma ASTM C 226 y la adición de proceso, con la norma ASTM C 485.

10.2 Cuando se utiliza caliza, el fabricante debe declarar por escrito la cantidad de la misma y si el comprador lo requiere, debe proveer los datos de ensayos comparativos de las propiedades químicas y físicas del cemento con y sin caliza (ver nota 7). Los ensayos comparativos no sustituyen los ensayos normales para confirmar que el cemento cumple los requisitos químicos y físicos de esta norma. La cantidad de caliza en el cemento debe ser determinada de acuerdo con el Anexo B.

11. ENVASADO Y ETIQUETADO

11.1 Cuando el cemento es enviado en fundas, las palabras "Cemento Portland", el tipo de cemento, el nombre y la marca del fabricante y la masa del cemento contenida en él, deben estar claramente marcados en cada funda y de acuerdo con la NTE INEN 1902. Cuando el cemento es del tipo incorporador de aire, las palabras "Incorporador de aire" deben estar claramente marcadas en cada funda. Se debe proveer información similar en los documentos de envío que acompañan el cemento a granel o empacado. Todas las fundas deben estar en buenas condiciones al momento de la inspección.

12. CERTIFICACIÓN DEL FABRICANTE

12.1 A petición del comprador en el contrato o en la orden de compra, el fabricante debe proveer un informe, junto con el lote despachado, declarando los resultados de los ensayos realizados en las muestras del material tomadas durante la producción o traslado y certificando que el cemento cumple con los requisitos de esta norma (ver nota 8).

NOTA 7. Los datos de ensayos comparativos pueden ser de ensayos de calidad realizados por el fabricante durante el proceso de formulación del cemento con caliza.

NOTA 8. El Apéndice X provee una guía para la preparación del informe del fabricante.

(Continúa)

ANEXO A
(Información obligatoria)

CÁLCULO DE LA COMPOSICIÓN POTENCIAL DE LA FASE CEMENTO

A.1 Todos los valores calculados descritos en este anexo, deben ser redondeados de acuerdo a la NTE INEN 52. Cuando se evalúa el cumplimiento con una norma, redondear los valores con el mismo número de cifras significativas que los considerados en la entrada a la tabla correspondiente antes de hacer comparaciones. El expresar los límites químicos mediante las fases supuestas calculadas, no significa necesariamente que los óxidos estén real o completamente presentes como tales fases.

A.2 Cuando se expresan fases: C = CaO, S = SiO₂, A = Al₂O₃, F = Fe₂O₃. Por ejemplo: C₃A = 3CaO·Al₂O₃ dióxido de titanio y pentóxido (pentaóxido) de fósforo (TiO₂ y P₂O₅) no deben ser incluidos con el contenido de Al₂O₃ (ver nota A.1).

A.3 Cuando la relación de porcentajes entre óxido de aluminio y óxido férrico es 0,64 o más, los porcentajes de silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tetracálcico deben ser calculados a partir de un análisis químico, de la siguiente manera:

$$\text{Silicato tricálcico (C}_3\text{S)} = (4,071 \times \% \text{ CaO}) - (7,600 \times \% \text{ SiO}_2) - (6,718 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3) - (1,430 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3) - (2,852 \times \% \text{ SO}_2) \quad (\text{A.1})$$

$$\text{Silicato dicálcico (C}_2\text{S)} = (2,867 \times \% \text{ SiO}_2) - (0,7544 \times \% \text{ C}_3\text{S)} \quad (\text{A.2})$$

$$\text{Aluminato tricálcico (C}_3\text{A)} = (2,650 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3) - (1,692 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3) \quad (\text{A.3})$$

$$\text{Ferroaluminato tetracálcico (C}_4\text{AF)} = 3,043 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3 \quad (\text{A.4})$$

