

**ESTUDIO DE LA RESISTENCIA MECANICA A LA COMPRESIÓN DEL
CONCRETO LIGERO CON ICOPOR A
Fc 3000 PSI**

**ERMILDES CARDONA MEJIA
ERNESTO FERNÁNDEZ ORTEGA
ELKIN MILLIAN YAGUNA
RENE QUESPIA SANDY**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BARRANQUILLA
2003**

**ESTUDIO DE LA RESISTENCIA MECANICA A LA COMPRESIÓN DEL
CONCRETO LIGERO CON ICOPOR A
Fc 3000 PSI**

**ERMILDES CARDONA MEJIA
ERNESTO FERNÁNDEZ ORTEGA
ELKIN MILLIAN YAGUNA
RENE QUESPIA SANDY**

**PROYECTO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL
Ing. JORGE BUZON OJEDA
Lic. JAVIER JARAMILLO COLPAS
Asesores Técnicos**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BARRANQUILLA
2003**

Barranquilla, Agosto 23 del 2003

Ing.
NAYIB MORENO RODRÍGUEZ
Director del Programa de Ing. Civil
Barranquilla


Por medio de la presente sometemos a su consideración la solicitud para la aprobación del trabajo de grado titulado:

"ESTUDIO DE LA RESISTENCIA MECANICA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO CON ICOPOR A Fc 3000 PSI "

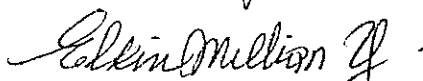
Como requisito parcial para optar el título de INGENIERO CIVIL en la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria de la Costa, CUC.

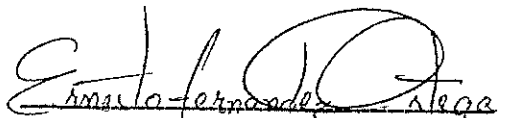
Adjuntamos con la presente la documentación requerida, debidamente diligenciada para su estudio.

Cordialmente,


RENE QUESPIA SANDY
CC. 3181340 Bolivia


ERMILDES RAFAEL CARDONA MEJIA
CC. 84006121 Barrancas


ELKIN J. MILLIAN YAGUNA
CC. 7600761 S. Marta


ERNESTO A. FERNÁNDEZ ORTEGA
CC. 9176914 San Jacinto

=====

ESPACIO RESERVADO PARA LA FACULTAD

Fecha de entrega de la solicitud para aprobación: _____

Solicitud aprobada? SI NO Fecha _____
Observaciones: _____

Ing. NAYIB MORENO RODRÍGUEZ
Director Programa Ing. Civil

Barranquilla, Agosto 23 del 2003

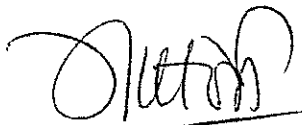
Ing.
NAYIB MORENO RODRÍGUEZ
Director del Programa de Ing. Civil
Barranquilla

Los abajo firmantes asesores del trabajo de grado titulado:

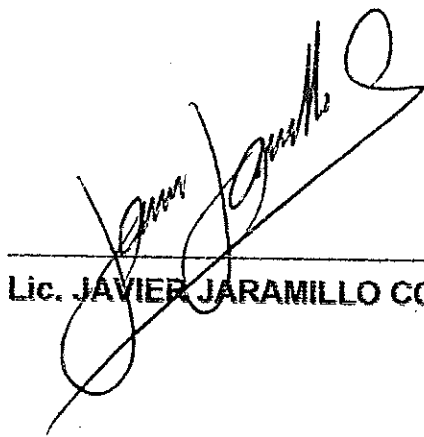
**"ESTUDIO DE LA RESISTENCIA MECANICA A LA COMPRESIÓN DEL
CONCRETO LIGERO CON ICOPOR A Fc 3000 PSI "**

Consideramos que el Proyecto de Grado, ha sido evaluado en sus aspectos técnicos y metodológicos, lográndose los alcances establecidos en el anteproyecto.

Cordialmente:



Ing. JORGE BUZÓN O.



Lic. JAVIER JARAMILLO COLPAS



Ing. DIANA DE LA OSSA
ASESOR METODOLÓGICO

CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA

ENTREGA DE TRABAJO DE GRADO Y AUTORIZACION DE SU USO A FAVOR DE LA CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA

Yo **Rene Quespia Sandy**, mayor de edad, identificado con la cédula de ciudadanía N° **3181340**, de **Bolivia**, actuando en nombre propio, en calidad de autor del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado denominado: **"ESTUDIO DE LA RESISTENCIA MECANICA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO CON ICOPOR A Fc 3000 PSI"**, hago la entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD ROM) y autorizo a la **CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA**, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponde como creador de la obra objeto del presente documento.

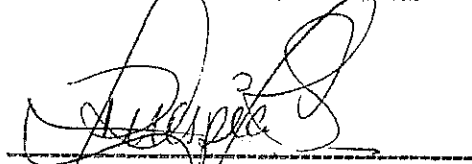
PARAGRAFO: La presente autorización se hace extensiva no solo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, uso en red, Internet, extranet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR – ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y

detenta la titularidad ante la misma. **PARAGRAFO:** En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, **EL ESTUDIANTE – AUTOR**, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P, a los 23 días del mes de Agosto del Dos Mil tres 2003.

EL AUTOR – ESTUDIANTE.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rene Quespia Sandy', is written over a horizontal dashed line.

RENE QUESPIA SANDY

C.C 3181340 BOLIVIA

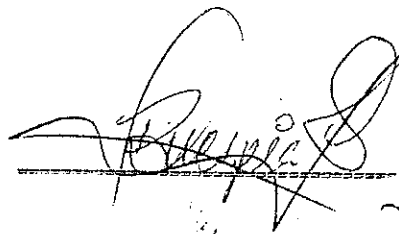
CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA

CESION DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA

Yo **Rene Quespia Sandy**, manifiesto en este documento mi voluntad de ceder a la Corporación Universitaria de la Costa los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la Ley 23 de 1982, del trabajo final de grado denominado **"ESTUDIO DE LA RESISTENCIA MECANICA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO CON ICOPOR A Fc 3000 PSI"**, producto de mi actividad académica para optar el **título de Ingeniero Civil**, en la Corporación Universitaria de la Costa, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y publicación. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribo este documento en el momento mismo que hago entrega del trabajo de final a la Biblioteca Central de la Corporación Universitaria de la Costa, C.U.C.

RENE QUESPIA SANDY

C.C 3181340



Barranquilla D.E.I.P., a los 23 días del mes de Agosto de 2003-08-18

"Los derechos de autor recaen sobre las obras científicas, literarias y artísticas en las cuales se comprenden las creaciones del espíritu en el campo científico, literario y artístico, cualquiera que sea el modo o forma de expresión y cualquiera que sea su destinación, tales como: los libros, folletos y otros escritos; las conferencias alocuciones, sermones y otras obras de la misma naturaleza; las obras dramáticas o dramáticos musicales; las obras coreográficas y las pantomimas, las composiciones musicales con letra o sin ellas; las obras cinematográficas a las cuales se asimilan las obras expresadas por procedimiento análogo a la cinematografía, inclusive los videogramas, las obras de dibujo, pintura, arquitectura, esculturas, grabado, litografía; las obras fotográficas a las cuales se asimilan las expresadas por procedimiento análogo a la fotografía; las obras de arte plástica; las ilustraciones, mapas, planos, croquis, y obras plásticas relativas a la geografía, topografía, a la arquitectura o la ciencia, en fin, toda producción del dominio científico, literario o artística que puedan producirse o definirse por cualquier forma de impresión o de reproducción, por fonografía o radiotelefonía o cualquier otro medio conocido o por conocer ". (Artículo 2 de la Ley 23 de 1982).

CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA

ENTREGA DE TRABAJO DE GRADO Y AUTORIZACION DE SU USO A FAVOR DE LA CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA

Yo **ERMILDES RAFAEL CARDONA MEJIA**, mayor de edad, identificado con la cédula de ciudadanía N° **84006121 BARRANCAS**, actuando en nombre propio, en calidad de autor del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado denominado: **"ESTUDIO DE LA RESISTENCIA MECANICA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO CON ICOPOR A Fc 3000 PSI"**, hago la entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD ROM) y autorizo a la **CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA**, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponde como creador de la obra objeto del presente documento.

PARAGRAFO: La presente autorización se hace extensiva no solo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, uso en red, Internet, extranet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR – ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizo sin violar o usurpar derechos de autor de terceros por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y

detenta la titularidad ante la misma. **PARAGRAFO:** En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, **EL ESTUDIANTE – AUTOR**, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P, a los 23 días del mes de Agosto del Dos Mil tres 2003.

EL AUTOR – ESTUDIANTE.



ERMILDES RAFAEL CARDONA MEJIA

C.C 84006121 BARRANCAS

CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA

CESION DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA

Yo **ERMILDES RAFAEL CARDONA MEJIA**, manifiesto en este documento mi voluntad de ceder a la Corporación Universitaria de la Costa los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la Ley 23 de 1982, del trabajo final de grado denominado **"ESTUDIO DE LA RESISTENCIA MECANICA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO CON ICOPOR A Fc 3000 PSI"**, producto de mi actividad académica para optar el **título de Ingeniero Civil**, en la Corporación Universitaria de la Costa, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y publicación. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribo este documento en el momento mismo que hago entrega del trabajo de final a la Biblioteca Central de la Corporación Universitaria de la Costa, C.U.C.