A.3.1 Cuando la relación entre óxido de aluminio y óxido férrico es menor a 0,64, se forma una solución sólida de ferroaluminato cálcico (expresada como ss(C₄AF + C₃F)). El aluminato tricálcico no debe estar presente en cementos con esta composición. El silicato dicálcico debe ser calculado con la ecuación A.2. Los contenidos de esta solución sólida y de silicato tricálcico deben ser calculados con las siguientes fórmulas:

$$\text{ss(C}_4\text{AF} + \text{C}_3\text{F)} = (2,100 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3) + (1,702 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3) \quad (\text{A.5})$$

$$\text{Silicato tricálcico (C}_3\text{S)} = (4,071 \times \% \text{ CaO}) - (7,600 \times \% \text{ SiO}_2) - (4,479 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3) - (2,859 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3) - (2,852 \times \% \text{ SO}_2) \quad (\text{A.6})$$

A.4 Si no se utilizan caliza o adiciones inorgánicas de proceso en el cemento, o a falta de información sobre la caliza o adiciones inorgánicas de proceso utilizadas en el cemento, las fases deben ser calculadas utilizando las ecuaciones A.1 a A.6 sin ajuste.

A.5 En ausencia de información sobre la caliza o del contenido de la adición inorgánica de proceso, en los resultados, debe indicarse que no se ha realizado ningún ajuste para el uso posible de la caliza o de adiciones inorgánicas de proceso.

A.6 Cuando se utilizan adiciones inorgánicas de proceso o caliza o ambos con la base cemento (clinker de cemento portland y cualquier adición de sulfato de calcio), el contenido de C₂S, C₃S, C₃A, o C₄AF, debe ser ajustado de la siguiente manera:

A.6.1 Los porcentajes de C₂S, C₃S, C₃A, y C₄AF en la base cemento se determinan mediante los análisis químicos utilizando los métodos de ensayo de la NTE INEN 160 y empleando las ecuaciones A.1 a A.6, según corresponda. El contenido de cada una de estas fases debe ser ajustado para tener en cuenta el uso de caliza y de adiciones inorgánicas de proceso, de la siguiente manera:

NOTA A.1. Cuando se comparan análisis de óxidos y fases calculadas de diferentes fuentes o diferentes fechas históricas, se debe tener en cuenta que estos pueden no haber sido reportados exactamente sobre la misma base. Los datos químicos obtenidos por métodos de ensayo de referencia y alternativos de los métodos de ensayo de la NTE INEN 160 (química húmeda), pueden incluir titanio y fósforo como alúmina a menos que se haya realizado una corrección apropiada (ver NTE INEN 160), mientras que los datos obtenidos por métodos instrumentales rápidos, generalmente no lo hacen. Esto puede resultar en diferencias pequeñas en las fases calculadas. Tales diferencias generalmente se encuentran dentro de la precisión de los métodos analíticos, aún cuando los métodos sean calificados apropiadamente según los requisitos de la NTE INEN 160.

(Continúa)

$$X_1 = X_2 \times \frac{(100 - L - P)}{100}$$

Donde:

- X_2 = porcentaje en masa de C_3S , C_2S , C_3A , o C_4AF en la base cemento (clinker de cemento portland y cualquier cantidad de sulfato de calcio),
- L = porcentaje en masa de caliza,
- P = Porcentaje en masa de adición inorgánica de proceso,
- X_1 = porcentaje en masa de C_3S , C_2S , C_3A o C_4AF en el cemento terminado.

El ajuste de valores para el cemento terminado debe ser reportado en el informe del fabricante (ver nota A.2).

A.6.2 Solamente los porcentajes de C_3S , C_2S , C_3A , y C_4AF deben ser ajustados mediante el procedimiento establecido en el literal A.6.1.

NOTA A.2. Como ejemplo, cuando el cemento incluye el 3,5% de caliza y el 3,0% de una adición inorgánica de proceso y la base cemento tiene 60% de C_3S , 15% de C_2S , 7% de C_3A , y 10% de C_4AF , la composición corregida de la base es:

$$C_3S = \frac{60 \times (100 - 3,5 - 3,0)}{100} = 58\%$$

$$C_2S = \frac{15 \times (100 - 3,5 - 3,0)}{100} = 14\%$$

$$C_3A = \frac{7 \times (100 - 3,5 - 3,0)}{100} = 7\%$$

$$C_4AF = \frac{10 \times (100 - 3,5 - 3,0)}{100} = 9\%$$

(Continúa)

ANEXO B
(Información obligatoria)

CONTENIDO DE CALIZA EN EL CEMENTO PORTLAND

B.1 Cuando se usa caliza, su contenido en el cemento portland debe obtenerse a partir de la determinación de CO_2 en el cemento terminado. Los análisis de CO_2 deben ser basados en los métodos de ensayo descritos en la NTE INEN 160. El porcentaje de caliza en el cemento se calcula a partir del análisis de CO_2 de la caliza utilizada. El fabricante debe incluir el contenido de CO_2 y el contenido calculado de caliza del cemento en el informe de ensayos de fábrica.

El contenido de caliza en el cemento se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ de caliza en el cemento} = \frac{\% \text{CO}_2 \text{ en cemento}}{\% \text{CO}_2 \text{ en caliza}} \times 100 \text{ (ver nota B.1)}$$

B.2 Esta norma requiere que la caliza a ser usada debe contener un mínimo de 70% de CaCO_3 . El fabricante debe incluir en el informe, el contenido de CaCO_3 de la caliza. Calcular el contenido de CaCO_3 de la caliza de la siguiente manera:

$$\% \text{ CaCO}_3 = 2,274 \times \% \text{ CO}_2 \text{ (ver nota B.2)}$$

B.3 Los cementos portland que no contienen caliza pueden contener niveles mínimos de CO_2 inherentes a la fabricación, por ejemplo, debido a la carbonatación. Este contenido mínimo de CO_2 se incluye como parte del contenido de caliza calculado.

NOTA B.1. Por ejemplo, si el contenido determinado de CO_2 en el cemento terminado es = 1,5% y el contenido de CO_2 en la caliza es = 43% (CaCO_3 en caliza = 98%), entonces:

$$\frac{1,5}{43} \times 100 = 3,5\% \text{ de contenido de caliza en el cemento.}$$

NOTA B.2. Para verificar el contenido de caliza en el cemento, el comprador debe analizar el contenido de CO_2 y realizar una corrección por contenido de CaCO_3 en la caliza de modo que los datos sean comparables con el informe del fabricante.

(Continúa)

APÉNDICE X**(Información opcional)****CERTIFICACIÓN DEL FABRICANTE (INFORME DE ENSAYO DE FÁBRICA)**

X.1 Para que los informes de los resultados de ensayos que se realizan en cementos bajo esta norma sean uniformes, como se requiere en el numeral 12, titulado "Certificación del fabricante", en la figura X.1, se muestra un ejemplo del informe de ensayo de fábrica.

X.2 La información de identificación que entrega el fabricante, debe identificar sin ambigüedades la producción del cemento representada por el informe de ensayos de fábrica y puede variar dependiendo de la designación del fabricante y de los requisitos del comprador.

X.3 La declaración de la certificación del fabricante puede variar dependiendo de la orden de obtención del fabricante o de requisitos legales; pero debe certificar que el cemento enviado está representado por el certificado y que cumple con los requisitos aplicables de la especificación al momento de ser ensayado (o reensayado) o enviado.

X.4 El informe de ensayo de fábrica de la muestra ha sido desarrollado para reflejar los requisitos físicos y químicos de esta norma y recomienda informar todos los análisis y ensayos normalmente realizados en los cementos que cumplen con esta norma. Los requisitos del comprador para los informes rigen si difieren de los informes normales realizados por el fabricante o de los recomendados en esta norma.

X.5 Los cementos pueden ser enviados antes que estén disponibles los datos de ensayo de mayor edad. En tales casos, el valor del ensayo puede dejarse en blanco. Alternativamente, el fabricante puede proveer valores estimativos basados en datos históricos de producción. El informe debe indicar si se proporcionan tales estimaciones.

X.6 Al reportar los límites tabulados en esta norma, en el informe de ensayo de fábrica se deben enumerar solo aquellos límites específicamente aplicables. En algunos casos los límites tabulados en esta norma son reemplazados por otras disposiciones.

X.7 Cuando la caliza o las adiciones inorgánicas de proceso o ambas se usen en el cemento, el fabricante debe informar los resultados adicionales. Un ejemplo del informe de resultados adicionales se muestra en la figura X.2.