ERMILDES RAFAEL CARDONA MEJIA C.C 84006121



Barranquilla D.E.I.P., a los 23 días del mes de Agosto de 2003-08-18

"Los derechos de autor recaen sobre las obras científicas, literarias y artísticas en las cuales se comprenden las creaciones del espíritu en el campo científico, literario y artístico, cualquiera que sea el modo o forma de expresión y cualquiera que sea su destinación, tales como: los libros, folletos y otros escritos; las conferencias alocuciones, sermones y otras obras de la misma naturaleza; las obras dramáticas o dramáticos musicales; las obras coreográficas y las pantomimas, las composiciones musicales con letra o sin ellas; las obras cinematográficas a las cuales se asimilan las obras expresadas por procedimiento análogo a la cinematografía, inclusive los videogramas, las obras de dibujo, pintura, arquitectura, esculturas, grabado, litografía; las obras fotográficas a las cuales se asimilan las expresadas por procedimiento análogo a la fotografía; las obras de arte plástica; las ilustraciones, mapas, planos, croquis, y obras plásticas relativas a la geografía, topografía, a la arquitectura o la ciencia, en fin, toda producción del dominio científico, literario o artística que puedan producirse o definirse por cualquier forma de impresión o de reproducción, por fonografía o radiotelefonía o cualquier otro medio conocido o por conocer ". (Artículo 2 de la Ley 23 de 1982).

CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA

ENTREGA DE TRABAJO DE GRADO Y AUTORIZACION DE SU USO A FAVOR DE LA CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA

Yo **ELKIN J. MILLIAN YAGUNA**, mayor de edad, identificado con la cédula de ciudadanía N° **7600761 S. MARTA**, actuando en nombre propio, en calidad de autor del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado denominado: **"ESTUDIO DE LA RESISTENCIA MECANICA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO CON ICOPOR A Fc 3000 PSI"**, hago la entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD ROM) y autorizo a la **CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA**, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponde como creador de la obra objeto del presente documento.

PARAGRAFO: La presente autorización se hace extensiva no solo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, uso en red, Internet, extranet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR – ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizo sin violar o usurpar derechos de autor de terceros por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y

detenta la titularidad ante la misma. **PARAGRAFO:** En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, **EL ESTUDIANTE – AUTOR**, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P, a los 23 días del mes de Agosto del Dos Mil tres 2003.

EL AUTOR – ESTUDIANTE.



ELKIN J. MILLIAN YAGUNA

C.C 7600761 S. MARTA

CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA
CESION DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO
A FAVOR DE LA
CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA

Yo **ELKIN J. MILLIAN YAGUNA**, manifiesto en este documento mi voluntad de ceder a la Corporación Universitaria de la Costa los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la Ley 23 de 1982, del trabajo final de grado denominado **"ESTUDIO DE LA RESISTENCIA MECANICA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO CON ICOPOR A Fc 3000 PSI"**, producto de mi actividad académica para optar el **título de Ingeniero Civil**, en la Corporación Universitaria de la Costa, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y publicación. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribo este documento en el momento mismo que hago entrega del trabajo de final a la Biblioteca Central de la Corporación Universitaria de la Costa, C.U.C.

ELKIN J. MILLIAN YAGUNA

C.C 7600761



Barranquilla D.E.I.P., a los 23 días del mes de Agosto de 2003-08-18.

"Los derechos de autor recaen sobre las obras científicas, literarias y artísticas en las cuales se comprenden las creaciones del espíritu en el campo científico, literario y artístico, cualquiera que sea el modo o forma de expresión y cualquiera que sea su destinación, tales como: los libros, folletos y otros escritos; las conferencias alocuciones, sermones y otras obras de la misma naturaleza; las obras dramáticas o dramáticos musicales; las obras coreográficas y las pantomimas, las composiciones musicales con letra o sin ellas; las obras cinematográficas a las cuales se asimilan las obras expresadas por procedimiento análogo a la cinematografía, inclusive los videogramas, las obras de dibujo, pintura, arquitectura, esculturas, grabado, litografía; las obras fotográficas a las cuales se asimilan las expresas por procedimiento análogo o la fotografía; las obras de arte plástica; las ilustraciones, mapas, planos, croquis, y obras plásticas relativas a la geografía, topografía, a la arquitectura o la ciencia, en fin, toda producción del dominio científico, literario o artística que puedan producirse o definirse por cualquier forma de impresión o de reproducción, por fonografía o radiotelefonía o cualquier otro medio conocido o por conocer ". (Artículo 2 de la Ley 23 de 1982).

CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA

ENTREGA DE TRABAJO DE GRADO Y AUTORIZACION DE SU USO A FAVOR DE LA CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA

Yo **ERNESTO A. FERNANDEZ ORTEGA**, mayor de edad, identificado con la cédula de ciudadanía N° **9176914 S. JACINTO**, actuando en nombre propio, en calidad de autor del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado denominado: **"ESTUDIO DE LA RESISTENCIA MECANICA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO CON ICOPOR A Fc 3000 PSI"**, hago la entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD ROM) y autorizo a la **CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA**, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponde como creador de la obra objeto del presente documento.

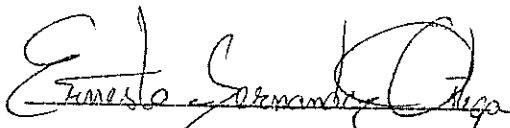
PARAGRAFO: La presente autorización se hace extensiva no solo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, uso en red, Internet, extranet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR – ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizo sin violar o usurpar derechos de autor de terceros por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y

detenta la titularidad ante la misma. **PARAGRAFO:** En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, **EL ESTUDIANTE – AUTOR**, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P, a los 23 días del mes de Agosto del Dos Mil tres 2003.

EL AUTOR – ESTUDIANTE.



ERNESTO A. FERNANDEZ ORTEGA

C.C 9176914 S. JACINTO

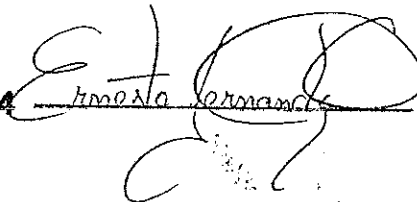
CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA

CESION DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA CORPORACION UNIVERSITARIA DE LA COSTA

Yo **ERNESTO A. FERNANDEZ ORTEGA**, manifiesto en este documento mi voluntad de ceder a la Corporación Universitaria de la Costa los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la Ley 23 de 1982, del trabajo final de grado denominado **"ESTUDIO DE LA RESISTENCIA MECANICA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO CON ICOPOR A Fc 3000 PSI"**, producto de mi actividad académica para optar el **título de Ingeniero Civil**, en la Corporación Universitaria de la Costa, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y publicación. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribo este documento en el momento mismo que hago entrega del trabajo de final a la Biblioteca Central de la Corporación Universitaria de la Costa, C.U.C.

ERNESTO A. FERNANDES

C.C 9176914



Ernesto Fernandez

Barranquilla D.E.I.P., a los 23 días del mes de Agosto de 2003-08-18

"Los derechos de autor recaen sobre las obras científicas, literarias y artísticas en las cuales se comprenden las creaciones del espíritu en el campo científico, literario y artístico, cualquiera que sea el modo o forma de expresión y cualquiera que sea su destinación, tales como: los libros, folletos y otros escritos; las conferencias alocuciones, sermones y otras obras de la misma naturaleza; las obras dramáticas o dramáticos musicales; las obras coreográficas y las pantomimas, las composiciones musicales con letra o sin ellas; las obras cinematográficas a las cuales se asimilan las obras expresadas por procedimiento análogo a la cinematografía, inclusive los videogramas, las obras de dibujo, pintura, arquitectura, esculturas, grabado, litografía; las obras fotográficas a las cuales se asimilan las expresas por procedimiento análogo o la fotografía; las obras de arte plástica; las ilustraciones, mapas, planos, croquis, y obras plásticas relativas a la geografía, topografía, a la arquitectura o la ciencia, en fin, toda producción del dominio científico, literario o artística que puedan producirse o definirse por cualquier forma de impresión o de reproducción, por fonografía o radiotelefonía o cualquier otro medio conocido o por conocer ". (Artículo 2 de la Ley 23 de 1982).

➤ **Asesores Técnicos y Metodológicos**

Ing. Jorge Buzón Ojeda

Lic. Javier Jaramillo Colpas

Ing. Leda Piñeres Cabarcas

Ing. Diana De la Ossa

AGRADECIMIENTOS

Las dificultades presentes en este trabajo, hubiesen sido de mayor grado, sin la ayuda de todas aquellas personas y entidades que con su voluntad y esfuerzo contribuyeron al desarrollo de está investigación.

De nuestra parte reciban un sincero agradecimiento por incentivar el espíritu investigativo haciendo posible la culminación de este trabajo y damos la oportunidad de realizar nuestro Trabajo de Grado lo cual nos da la mayor satisfacción y agradecimiento.

Agradecemos a:

- Facultad de Ingeniería – Corporación Universitaria de la Costa.
- Laboratorio de Tecnología del Concreto. Corporación Universitaria de la Costa.
- Laboratorios AGRECON S.A.
 - Ing. Rafael Llanos
 - Ing. Esther Arteta
 - Ing. Saul Arcon
 - Personal de Laboratorio
- A todo el personal de mantenimiento de la institución.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico principalmente a Dios que es la fuente de donde emanan todas mis experiencias y me ha permitido culminar una de las metas más importantes de mi vida.