(Continúa)

FIGURA X.1

Ejemplo del Informe de ensayo de fábrica

NOMBRE DE LA EMPRESA

Planta: XXXXXXXXXXCemento Tipo: B(MF)Fecha: Marzo 8, 2002Período de producción: Marzo 2, 2002 - Marzo 8, 2002REQUISITOS NORMALIZADOS
NTE INEN 152 Tablas 1 y 3

químicos

físicos

Ítem	LÍMITE ESPECIFICADO	RESULTADOS DE ENSAYOS
SiO ₂ (%)	*	20,8
Al ₂ O ₃ (%)	8,0 máximo	4,4
Fe ₂ O ₃ (%)	8,0 máximo	3,3
CaO (%)	*	62,3
MgO (%)	8,0 máximo	3,3
SO ₃ (%)	3,0 máximo	3,2
Pérdida por calcinación (%)	3,0 máximo	3,7
Na ₂ O (%)	*	0,12
K ₂ O (%)	*	0,20
Residuo insoluble (%)	0,75 máximo	0,27
CO ₂ (%)	*	1,2
Caliza (%)	5,0 máximo	3,5
CaCO ₃ en caliza (%)	70 mínimo	98
Adición inorgánica de proceso (Fábrica granulada de altas temperaturas)	5,0 máximo	3,0
Fase potencial de composición (%) ^a		
C ₃ S	*	52
C ₂ S	*	11
C ₃ A	8 máximo	2
C ₄ AF	*	13
C ₃ A + 2(C ₄ A)	*	20
C ₂ S + 4,75 C ₃ A	100 máximo	83

Ítem	LÍMITE ESPECIFICADO	RESULTADOS DE ENSAYOS
Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máximo	8
Finura (tamiz #75µ)	350 mínimo 400 máximo	377
Expansión en autoclave (%)	0,33 máximo	0,24
Resistencia a la compresión (MPa)	mínimo: ^a	
1 día	7,0	23,4
3 días	12,0	22,8
7 días	*	
28 días		
Tiempo de fraguado Vicat (minutos)		
Inicial: no menor que no mayor que	45 375	194
Calor de hidratación (kJ/kg)		300 ^b
7 días		
Expansión de la barra de mortero (%) NTE INEN 2529	*	0,010 ^c

^a No aplicable^b El resultado del ensayo representa el valor más reciente y es proporcionado solamente para información.^c Ajustado por lo enunciado en el ítem A.3.^d Solo es necesario si SO₃ por ciento supera el límite en la tabla 1, en cuyo caso el método de ensayo de la NTE INEN 2529 el ensayo de expansión no excederá de 0,020% a los 14 días.^e El resultado del ensayo para este período de producción no está disponible. Se informa el resultado más reciente.REQUISITOS OPCIONALES
NTE INEN 152 Tablas 3 y 4

químicos

físicos

Ítem	LÍMITE ESPECIFICADO	RESULTADOS DE ENSAYOS	Ítem	LÍMITE ESPECIFICADO	RESULTADOS DE ENSAYOS
Ácido equivalente (%)	*	0,22	Falso fraguado (%)	50 mínimo	62
			Resistencia a la compresión (MPa) 28 días	28,0 mínimo	*

^f Límite no especificado por el comprador. Resultado proporcionado únicamente para información.^g El resultado del ensayo para este período de producción aún no está disponible.

Certificamos que el cemento descrito arriba, al momento del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la norma NTE INEN 152 - xx (o) _____ norma

Firma: _____

Cargo: _____

(Continúa)

FIGURA X.2

Ejemplo del Informe de datos adicionales

NOMBRE DE LA EMPRESA

Planta XXXXXXXXXXXXX

Cemento Tipo II

Fecha Marzo 9, 200x

Periodo de producción Marzo 2, 200x - Marzo 8, 200x

DATOS ADICIONALES

Datos de la adición inorgánica de proceso	
Tipo	Teoría calculada de alto horno, molida
CaO (%)	3.0
SiO ₂ (%)	20.1
Al ₂ O ₃ (%)	10.9
Fe ₂ O ₃ (%)	1.1
CaSO ₄ (%)	44.4
SO ₃ (%)	0.3

Composición de la base base de cemento	
C ₃ S (%)	60
C ₂ S (%)	13
C ₃ A (%)	5
C ₄ A (%)	11

Certificamos que los datos descritos arriba, representan el material utilizado en la fabricación del cemento durante el periodo de producción indicado.

Firma _____

Cargo _____

(Continúa)

APÉNDICE Y
(Información opcional)

RESUMEN DE CAMBIOS

Y.1 En este apéndice se recogen los cambios efectuados en esta actualización de la norma INEN, con respecto a la cuarta revisión de esta norma.

Y.1.1 Se incluyen los numerales 4.1.5 y 4.1.6, que son dos nuevos tipos de cemento portland.

Y.1.2 Se incluye el numeral 6.1.4 y se modifica el numeral 6.1.5, para diferenciar entre adiciones inorgánicas y orgánicas de proceso.

Y.1.3 Se incluyen las notas 4 y 6, y se reenumeran las demás notas.

Y.1.4 Se modifican las tablas 1, 2, 3 y 4 para incluir los requisitos de los dos nuevos tipos de cemento.

Y.1.5 Se cambió la ubicación de la sección "Métodos de ensayo", para que esté antes de la sección "Inspección".

Y.1.6 Se incluyen los literales A.4, A.5, A.6, A.6.1 y A.6.2 en el Anexo A.

Y.1.7 Se incluye la nota A.2.

Y.1.8 Se incluye el literal X.7 en el Apéndice X.

Y.1.9 Se incluye la figura X.2.

Y.1.10 Se mejora la redacción de algunos párrafos de la norma.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 52 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 151 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 153 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 158</p>	<p><i>Reglas para redondear números.</i> <i>Cemento hidráulico. Definición de términos.</i> <i>Cemento hidráulico. Muestreo y ensayos.</i> <i>Cemento hidráulico. Determinación del tiempo de fraguado. Método de Vicat.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 159</p>	<p><i>Cemento hidráulico. Determinación del tiempo de fraguado de pasta de cemento hidráulico. Método de las agujas de Gillmore.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 160</p>	<p><i>Cemento hidráulico. Métodos de ensayo para el análisis químico.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 195</p>	<p><i>Cemento hidráulico. Determinación del contenido de aire en morteros.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 196</p>	<p><i>Cemento hidráulico. Determinación de la finura mediante el aparato de permeabilidad al aire.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 197</p>	<p><i>Cemento portland. Determinación de la finura mediante el método del turbidímetro.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 199</p>	<p><i>Cemento hidráulico. Determinación del calor de hidratación.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 200</p>	<p><i>Cemento hidráulico. Determinación de la expansión en autoclave.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 202</p>	<p><i>Cemento hidráulico. Determinación de la expansión potencial de morteros de cemento portland expuestos a la acción de sulfatos.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 252</p>	<p><i>Cales. Definiciones y clasificación.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 498</p>	<p><i>Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 872</p>	<p><i>Áridos para hormigón. Requisitos.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 875</p>	<p><i>Cemento hidráulico. Determinación del endurecimiento prematuro. Método de la pasta.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1505</p>	<p><i>Cemento hidráulico. Determinación del SO₃ óptimo aproximado, usando la resistencia a la compresión.</i></p>
<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2529</p>	<p><i>Cemento hidráulico. Expansión de barras de mortero de cemento hidráulico almacenadas en agua.</i></p>
<p>Norma ASTM C 226</p>	<p><i>Especificaciones para adiciones incorporadoras de aire para uso en la fabricación de cemento hidráulico con incorporación de aire.</i></p>
<p>Norma ASTM C 465</p>	<p><i>Especificaciones para adiciones de proceso para uso en la fabricación de cemento hidráulico.</i></p>

Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 150 - 11 *Standard Specification for Portland Cement*. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2011.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 152 Quinta revisión	TÍTULO: CEMENTO PORTLAND. REQUISITOS	Código: CO-02.02-401
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Directorio: 2009-10-30 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Resolución No. 116-2009 de 2009-12-14 publicado en el Registro Oficial No. 111 de 2010-01-19 Fecha de iniciación del estudio: 2011-09-19	