*A mis padres, RENE
QUESPIA CHALAR y
YENNY SANDY RAMIRES,
A Jenny, Lynn Gail, Mojorian,
Noelia MIS HERMANOS,
por todos sus esfuerzos que han
hecho posible la realización de
este gran logro.*

Por todo el apoyo y confianza que me han brindado; a mi amada esposa JENNIFER MARGARITA CAMPBELL ESCORCIA, a mi hija NYAH LYNN: Gracias por su disposición y paciencia durante este periodo para superar juntos todas las dificultades, y poder sobrellevar cada uno de los desafíos presentados por el afán de los estudios.

Gracias por ayudarme a finalizar con éxito este trabajo.

Rene Quespia Sandy

DEDICATORIA

Le doy gracias a Dios por haberme permitido realizar este sueño, que en los momentos más difíciles él fue mi soporte para llenarme de mucha fe para así vencer todos los obstáculos.

Felizmente dedico los triunfos alcanzados con la realización de esta tesis a mis hermanos, Nelsy Rosa, Pedro Fernández Ortega, a mis padres Pedro Fernández Peñafiel, Maria Ortega Guzmán, a mis sobrinos y demás familiares que durante el curso de mi

carrera fueron el soporte necesario para alcanzar mis metas y quienes me acompañaron en los momentos de alegría y tristeza, sacrificando su tranquilidad personal en pro de mi superación.

A mis cuñados Juan Manuel López y Merly Guetto por su incondicional apoyo.

Todos se merecen de mí, mis más grandes aprecios y el mejor de mis respetos.

Gracias

Ernesto Fernández Ortega

DEDICATORIA

*A la memoria de Danys y
Epimelia.*

*A Dios gracias por
brindarme la oportunidad de
vivir y poder culminar con
éxito este proyecto .*

*A Manuela mi abuela por
haber ocupado el lugar de
madre cuando más lo
necesitaba. A mi padre quien
siempre ha estado presente
en todos los momentos.*

*A Diomedez y Alcibiades
porque sin su significativo*

*apoyo no se hubiera hecho
posible este objetivo.*

*A mis hermanos por
brindarme su amistad, su
confianza y su cariño. A
Carmen mi tía por su apoyo
y comprensión a pesar de las
adversidades.*

*A mis familiares aquellos que
me brindaron su sincera
confianza.*

*A mis amigos y a todas
aquellas todas personas que
creyeron en mí.*

*A Hatonuevo mi pueblo
querido.*

Gracias.

Ermildes Cardona Mejía.

DEDICATORIA

El luchar en la vida, para lograr los objetivos que se quieren es de gran mérito y valor; porque con esfuerzo, tolerancia, amor, voluntad y fe se obtiene las cosas que más se anhelan en el mundo.

Por esta razón dedico especialmente este triunfo a Dios, el ser más maravilloso de la tierra que me llenó de fuerzas y esperanza, a mis padres Jesualdo Millian Montero y Elvira Yaguna de Millian, a mis hermanos Keldis y Liliana Millian que con actitud de esfuerzo y

*paciencia que han ayudado
en este logro para llegar a ser
un ingeniero civil.*

*También dedico este triunfo
a mis compañeros que en
armonía y trabajo arduo
hemos salido adelante para
desarrollar esta tesis.*

Gracias

Elkin Millian Yaguna

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	35
1. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES DEL CONCRETO	37
1.1. CEMENTO	37
1.1.2. Propiedades Químicas	38
1.1.3. Propiedades Físicas y Mecánicas	41
1.2. AGREGADOS	46
1.2.1. Clasificación de los agregados	47
1.2.2. Propiedades químicas	48
1.2.3. Propiedades Físicas	49
1.2.4. Propiedades Mecánicas	56
1.2.5. Sustancias Perjudiciales	57
1.3. Agua	58
1.3.1. Requisitos de calidad	59
1.3.2. Características Químicas y Físicas del agua de mezclado.	63
1.3.3. Impurezas	63
1.4. ICOPOR	65
Propiedades generales	66
1.5. ADITIVOS	69
1.5.1. Definición	69
1.5.2. Razones para el uso de aditivos.	69
1.5.3. Clasificación de los aditivos	70
2. DENSIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	74
2.1. ENSAYO DE MATERIALES QUE CONFORMAN	

EL CONCRETO	75
2.1.1. Cemento	75
2.1.2. Ensayo sobre la pasta cemento	77
2.1.3. Ensayos realizados a los agregados	79
2.1.4. Ensayo al concreto fresco	87
2.1.5. Ensayos al concreto endurecido	91
3. RESULTADOS GENERALES	96
3.1. ENSAYOS REALIZADOS AL CEMENTO	97
3.2. ENSAYOS A LA PASTA DE CEMENTO	100
3.3. ENSAYOS A LOS AGREGADOS	104
3.4. ENSAYOS RESISTENCIA A LA COMPRESION	109
3.5. GRAFICA RESISTENCIA A LA COMPRESION	113
3.6. ENSAYO TRACCION INDIRECTA	120
3.7. ENSAYO DEFORMACION LONGITUDINAL	122
3.8. GRAFICA ESFUERZO Vs DEFORMACION LONGITUDINAL	142
4. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES	167
4.1. RECOMENDACIONES	168
4.2. SUGERENCIAS	169
BIBLIOGRAFÍA	170
ANEXOS	171

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Abreviaturas para las fórmulas químicas de los óxidos más frecuentes.	38
Cuadro 2: Compuestos de cemento Pórtland.	39
Cuadro 3: Calor liberado por los distintos compuestos del cemento para varias edades.	40
Cuadro 4: Características de los compuestos del cemento.	41
Cuadro 5: Clasificación general del agregado según su tamaño	48
Cuadro 6: Clasificación del agregado según su densidad.	48
Cuadro 7: Clasificación de la textura superficial de los agregados Norma B.S – 812	53

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. INTRODUCCIÓN	172
ANEXO B. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	173
ANEXO C. JUSTIFICACION	175
ANEXO D. OBJETIVOS	176
ANEXO E. MARCO REFERENCIAL	177
ANEXO F. DISEÑO METODOLOGICO	196
ANEXO G. RECURSOS DISPONIBLES	199
ANEXO H. PRESUPUESTO	200
ANEXO I. PLAN DE TRABAJO	201

INTRODUCCIÓN

El avance de la ciencia y el desarrollo tecnológico ha sido uno de los retos que el hombre ha asumido con cautela y dedicación desde el comienzo de la humanidad se ha buscado la forma de afianzar estos conocimientos.

Primero con la autoprotección y luego con la búsqueda de refugios para aminorar los peligros, habitando en cuevas al principio, y luego en casas construidas de manera rudimentaria, después en chozas y así sucesivamente hasta llegar a habitar en hogares construidos de distintos materiales como arcilla, piedra, tablas y material cementante con el cual mas tarde se produciría el concreto acompañado de otros materiales como los agregados gruesos y finos.

Este concreto se ha convertido en el material más importante para la construcción de obras civiles de gran importancia y de mucha envergadura como es el caso de la represa Hubert en el estado de nevada (EE UU), en la que hay más de 5 millones de m³ de concreto.

Pero para lograr estas majestuosas obras hay que realizar muchas investigaciones para conocer como se puede lograr hacer muchas cosas con este material en la construcción. De hecho, se ha experimentado la mezcla con otros agregados distintos a la arena y granzón que conocen habitualmente materiales como la pizarra, ceniza volcánica, piedra pómez, conocida esta mezcla como concreto ligero.

Este proyecto tiene como objetivo experimentar un concreto ligero con icopor el cual será reemplazado por el agregado fino en porcentajes

diferentes de 0.10, 0.30, 0.50, 0.70 %, para verificar si alcanza una resistencia de 3000 PSI, teniendo como base un concreto convencional el cual sirve de patrón y que se realizo con agregados procedentes de la cantera de Sierra Vieja los mismos de la mezcla para el concreto ligero.

Este procedimiento se hace con el fin de obtener del concreto ligero la misma resistencia a los 28 días para la que fue diseñada y comprobar si este material puede ser utilizado en elementos estructurales al igual que el convencional y constatar si en realidad hay una reducción en el peso o sea en aligeramiento .

Para ello se realizaron un total de 240 especímenes repartidos entre convencional y aligerados de los cuales fueron designados 12 especímenes por edad para el convencional y 12 especímenes con porcentaje de icopor para cada edad y de dimensiones 15x30 cm.

Además se realizaron ensayos para calidad de los materiales de acuerdo a las normas técnicas colombianas NTC. De igual manera se verificaron los ensayos al concreto fresco y endurecido, lo cual se representa en tablas y gráficos que muestran el comportamiento del concreto ligero con los diferentes ensayos realizados a cada uno de los materiales.

En cuanto a este diseño se establecieron otros parámetros, como el asentamiento, densidad o masa unitaria, trabajabilidad etc.

Con todos estos antecedentes finalmente se establecieron las comparaciones entre las curvas Esfuerzo Vs Deformación longitudinal y Resistencia Vs Días, las cuales indicaron el comportamiento del concreto normal o convencional y el concreto ligero con icopor.

diferentes de 0.10, 0.30, 0.50, 0.70 %, para verificar si alcanza una resistencia de 3000 PSI, teniendo como base un concreto convencional el cual sirve de patrón y que se realizo con agregados procedentes de la cantera de Sierra Vieja los mismos de la mezcla para el concreto ligero.