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: Cementos

Fecha de iniciación: 2011-09-26

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

Ing. Raúl Camanero (Presidente)

Ing. Jaime Salvador

Ing. Hugo Egílez

Sr. Carlos Aulería

Ing. Patricio Ruiz

Dra. Margarita Ati

Ing. Raúl Ávila

Ing. Washington Benavides

Leda Evelyn Guzmán

Ing. Carlos González

Arq. Karla Balladares

Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)

Fecha de aprobación: 2011-10-14

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y
DEL HORMIGÓN, INECCY

HOLCIM ECUADOR S. A. (AGREGADOS)

LAFARGE CEMENTOS S. A.

INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.

CEMENTO CHIMBORAZO C. A.

HORMIGONES HÉRCULES S. A.

FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD
CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA, PONTIFICIA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

INTACO ECUADOR S. A.

INTACO ECUADOR S. A.

INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y
DEL HORMIGÓN - INECCY

Otros trámites: Esta NTE INEN 152:2012 (Quinta Revisión), reemplaza a la NTE INEN 152:2010 (Cuarta Revisión)

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 785 de 2012-09-10

Por Resolución No. 12188 de 2012-08-21

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-28 y Av. 8 de Diciembre
Casilla 17-01-3888 - Telfs: (593 2) 2 601886 al 2 601881 - Fax: (593 2) 2 607816**

Dirección General: E-Mail: furnesta@inen.gov.ec

Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec

Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inenosti@inen.gov.ec

Regional Guayas: E-Mail: inenquayas@inen.gov.ec

Regional Azuay: E-Mail: inenouenca@inen.gov.ec

Regional Chimborazo: E-Mail: inenriobamba@inen.gov.ec

URL: www.inen.gov.ec

ANEXO 6. EJEMPLO DISTRIBUCIÓN CHI CUADRADO

La siguiente tabla refleja los valores de módulo de rotura, a dos concentraciones diferentes de viruta de cuero, así tenemos valores de módulo de rotura para probetas estándares y valores de módulo de rotura para probetas con 5% de concentración de viruta de cuero.

OBSERVADO DÍAS DE ADQUISICIÓN DE RESISTENCIA	MÓDULO DE ROTURA		
	ESTÁNDARES	5%	TOTAL
7	9,2719	5,4083	14,6802
	---	---	---
14	10,5820	5,6438	16,2258
	---	---	---
21	12,0400	5,8453	17,8853
	---	---	---
TOTAL	273,2447	157,8676	431,1123

Posteriormente se plantea una pregunta:

¿Cumplen con la especificación que dicta la Norma NTE INEN 2084:1996, las probetas elaboradas con 5% de concentración de viruta de cuero?

Para responder a esta pregunta vamos a utilizar chi cuadrado.

Lo primero que se realiza es el planteamiento de las hipótesis, en nuestro caso manejamos hipótesis nula y la hipótesis alternativa, las cuales dicen:

Ho: Si cumple con la Norma NTE INEN 2084:1996

H₁: No cumple con la Norma NTE INEN 2084:1996

Ahora se procede a calcular cada una de las frecuencias teóricas (ft) esperadas de cada uno de los datos, como se muestra a continuación:

$$ft \rightarrow 9,2719 = \frac{273,2447 * 14,6802}{431,1123} = 9,3045$$

$$ft \rightarrow 5,4083 = \frac{157,8676 * 14,6802}{431,1123} = 5,3757$$

Los datos se registran en la siguiente tabla:

ESPERADO	MÓDULO DE ROTURA		
DÍAS DE ADQUISICIÓN DE RESISTENCIA	ESTÁNDARES	5%	TOTAL
7	9,3045	5,3757	14,6802
	---	---	---
14	10,2841	5,9417	16,2258
	---	---	---
21	11,3359	6,5494	17,8853
	---	---	---
TOTAL	273,2447	157,8676	431,1123

Se procede a calcular chi cuadrado, para lo cual se sigue la siguiente fórmula:

$$X^2 = \sum \frac{(f - ft)^2}{ft}$$

$$X^2 = \frac{(9,2719 - 9,3045)^2}{9,3045} + \frac{(5,4083 - 5,3757)^2}{5,3757} + \dots + \frac{(5,8453 - 6,5494)^2}{6,5494} = 1,8271$$