Este procedimiento se hace con el fin de obtener del concreto ligero la misma resistencia a los 28 días para la que fue diseñada y comprobar si este material puede ser utilizado en elementos estructurales al igual que el convencional y constatar si en realidad hay una reducción en el peso o sea en aligeramiento .

Para ello se realizaron un total de 240 especímenes repartidos entre convencional y aligerados de los cuales fueron designados 12 especímenes por edad para el convencional y 12 especímenes con porcentaje de icopor para cada edad y de dimensiones 15x30 cm.

Además se realizaron ensayos para calidad de los materiales de acuerdo a las normas técnicas colombianas NTC. De igual manera se verificaron los ensayos al concreto fresco y endurecido, lo cual se representa en tablas y gráficos que muestran el comportamiento del concreto ligero con los diferentes ensayos realizados a cada uno de los materiales.

En cuanto a este diseño se establecieron otros parámetros, como el asentamiento, densidad o masa unitaria, trabajabilidad etc.

Con todos estos antecedentes finalmente se establecieron las comparaciones entre las curvas Esfuerzo Vs Deformación longitudinal y Resistencia Vs Días, las cuales indicaron el comportamiento del concreto normal o convencional y el concreto ligero con icopor.

1 DESCRIPCION DE LOS MATERIALES DEL CONCRETO

El objetivo de este capítulo es poder describir como se hizo el análisis de cada uno de los componentes naturales de los materiales para llevar a cabo la mezcla de concreto. Repasando algunos conceptos de sus orígenes y clasificación para posteriormente entrar en el estudio de sus propiedades, selección, producción y control de acuerdo con las normas y procedimientos adecuados establecidos para tal fin.

1.1 CEMENTO.

El cemento es un material aglutinante que representa propiedades de adherencia y cohesión que permiten la unión de fragmento minerales entre sí, formando un todo compacto. En la construcción se ha generalizado la utilización de la palabra cemento para designar un tipo de aglutinante específico que se denomina cemento Pórtland, debido que es el más común.

El cemento Pórtland es la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contiene sílice, Alumina u óxido de hierro procesados a altas temperaturas y mezclados con yeso. El nombre obedece a la similitud en el aspecto del cemento endurecido con una piedra que abunda en Pórtland Inglaterra.

Fue patentado en 1824, por Joseph Aspdín con un proceso que fue perfeccionado alguno años más tarde por Isaac Jonson. Este material tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia del agua,

presentándose un periodo de reacción química que se conoce como hidratación.

1.1.2 Propiedades Químicas.-La materia prima utilizada en la fabricación de cemento Pórtland consiste principalmente de cal, sílice, alumina y oxido de hierro. Se entiende como química del cemento, la química de los silicatos y aluminatos cálcicos anhídridos e hidratados. .

En general se emplean abreviaturas de uso general para los óxidos, en el cuadro 1 se presentan las abreviaturas mas frecuentes de los óxidos.

Cuadro 1: Abreviaturas para las formulas químicas de los Óxidos mas frecuentes.

NOMBRE DEL OXIDO	FORMULAS	ABREVIATURAS
Oxido de calcio	Ca O	C
Dióxido de silicio	SiO ₂	S
Oxido de aluminio	Al ₂ O ₃	A
Oxido ferrico	Fe ₂ O ₃	F
Agua	H ₂ O	H
Oxido de magnesio	MgO	M
Trióxido de Azufre	SO ₃	s
Oxido de potasio	K ₂ O	K
Oxido de sodio	Na ₂ O	N
Oxido de Litio	Li ₂ O	L
oxido de fósforo	P ₂ O ₅	P
Oxido de hierro	FeO	f
Oxido de titanio	TiO ₂	T

Como se ha dicho el clinker Pórtland es un mineral artificial formado por silicatos, aluminatos y ferroaluminatos de calcio, por lo cual se suelen

considerar cuatro compuestos principales del cemento que se pueden observar en el cuadro 2.

Estos compuestos se forman en el interior del horno cuando la temperatura alcanza el punto en la mezcla cruda se mezcla en un líquido pastoso que al enfriarse da origen a sustancias cristalinas de los primeros compuestos citados en la tablas.

Cuadro 2: compuestos de cemento Pórtland.

NOMBRE DEL COMPUESTO	COMPOSICION DEL OXIDO	ABREVIATURA
Silicato tricalcico	$3CaOSiO_2$	C3S
Silicato dicalcico	$2CaOSiO_2$	C2S
Aluminio tricalcico	$3CaOAl_2O_3$	C3A
Ferroaluminato tetracalcico	$4CaOFe_2O_3Al_2O_3$	C4AF

Estos compuestos llamados potenciales no se presentan aislados sino mas bien puede hablarse de fases que los contienen en gran proporción junto con algunas impurezas, por lo cual no son verdaderos compuestos en el sentido químico pero las proporciones calculadas de ellos revelan valiosa información en cuanto a las propiedades del cemento.

> **Hidratación del Cemento.**- La reacción mediante la cual el cemento Pórtland se transforma en un agente de enlace, se genera por los procesos químicos responsables de la formación de compuestos durante la hidratación, los cuales originan propiedades mecánicas útiles en las aplicaciones estructurales.

Para poder comprender este fenómeno, el estudio de hidratación se lo hace en una pasta de cemento, la cual consiste en sólidos, agua y poros.

Los sólidos son en realidad el conjunto de partículas que difieren en cuanto a su composición química, morfológica y calidad cementante.

Los poros difieren principalmente en tamaño y por lo tanto controlan el movimiento y el comportamiento del agua necesaria para los procesos químicos de hidratación.

> **Calor de Hidratación.-** Es un proceso exotérmico lo cual hace que los concretos al fraguar y endurecer aumenten de temperatura; este incremento es importante en concretos masivos debido que cuando ha ocurrido el fraguado y se inicia el descenso térmico se origina contracción del material que puede conducir a graves agrietamientos.

El calor de hidratación es la cantidad de calor en calorías por gramo de cemento hidratado, después de una hidratación completa a una temperatura dada.

Cuadro 3: calor liberado por los distintos compuestos del Cemento para varias edades.

CALOR LIBERADO EN Cal/ gr.				
COMPUESTO	7 DIAS	28 DIAS	6 MESES	TOTAL
C3S	110	120	120	120
C2S	20	45	60	62
C3A	185	205	207	207
C4AF	40	50	70	100

De hecho depende de la composición química del cemento y el calor de hidratación del cemento es aproximadamente igual a la suma de calores de hidratación de los compuestos por separado, como se aprecia en el cuadro anterior.

1.1.3 Propiedades Físicas y Mecánicas.- Estas propiedades permiten complementar las propiedades químicas y conocer algunos otros aspectos de su bondad como material cementante, en el cuadro 4 se tiene una relación de los compuestos del cemento

Estas propiedades del cemento dependen del estado en que se encuentre y son medidas a través de ensayos que se pueden clasificar en ensayos sobre el cemento puro, pasta de cemento, y mortero; los cuales determinan las características físicas y mecánicas del cemento antes de ser utilizados.

Cuadro 4: Características de los compuestos del cemento.

PROPIEDADES	C3S	C2S	C3A	C4AF
Resistencia	buena	buena	pobre	pobre
Intensidad				
De reacción	media	lenta	rápida	rápida
Calor				
Desarrollado	medio	pequeño	grande	pequeño
Resistencia a los sulfatos	buena	buena	pobre	media

> **Densidad del cemento.**- Es la relación entre la masa de una cantidad dada y el volumen absoluto de esa masa, su valor varía muy poco, y en un cemento Pórtland normal, suele estar muy cercano a 3.15 gr/cm^3 , en el caso de los cementos adicionados es menor porque el contenido de clinker por tonelada de cemento es inferior y su valor normalmente es del orden de 2.90 gr/cm^3 , dependiendo del porcentaje de adiciones.

En realidad la densidad del cemento no indica directamente la calidad del mismo, pero a partir de ella se pueden deducir otras características cuando se analiza el conjunto con otras propiedades.

> **Superficie específica (finura).**- El proceso de molienda de clinker y de yeso determina la finura del cemento que es el tamaño de las partículas de cemento, la finura es una de las propiedades físicas más importantes del cemento, ya que está íntimamente ligada con la velocidad de hidratación, desarrollo de calor, retracción y aumento de la resistencia.

Puesto que la hidratación de los granos de cemento se inicia desde la superficie de cemento constituye un parámetro determinante para regular la velocidad de hidratación.

Así un cemento con partículas de muchas áreas específicas, ó sea de alta finura, endurece con mayor velocidad y tiene un desarrollo rápido de resistencia. Sin embargo, un alto grado de finura representa un costo considerable debido a que aumenta el tiempo de molienda y cuanto más fino sea el cemento se deteriora con mayor rapidez, debido a que adsorbe más fácilmente la humedad del aire.

Adicionalmente liberan mayor cantidad de calor de hidratación ocasionando mayor retracción y por lo tanto son más susceptibles a la fisuración, pero un cemento fino exuda menos que uno más grueso, debido a que retiene mejor el agua al tener mayor superficie de hidratación. Por otro lado los cementos con partículas muy gruesas se hidratan muy lentamente, lo que puede producir exudación de agua por su escasa capacidad para retenerla.

De hecho la hidratación de las partículas de cemento es muy lenta y se estima que su velocidad es del orden de 3.5 micras, en 28 días.

Esto significa que las partículas relativamente gruesas pueden durar varios años en hidratarse e incluso no llegar a hacerlo nunca en forma interior, quedando dentro de ellas el núcleo inerte, lo cual se traduce en disminución de la resistencia a la compresión.

La finura se puede medir por métodos directos e indirectos y se expresa por el área superficial de las partículas contenidas en un grano de material, lo cual se denomina superficie específica, y se mide en cm^2/gr .

> **Fraguado del Cemento.**- Este término se utiliza para describir el cambio del estado plástico al estado endurecido de una pasta de cemento.

Cuando una pasta de cemento se mezcla con cierta cantidad de agua se forma una pasta plástica; esta se va perdiendo a medida que pasa el tiempo, hasta llegar a un momento en el que la pasta va perdiendo su viscosidad y se eleva su temperatura, el tiempo transcurrido desde la adición del agua se llama tiempo de fraguado inicial.

Posteriormente la pasta sigue fraguando hasta que deja de ser deformable con cargas relativamente pequeñas, se vuelve rígida y llega al máximo de su temperatura el tiempo así transcurrido desde la mezcla con agua se denomina tiempo de fraguado final. A partir de ese momento empieza el proceso de endurecimiento de la pasta y la estructura del cemento fraguado va adquiriendo resistencia mecánica.

Los factores que mayor influencia tienen sobre los tiempos de fraguado son los siguientes:

- La composición química del cemento.
- La finura del cemento ya que mientras más finos sean los granos, mayor es la velocidad de hidratación.
- Mientras mayor sea la cantidad de agua de amasado, dentro de ciertos límites, mas rápido es el fraguado.
- A menos temperatura ambiente mas lentamente ocurre las reacciones de hidratación, a temperatura por debajo de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, el cemento no fragua.
- A mayor temperatura ambiente mas rápidamente ocurren las reacciones de hidratación, pero sobre los $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ se puede observar un efecto inverso.

> **Falso fraguado.**- Es el fenómeno que ocurre a la pasta de cemento cuando adquiere una rigidez prematura y anormal, dentro de los primeros minutos después de mezclar el cemento y el agua. A diferencia del fraguado relámpago esto no desprende calor en forma apreciable y si la pasta se premezcla sin adicionar agua, se establece su plasticidad sin efectuar el fraguado y la resistencia.

Este fenómeno se debe a que en algunas ocasiones cuando las temperaturas en los molinos son superiores $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, se puede presentar

deshidratación total o parcial del yeso, que como ya se dijo, es el regulador del fraguado del cemento

Esta rigidación es producto de la hidratación del yeso y para regresar la pasta de cemento a su estado de trabajabilidad inicial simplemente se prolonga el tiempo de mezclado sin adicionar agua, porque ésta alteraría la relación agua / cemento y por consiguiente disminuirá la resistencia.

> **Tiempo de fraguado** .- Este término es utilizado para describir la rigidez de la pasta es decir para especificar el cambio de estado fresco a endurecido, aunque durante el fraguado la pasta adquiere cierta resistencia, para efectos prácticos es conveniente distinguir el fraguado del endurecimiento, pues este último se refiere al incremento de la resistencia de una pasta de cemento fraguada.

El fraguado inicial es el tiempo que transcurre desde que la pasta plástica que se forma cuando el cemento se mezcla con agua va perdiendo su fluidez, hasta llegar a un momento en que ya no tiene toda su viscosidad y se eleva su temperatura, lo cual indica que el cemento se encuentra parcialmente hidratado.

El fraguado final se define como el tiempo que transcurre hasta que la parte de cemento deja de ser deformable con cargas relativamente pequeñas, se vuelve rápida y llega a la máxima temperatura, lo cual indica que el cemento se encuentra aun más hidratado y la pasta ya está dura.

A partir de este momento empieza el proceso de endurecimiento de la pasta y la estructura de cemento fraguado va adquiriendo resistencia mecánica.

Los parámetros que afectan de mayor manera el tiempo de fraguado son los siguientes:

- Composición química del cemento los que tienen un alto contenido de C3A, y C2S fraguan más rápido así como los que contienen poco yeso.
- Finura del cemento, mientras mayor sea la velocidad de hidratación los tiempo se fraguado son menores.
- Agua de amasado, a mayor cantidad de agua el fraguado es más rápido
- Temperatura ambiente, a mayor temperatura ambiente se obtienen menores tiempos de fraguado, por tanto las reacciones químicas de hidratación se aceleran con el aumento de temperatura.

1.2 AGREGADOS.

Son cualquier sustancia sólida o partículas añadidas intencionalmente al concreto que ocupan un espacio rodeado por pasta de cemento, de tal forma que en combinación con ésta proporcionan resistencias mecánicas, al mortero o concreto en estado endurecido y controlan los cambios volumétricos que normalmente tienen lugar durante el fraguado del cemento, así como los que se producen por las variaciones en el contenido de humedad de las estructuras.

La calidad de los agregados está determinada por el origen, por su distribución granulométrica, densidad, forma y superficie.

Se han clasificado en agregados grueso y fino, fijando un valor en tamaños de 4.76 mm a 0.075 mm, para el fino o arena y de 4.76 mm en adelante para el agregado grueso, frecuentemente la fricción de agregados grueso es subdividida dentro del rango, tales como 4.76 mm a 19 mm para la gravilla y de 19 mm a 51 mm para la grava. La selección

del tamaño de agregado grueso para un concreto reforzado está en función del tipo de estructura y la separación de la armadura

1.2.1 Clasificación de los Agregados.- La clasificación de los agregados para concreto, generalmente se hace desde el punto de vista de su procedencia, tamaño y densidad.

> **Según su procedencia.-** Pueden ser naturales o artificiales, los agregados naturales se obtienen de la explotación de depósitos de arrastre, fluviales, glaciares y de canteras de diversas piedras naturales.

Los agregados artificiales son los que se tienen a partir de procesos industriales, como la arcilla expandida, escorias de altos hornos, clínker y limaduras de hierro entre otras.

> **Según su tamaño.-** La forma empleada para clasificar los agregados naturales es según su tamaño, la cual varía desde fracciones de milímetros hasta varios centímetros en sección transversal, la distribución de tamaño se conoce con el nombre de granulometría, ver cuadro 5.

El contenido de arcilla y limo en una mezcla de concreto es un factor que se debe limitar porque cuando hay un exceso de las mismas, hacen que sean mayores los requerimientos de agua y pueden restar adherencia entre el agregado grueso y la pasta de cemento.

> **Según su densidad.-** Es la propiedad que relaciona la cantidad de masa con el volumen que ocupa, se clasifican tanto los agregados naturales como los artificiales, como el cuadro 6 lo muestra.

Cuadro 5: clasificación general del agregado según su tamaño

TAMAÑO DE LAS PARTICULAS EN mm (pulg)	DENOMINACION MAS CORRIENTE	CLASIFICACION	CLASIFICACION COMO AGREGADO CONCRETO
Inferior a 0,002	arcilla	fracción muy fina	no recomendable
entre 0,002 - 0,074 (200)	limo		
entre 0,074 - 4,76 (200) - (4)	arena	agregado fino	apto para concreto
entre 4,76 - 19,1 (4) - (3/4)	Gravilla	agregado grueso	apto para concreto
entre 19,1 - 50,8 (3/4) - (2))	grava	agregado grueso	apto para concreto
entre 50,8 - 152,4 (92) - (6)	Piedra	agregado grueso	apto para concreto
superior a 152,4	rajon, piedra bola	agregado grueso	apto para concreto

Cuadro 6: clasificación del agregado según su densidad

tipo de Concreto	peso unitario aproximado del concreto Kg/cm ³	peso unitario del agregado Kg/cm ³	ejemplos de utilización	ejemplo de agregado
Ligero	400 - 800	60 - 480	concreto aislamientos	pieira pómez
	950 - 1350	480 - 1040	concreto para relleno	perlita
	1450 - 2000		concreto estructural	
Normal	2000 - 2500	1300 - 1800	concreto estructural y no estructural	carbo rodado agregados de rio
Pesado	2500 - 5800	3400 - 7600	concreto contra radiacion gamme o X. contrapesas	pieira, fierita magnetita

1.2.2 Propiedades Químicas.- Tal como se expreso en la definición, la mayoría de los agregados son inertes, es decir que no reaccionan

químicamente con los demás constituyentes del concreto. Sin embargo se han venido observando algunas reacciones especiales con la pasta de cemento y por lo general dañinos para el concreto en si. Entre ellas se tienen las siguientes;

> **Epitaxia.**- La única reacción química favorable de los agregados conocidos como epitaxia la cual mejora la adherencia entre ciertos agregados calizos y la pasta de cemento, a medida que pasa el tiempo.

> **Reacción Agregado Alkali.**- Existen otros tipos de reacciones que por lo general originan expansiones dentro de la masa endurecida del concreto, las cuales inducen esfuerzos de tensión que pueden hacer fallar la integridad estructural, ya que la resistencia a la tensión es del orden de un 10 % de su resistencia a la compresión.

La otra reacción es de tipo sólido- líquido produce un gel de tipo hinchable que aumenta el volumen a medida que absorbe el agua, con lo cual aparecen presiones internas en el concreto que conducen a expansión, agrietamiento y ruptura de la pasta de cemento. Dadas las circunstancias anteriormente expuestas, conviene tener en cuenta que los agregados pueden reaccionar con los álcalis de cemento lo cual debe examinarse cuando se presume que los agregados contengan sílice inestable.