Ahora se hace uso de la tabla de distribución de chi cuadrado. Para encontrar el chi cuadrado de la tabla, se procede a encontrar los grados de libertad, y el margen de error a utilizar, en nuestro caso el margen de error es de 0.5 y los grados de libertad se calculan con la siguiente fórmula:

$$\text{Grados de Libertad} = v$$

$$v = (n_{\text{filas}} - 1) * (n_{\text{columnas}} - 1) : v = (3 - 1) * (2 - 1) = 2$$

TABLA 3-Distribución Chi Cuadrado χ^2

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567

En este momento, para determinar qué hipótesis se rechaza y cuál se acepta, se siguen las siguientes condiciones:

$X^2_{\text{calculado}} < X^2_{\text{tabla}}$ Se Rechaza H_1 ; $X^2_{\text{calculado}} > X^2_{\text{tabla}}$ Se Rechaza H_0

$1,8271 > 1,3863$ $X^2_{\text{calculado}} > X^2_{\text{tabla}}$ Se Rechaza H_0

En este ejemplo se acepta la hipótesis alternativa, que nos dice que a una concentración de 5% de viruta de cuero, estas probetas no cumplen con la especificación de la Norma NTE INEN 2084:1996.

ANEXO 7. TABLA DE DISTRIBUCIÓN CHI CUADRADO.

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365

ANEXO 8. ANÁLISIS DE CROMO TOTAL EN LA MUESTRA DE LAS PROBETAS ELABORADAS CON VIRUTA DE CUERO WET BLUE A NIVEL DE LABORATORIO.

 <p>CESTTA SGC</p>	<p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>
--	---

INFORME DE ENSAYO No:	436
ST:	033 – 16 ANÁLISIS DE QUÍMICOS
Nombre Peticionario:	N.A.
Atn.	Fanny Peña
Dirección:	Marcelo Suárez y Plácido Camaño Riobamba – Chimborazo
FECHA:	20 de Abril del 2016
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2016/04/08 – 09:43
FECHA DE MUESTREO:	2016/03/10 – 10:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2016/04/08 – 2016/04/20
TIPO DE MUESTRA:	Teja molida
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-Q 369-16
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	TUBASEC
ANÁLISIS SOLICITADO:	Cromo Total
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Fanny Peña
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Cromo Total	Absorción Atómica	mg/kg	560,70	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH

APÉNDICES

APÉNDICE 1. ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS A NIVEL DE LABORATORIO.

	
<p><i>1. Materias Primas</i> <i>Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.</i></p>	<p><i>2. Pesaje de Materias Primas</i> <i>Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.</i></p>
	
<p><i>3. Mezclado</i> <i>Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.</i></p>	<p><i>4. Filtrado</i> <i>Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.</i></p>
	
<p><i>5. Prensado</i> <i>Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.</i></p>	<p><i>6. Probeta Final</i> <i>Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.</i></p>

APÉNDICE 2. PROBETAS A DIFERENTE CONCENTRACIÓN DE VIRUTA DE CUERO

	
<p>1. <i>Probetas Estándares (Ver Tabla 7)</i> Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.</p>	<p>2. <i>Probetas al 5% viruta de cuero (Ver Tabla 8)</i> Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.</p>
	
<p>3. <i>Probetas al 6% viruta de cuero (Ver Tabla 10)</i> Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.</p>	<p>4. <i>Probetas al 7% viruta de cuero (Ver Tabla 12)</i> Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.</p>
	
<p>5. <i>Probetas al 10% viruta de cuero (Ver Tabla 14)</i> Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.</p>	<p>6. <i>Probetas al 13.66% viruta de cuero (Ver Tabla 16)</i> Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.</p>

APÉNDICE 3. TOMA DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA, DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE LAS PROBETAS.



1. *Determinación Módulo de Rotura*
Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.



2. *Determinación de Espesores*
Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.



3. *Determinación Peso bajo Agua*
Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.



4. *Determinación Peso Seco*
Fuente. Escobar Cinthia, Peña Fanny.