1.2.3 Propiedades Físicas.- Entre las propiedades de los agregados se nombraran los mas comunes en cuanto a los ensayos realizados para dichos materiales.

> **Análisis granulométrico.**- Es la composición en porcentaje, de los diversos tamaños de agregados en una muestra, esta proporción se suele

indicar de mayor a menor tamaño, por una cifra que representa, en peso el porcentaje parcial de cada tamaño que pasó o quedó retenido en los diferentes tamices que se usan obligatoriamente para tal medición.

Para obtener un buen concreto es necesario que la mezcla de la arena y de la piedra logre una granulometría que proporcione masa unitaria máxima, puesto que con esta condición el volumen de los espacios entre partículas es mínimo y por consiguiente la cantidad de pasta es necesaria para llenar los espacios entre ellas, el tamaño de un agregado se obtiene mediante el empleo de un tamiz de referencia.

El tamaño máximo nominal se relaciona con la facilidad y posibilidad de llenar los moldes o encofrados o que no puedan pasar entre las varillas. El tamaño máximo es la quinta parte de la dimensión menor entre ellos y los lados de la formaleta, como el tamaño máximo no puede definirse de manera garantizada una granulometría caso no se usa.

La granulometría se relaciona directamente con la facilidad de colocación del concreto y con las resistencias mecánicas a través de las diferentes posibilidades de vibrado que se le aplique, aunque el acomodo de las partículas en la mezcla no solo depende de ellas, sino de la forma y textura de los granos.

La granulometría de la arena tiene mayor influencia sobre trabajabilidad que la del agregado grueso, en razón de mayor valor de superficie específica.

Desde el punto de vista de la resistencia a la compresión, mezclas de gradación discontinuas, pero bien estudiadas ofrecen elevadas

resistencias a la compresión desde el punto de vista de la trabajabilidad, el exceso de retención en uno o varios tamices hace que la mezcla se comporten como si no tuvieran suficiente pasta, por lo cual algunas especificaciones recomiendan no emplear agregados que retengan en algún tamiz mas del 40 %.

> **Curvas Granulométricas.**- Los resultados del análisis granulométrico comúnmente se representan de manera gráfica mediante curvas de granulometría o línea de cribado.

Generalmente en una gráfica de granulometría sobre el eje de las ordenadas se representa el porcentaje acumulado que pasa a través de los tamices en escala aritmética y sobre el eje de las ábsidas se indica las aberturas de los tamices, unas veces en escala aritmética o en escala logarítmica y algunas veces en escala mixta.

> **Factores que se derivan del Análisis Granulométrico.**- Además de determinar la distribución de tamaños dentro de una masa de agregados y de visualizarlas por medio de un grafico que permite conocer que tan grueso o muy fino es, así como detectar las deficiencias o excesos de un tamaño en particular, del análisis granulométrico se derivan algunos factores que constituyen una caracterización mas de la distribución de tamaños.

➤ **Modulo de finura.**- Es un valor empírico que permite estimar que tan fino o grueso es un material.

El modulo de finura es un promedio logarítmico de la distribución de tamaños de partículas, ya que la serie de tamices se encuentra en 1:2.

Este valor de finura puede variar de 0 a 10 o más, dependiendo del tamaño máximo presente.

En la medida que se acerque a cero indica un agregado fino y en la medida que aumenta su valor indica que el agregado es más grueso. su uso generalmente se ha centrado en la evaluación de grados de finura del agregado fino, grueso y arena.

> **Tamaño máximo.**- El tamaño máximo de los agregados es otro factor que se deriva de análisis granulométrico y está definido como la abertura del menor tamiz de la serie que permite el paso del 100 % del material.

O dicho de otra manera es el máximo tamaño de la partícula de la masa de agregados el cual debe cumplir con las especificaciones y dimensiones de la estructura.

> **Tamaño máximo nominal.**- Este valor deriva también del análisis granulométrico, y se lo define como la abertura de tamiz inmediatamente superior a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es el de 15 % o más.

> **Textura.**- Esta es otra propiedad que corresponde intrínsecamente al agregado, pero que se deriva indirectamente de la roca madre, es la textura superficial, que también incide notablemente en las propiedades del concreto especialmente en la adherencia entre las partículas del agregado y la pasta de cemento fraguado, y gobierna las condiciones de fluidez que se encuentran en estado plástico .

La clasificación de la textura superficial se basa en las características de la superficie de una partícula en términos de si es pulida, mate, suave o

áspera lo cual esta ligado a la dureza, tamaño, forma y estructura de la roca original. En términos generales, se puede decir que es lisa (agregados redondeados), o áspera (agregados triturados), pero la clasificación mas utilizada esta dada por la norma Británica B.S-812, ver cuadro 7.

Cuadro 7: Clasificación de la textura superficial de los agregados
Norms B.S – 812

GRUPO	TEXTURA SUPERFICIAL	CARACTERÍSTICAS
1	vítrea	fractura conoidal
2	lisa	desgastado por el agua, o lisa debido a la fractura de la roca laminada o de grano fino
3	granular	fractura que muestra granos mas o menos uniformes Redondeados.
4	áspera	fractura áspera de roca con granos finos o medianos que contienen partículas Cristalinas visibles.
5	cristalina	contiene partículas cristalinamente fácilmente visibles.
6	apanalada	con poros o cavidades Visibles

> **Superficie específica.**- La superficie específica del agregado se define como la relación que hay entre la superficie exterior de una partícula y el volumen que ocupa esa partícula.

Se supone la forma esferica con un diámetro D, esta relación es:

$$SE = \frac{\text{Área superficial}}{\text{Volumen}} = \frac{4 \text{ Pi } r^2}{(\frac{3}{4}) \text{ Pi } r^3} = \frac{3}{r}$$

Se observa que el área superficial, resulta inversamente proporcional al tamaño de partícula.

Por otra parte, se define la superficie de pega o "superficie específica total", como la suma del área superficial de todas las partículas que constituyen la masa de agregado. Esta superficie de pega depende de la granulometría, la forma y la textura de las partículas

> **Densidad o Peso Especifico.**- Se clasifica en tres, es una de las propiedades del agregado que depende directamente de la roca original de donde proviene y está definida como la relación entre la masa y el volumen de una masa determinada. Los poros saturables son aquellos que están concentrados con el exterior de las partículas y no están conectados con la superficie.

> **Densidad Absoluta.**- Es la relación entre la masa la de las partículas y su volumen absoluto el cual excluye el volumen de masa sólida o sea se excluyen todos los poros saturables y no saturables.

> **Densidad Nominal.**- Es la relación que existe entre la masa de las partículas y el volumen nominal que es el que ocupan las partículas de ese material, incluyendo los poros no saturados.

> **Densidad Aparente.**- Es la relación entre la masa de las partículas y su volumen aparente que incluye el volumen de los poros saturables y no saturables que hay dentro de las partículas.

La densidad aparente es la más importante debido a que con ella se determina la masa de agregados requerido para un volumen unitario de concreto, porque los poros interiores dentro de las partículas de agregados van a ocupar un volumen dentro de la masa de concreto y por que el agua que se deja dentro de los poros saturables no hace parte del agua de mezcla.

> **Porosidad y absorción.**- Cuando un material es más poroso tiene menos resistencia mecánica, por lo tanto, cuanto menor sea la absorción es más compacto y de menor calidad. Desde el punto de vista de la porosidad y la capacidad de absorción de agua, el grano de agregado puede presentar una de las siguientes cuatro posibilidades.

1. Absolutamente seco, con todos los poros vacíos internos y superficiales.
2. Seco al aire, o exteriormente con parte de la masa y los poros internos llenos.
3. Saturados y superficialmente saturados, con toda la masa y los poros internos y superficie llena pero con la superficie seca.

4. Húmedo, cuando además de llenos todos sus poros, internos y superficiales y de saturado toda la masa húmeda se acumula en la superficie.

1.2.4 Propiedades Mecánicas.- Para el análisis de estas propiedades se describen algunas cualidades de los agregados.

> **Resistencias de las Partículas del agregado.-** La falla de un concreto esta regida por la resistencia relativa del agregado, la pasta y de lo que se conoce como la interfase de adherencia, por lo general en los agregados naturales de peso normal sucede que las partículas tienen una resistencia superior a la pasta de cemento endurecida por lo cual la resistencia a la compresión del concreto no se ve muy afectado por la resistencia del agregado a la compresión.

> **Tenacidad.-** Otra propiedad mecánica del agregado que conviene mencionar es la tenacidad o resistencia a la falla por impacto , la cual tiene mucho que ver con el manejo de los agregados , ya que si estos son débiles ante la carga de impacto se puede alterar su granulometría, aparte de indicar una baja calidad para ser utilizado en concreto.

> **Adherencia.-** Durante los procesos del fraguado y endurecimiento del concreto los agregados se encuentran aglutinados por la pasta de cemento y se genera una iteración en la zona de contacto agregado pasta conocida con el nombre de adherencia.

> **Agregados que se utilicen en su fabricación deben ser duros.** La dureza es una propiedad que depende de la constitución mineralógica la estructura y procedencia de los agregados.

La forma mas usual de determinar esta propiedad de una manera indirecta es el conocido ensayo de desgaste realizado en la maquina de los ángeles.

1.2.5 Sustancias Perjudiciales.-cuando se habla de este tema hay que darle su importancia ya que cuando se tiene presencia de sustancias que pueden afectar al concreto, las consecuencias a largo tiempo pueden ser fatales. A continuación se describe a la que mayor daño causa en todo tipo de obra.

> **Contenido de Arcilla.**- La presencia excesiva de tamaños muy pequeños en la grava y en la arena puede afectar el comportamiento deseado de la mezcla de concreto, perjudicando el fraguado y la adquisición mecánica de este, en el caso de aparición de finos en las gravas es posible que estos pasen a engrosar parte de la granulometría de la arena, ya que sus granos quedan comprendidos en esos tamaños.

Desde luego la presencia excesiva de finos puede plantear la mayor avidez de agua y con ella crear una pasta fina que envuelva los granos de agregados y dañe sus condiciones de adherencia, esta misma avidez de agua puede llegar a afectar las condiciones de trabajabilidad.

El lavado se usa para remover cantidades excesivas de partículas finas que son consideradas dañinas para la buena calidad del concreto y es uno de los pasos que usan los productores de agregados en la producción de los mismos.

Si hay exceso de partículas finas cubriendo los agregados resultará una inadecuada adhesión entre la pasta de cemento endurecido y el agregado

esto puede causar bajas resistencias a la compresión, durabilidad reducida y en algunos casos estallidos, donde existen agregados recubiertos de polvo en cercanías a la superficie del concreto además la presencia de material fino incrementa la demanda de agua en el concreto.

1.3 AGUA.

En relación con su empleo en el concreto, el agua tiene dos diferentes aplicaciones: como ingrediente en la elaboración de las mezclas y como medio de curado de las estructuras recién construidas. En el primer caso es de uso interno como agua de mezclado y en el segundo se emplea exteriormente cuando el concreto se cura con agua.

Como componente del concreto convencional, el agua suele representar aproximadamente entre 10 y 25 por ciento del volumen del concreto recién mezclado, dependiendo del tamaño máximo de agregado que se utilice y del revenimiento que se requiera. Esto le concede una influencia importante a la calidad del agua de mezclado en el comportamiento y las propiedades del concreto, pues cualquier sustancia dañina que contenga, aún en proporciones reducidas, puede tener efectos adversos significativos en el concreto.

Una práctica bastante común consiste en utilizar el agua potable para fabricar concreto sin ninguna verificación previa, suponiendo que toda agua que es potable también es apropiada para elaborar concreto; pero hay ocasiones en que esta presunción no se cumple, porque hay aguas potables aderezadas con citratos o con pequeñas cantidades de azúcares que no afectan su potabilidad pero pueden hacerlas inadecuadas para la fabricación de concreto.

En todo caso, la consideración contraria pudiera ser más conveniente, es decir, que el agua para la elaboración del concreto no necesariamente requiere ser potable, aunque si debe satisfacer determinados requisitos mínimos de calidad.

1.3.1 Requisitos de calidad. Los requisitos de calidad del agua de mezclado para concreto no tienen ninguna relación obligada con el aspecto bacteriológico (como es el caso de las aguas potables), sino que básicamente se refieren a sus características físico – químicas y a sus efectos sobre el comportamiento y las propiedades del concreto.

> **Efectos en el concreto.** Los efectos indeseables que el agua de mezclado de calidad inadecuada puede producir en el concreto, son a corto, mediano y largo plazo. Los efectos a corto plazo normalmente se relacionan con el tiempo de fraguado y las resistencias iniciales, los de mediano plazo con las resistencias posteriores (a 28 días o más) y los de largo plazo pueden consistir en el ataque de sulfatos, la reacción álcali – agregados y la corrosión del acero del refuerzo.

Para prevenir los efectos a corto y mediano plazo se acostumbra precalificar el agua mediante pruebas comparativas de tiempo de fraguado y de resistencia a compresión entre 7 y 28 días.

> **Especificaciones de calidad del agua.** La verificación de la calidad del agua de uso previo para elaborar el concreto, debe ser una práctica obligatoria antes de iniciar la construcción de obras importantes.

Cuando la obra se localiza en las inmediaciones de un centro de población, es muy probable que exista abastecimiento de agua en la localidad, del cual pueda disponerse para fabricar el concreto. Al referirse a esta agua es conveniente distinguir entre el agua para uso doméstico y para su uso industrial.

Hay otras fuentes de suministros de agua para elaborar el concreto en sitios alejados de los centros de población como son los pozos, manantiales, corrientes superficiales (arroyos y ríos), almacenamiento naturales como lagos, lagunas y almacenamiento creados artificialmente como las represas y presas. El agua es un componente muy importante ya que gracias a la presencia del mismo el cemento experimenta reacciones químicas que le dan la propiedad de fraguar y endurecer para formar un sólido único con los agregados, para ello se clasifica en agua de mezclado y agua de curado.

> **Agua de mezclado.**- Es la cantidad de agua de volumen unitario de concreto que requiere el cemento, contenido en ese volumen unitario, para producir una pasta eficientemente hidratada con una fluidez tal, que permita una lubricación adecuada de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico.

La pasta de cemento, inmediatamente mezclado los materiales, se vuelve una mezcla plástica de cemento y agua que va adquiriendo una nueva estructura de acuerdo a la hidratación del cemento.

Esta nueva estructura es la conformación del llamado gel de cemento y la redistribución del agua dentro de la pasta. En una porción de pasta

hidratada el agua se encuentra en dos formas básicas a saber: el agua de hidratación y el agua evaporable.

> **Agua de Hidratación.** Esta es la parte de agua original de mezclado que reacciona químicamente con el cemento para pasar a formar parte de la fase sólida del gel. Es también llamada no evaporable porque en una porción de pasta hidratada se conserva a 0% de humedad de ambiente y 110 °C, de temperatura.

> **Agua Evaporable.** El agua restante que existe en la pasta es agua que puede evaporarse a 0% de humedad relativa del ambiente y 110 °C de temperatura, pero no se encuentra libre en su totalidad.

El gel de cemento cuya característica sobresaliente es un enorme desarrollo superficial interno, ejerce atracción molecular sobre una parte del agua evaporable y la mantiene atraída. Esta agua evaporable puede estar en tres condiciones distintas de acuerdo con su proximidad a la superficie del gel de cemento:

> **Agua de absorción.** Es una capa molecular de agua que se halla fuertemente adherida a la superficie del gel por fuerzas intermoleculares de atracción.

El agua adsorbida cuyas distancias con respecto a la superficie del gel están en el intervalo de 0 a 30 angstrom, o $A = 0,0000001$ mm, es llamada también agua activa por su influencia en el comportamiento del concreto bajo carga.

> **Agua capilar.** Es el agua que ocupa los poros capilares de la pasta a distancias que suelen estar en el intervalo de 30 a 10x7 Å, de manera que parte de ella esta sujeta a la influencia de las fuerzas de superficie del gel.

> **Agua libre.** Esta parte se encuentra fuera de la influencia de las fuerzas de superficie, de tal forma que tiene completa movilidad y puede evaporarse con facilidad.

El agua que el cemento necesita para su completa hidratación representa, como termino medio aproximado un 23 % de su peso es decir:

$$\frac{\text{Agua de hidratación en Kg}}{\text{Cemento en Kg}} = 0.23$$

Aunque las relaciones agua/cemento que suelen emplearse en las mezclas de concreto exceden este valor por mucho, esta situación no representa por si misma una garantía de suministro permanente de agua para total hidratación del cemento sin tener que recurrir a una fuente de suministros adicionales del exterior, esto es lo que se conoce como agua de curado.

> **Agua de Curado.-** El curado puede definirse como el conjunto de condiciones necesarias para que la hidratación de la pasta evolucione sin interrupciones hasta que todo el cemento se hidrate y el concreto alcance su propiedad potencial estas condiciones se refieren básicamente a la humedad y la temperatura.

El agua de curado constituye el suministro adicional de agua para hidratar eficientemente el cemento este suministro adicional depende de la

humedad del ambiente, ya que entre mayor humedad relativa del ambiente menor rapidez de evaporación del agua libre de la pasta.

1.3.2 Características Químicas y Físicas del agua de mezclado. Casi cualquier agua natural que pueda beberse y que no tenga sabor ni olor notable sirve para mezclar el concreto. Sin embargo el agua que sirve para mezclar el concreto puede no servir para beber.

Puede usarse agua cuyo comportamiento no se conozca para hacer concreto, si los cilindros de concreto hechos con esa agua alcanzan resistencias a los 7, 14, 21, 28 días, iguales a las elaboradas con agua potable.

Además deben hacerse pruebas para tener la seguridad de que no se afecte desfavorablemente el tiempo de fraguado del cemento por las impurezas contenidas en el agua de mezcla, las cuales puede afectar no solamente en tiempo de fraguado la resistencia del concreto, la consistencia de volumen, si no que puede hasta producir efflorescencia (manchas) o corrosión del refuerzo.

El agua que contenga menos de 2.000 p.p.m, (partes por millón) como total de sólidos disueltos debe usarse en general satisfactoriamente para hacer concreto. Aunque concentraciones mayores no son siempre dañinas, afectan algunos cementos donde sea posible deben evitarse concentraciones elevadas.

1.3.3 Impurezas.- estas sustancias en el agua de mezclado o agua de curado pueden alterar muestra resistencia en un concreto lo cual seria perjudicial en gran manera, se describirán algunas de ellas.

> **Carbonatos y Bicarbonatos Alcalinos** El carbonato de sodio puede producir un fraguado muy rápido; los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En grandes concentraciones estas sales pueden reducir materialmente la resistencia al concreto.

Cuando la suma de estas sales disueltas exceden de 1.000 p.p.m, (0.1 %), deberá hacerse pruebas para el tiempo de fraguado y resistencia a los 28 días.

> **Cloruro y sulfato de Sodio.** Generalmente cuando en un agua natural se encuentra elevada proporción de sólidos disueltos se debe a un alto contenido de cloruro o sulfato de sodio.

Concentraciones hasta de 20.000 p.p.m de cloruro de sodio son tolerables, pero se a usado satisfactoriamente agua para mezcla, que contenía 10.000 p.p.m de sulfato de sodio.

> **Otras Sales Comunes** .Rara vez se encuentran concentraciones suficientes de carbonato de calcio y de magnesio que afectan la resistencia del concreto ya que estas no son muy solubles en agua .los bicarbonatos de calcio y de magnesio son perjudicales para la mezcla cuando el agua se encuentra en concentraciones de 400 p.p.m de ion bicarbonato.

El sulfato y el cloruro de magnesio pueden presentarse en elevadas concentraciones hasta de 40.000 p.p.m, el cloruro de calcio se usa algunas veces en el concreto (no en el reforzado), en cantidades hasta del 2% en peso del cemento, para acelerar el aumento del endurecimiento y de la resistencia.

> **Sales de hierro.**- Las aguas naturales subterráneas rara vez contienen mas 20 a 30 p.p.m de hierro. Las sales de hierro en concentraciones hasta de 40.

1. 4 ICOPOR.

El poliestireno, conocido popularmente con el nombre de icopor, es un polímero vinílico, resultado de la polimerización del estireno monómero. Se distinguen varios tipos de poliestirenos con propiedades diferentes que permiten a su vez la producción de una diversidad de artículos para usos variados. Existen dos tipos básicos de resinas de poliestireno:

- Poliestireno de uso general o Poliestireno cristal (GPPS)

- Poliestireno de alto impacto (HIPS)

A partir del poliestireno de uso general se obtienen otras variedades de poliestireno como el expandido que se prepara por polimerización en suspensión del estireno en presencia de agentes soplantes y a partir de él se obtienen las espumas aislantes.

El poliestireno de alto impacto se obtiene mediante la adición de partículas de caucho al poliestireno de uso general lográndose así un material blanco translúcido de mayor resistencia y flexibilidad. Puede ser procesado por los métodos de inyección, soplado y termo formado.

El primer poliestireno de uso general se introdujo comercialmente en los Estados Unidos en el año de 1938 y el primero de alto impacto en el año 1948.

El poliestireno permite ser procesado en un amplio rango de temperaturas. Puede lograrse una modificación significativa de sus propiedades adicionándole caucho (butadieno) para incrementar su resistencia al impacto y su elongación aunque sacrificando la transparencia.

Las resinas de poliestireno de alto impacto son apropiadas para aplicaciones finales que requieren principalmente alta rigidez, buena elongación y estabilidad dimensional.

Entre las múltiples aplicaciones se encuentran los artículos para empaque, vasos, platos y cubiertos desechables, carcasas para radios, televisores, computadores, muebles, sanitarios, juguetes, construcción acabados etc.

1.4.1 Propiedades generales.- El icopor puede aplicarse en los siguientes campos: protección térmica para elementos de construcción aislantes y soluciones modulares en construcción, elementos de encofrado y entalladura, placas de construcción ligera, llenado de espacios huecos, materiales elásticos para aislamiento acústico al ruido de choques, bloques y placas para fundación de calzadas, aislamiento de espacios congelados, naves de almacén, muebles fríos, depósitos, tuberías, tanques de líquidos, embalajes, centros de alerones, revestimiento interior del techo de automóviles, perfiles, barras, placas para decoración, elementos de conformación.

Comportamiento en fuego (poco inflamables) en el caso de utilizarse como material aislante.

> **Clasificación del icopor desde el punto de vista de la técnica de protección contra incendios.**- En la utilización de materiales aislantes de espuma rígida se aplican las prescripciones generales de la reglamentación urbanística, igual que para cualquier producto de la construcción. En virtud de su comportamiento en fuego han sido clasificados e identificados con la A según las normas de construcción.

El icopor es una espuma rígida de poliestirol con equipamiento de protección contra incendios que ha sido clasificado en la clase de material de construcción B1, poco inflamable, y que puede valorarse como ardiente goteante.

> **Comportamiento del icopor en caso de incendio.**- Inflamabilidad, propagación de llamas: Las espumas de icopor empiezan a reblandecerse poco a poco a una temperatura superior a los 100 °C y se encogen al hacerlo. Si siguen calentándose, se funden. Si el calor continúa aplicándose a estas espumas, de la masa fundida se desarrollan productos combustibles de descomposición en forma de gas, los cuales forman gases inflamables en incendios con unas condiciones de temperatura superior a los 350 °C.

Si no hay ninguna fuente de encendido, los productos térmicos de descomposición se empiezan a encender a partir de una temperatura entre los 450 y los 500 °C. Hasta estas temperaturas el icopor no es inflamable por sí mismo ni puede empezar a arder sin llama.

La espuma de icopor se encoge con el breve contacto de una llama, p. Ej., de una cerilla, desde la fuente de encendido sin inflamarse. Sólo si el contacto con la fuente de encendido en el material fundido es prolongado,

puede aparecer una combustión, aunque la velocidad de propagación con este contacto es mínima y limita la proporción de propagación de las llamas por la superficie de la espuma. Tan pronto como se interrumpe el contacto con la llama, no se ha observado que siga quemándose o requemándose ni que siga ardiendo sin llama. Sólo bajo la influencia directa de otros materiales combustibles con comportamiento menos favorable en cuanto a la seguridad contra incendios, también se quema completamente el icopor.

> **Generación de calor.** La generación de calor también forma parte de los criterios técnicos de protección contra incendios. El poliestirol tiene un valor calorífico de $HU = 11,0 \text{ kWh/kg}$ ($39,6 \text{ MJ/kg}$). Gracias a su masa mínima, la mayoría de las veces los materiales aislantes de espuma rígida de icopor sólo contribuyen de forma mínima a la generación de calor en caso de incendio. Ejemplo: las placas aislantes de techo de un espesor de 80 mm del tipo de protección de calidad PS 20 SE pueden generar un calor máximo de $17,6 \text{ kWh/m}^2$ ($63,4 \text{ MJ/m}^2$).

Emisiones de icopor en caso de participar en un incendio: las investigaciones biológicas de toxicidad aguda por inhalación dieron como resultado que los gases del incendio y de destilación lenta generados por el icopor pueden ser tóxicos, tal y como ocurre con la descomposición de todas las sustancias orgánicas.

En estas investigaciones únicamente se redujo el efecto nocivo a monóxido de carbono en los gases del incendio. Además se demostró que es mínimo el riesgo relativo de intoxicación por los gases del incendio o de destilación lenta que se pueden formar en el caso de que el icopor participe en el incendio en comparación con aquellas sustancias celulósicas

utilizadas desde hace tiempo y ensayadas en comparación con los productos térmicos de descomposición, como por, ejemplo: placas de fibras de madera o corcho

1.5 ADITIVOS.

A través de la historia el hombre a utilizado diferentes materiales cementales para producir morteros o concretos, pero en ciertos casos su comportamiento no era el deseado y por tal razón se comenzó a ensayar adicionando otras sustancias como la sangre toro o la de cerdo para impermeabilizar el mortero y volverlo duradero. Su efecto se puede ver en las antiguas estructuras de la antigua roma.

Hoy en día, los aditivos son considerados un ingrediente mas del concreto y son empleados para modificar las propiedades de estos, de tal modo que se lo hagan mas adecuados para las condiciones de trabajo o por economía.

Para ello, en la actualidad se cuenta con toda suerte de aditivos que cumplen diversos fines dentro del concreto.

1.5.1 Definición.- Según el comité ACI-212, un aditivo se puede definir como un material distinto del agua, agregados, cemento hidráulico, que se usa como ingredientes en concretos o morteros y se añade a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado.

1.5.2 Razones para el uso de aditivos.- Hay múltiples razones para el uso de aditivos en los concretos, pero generalmente los aditivos se usan para:

a) mejorar las propiedades en estado fresco del concreto.

- Aumentar la manejabilidad para el mismo contenido de agua o disminuir el contenido de agua para la misma manejabilidad.
- Retardar o acelerar el fraguado inicial del concreto.
- Reducir o prevenir contracciones.
- Modificar la capacidad de exudación.
- Reducir la segregación.
- Mejorar el bombeo.

b) mejorar las propiedades en estado endurecido del concreto

- Retardar o reducir la generación de calor de hidratación-aumento de resistencia a edades tempranas –
- Aumento de resistencia (compresión, flexión, y tracción),
- Control de expansión causada por la reacción álcali agregado.
- Aumento de la durabilidad, resistencia a condiciones severas de exposición

1.5.4 Clasificación de los aditivos.- La clasificación más resumida de los aditivos en términos de su función es la siguiente:

➤ **Aditivos inclusores de aire.** Estos aditivos se usan para mejorar su trabajabilidad y resistencia al congelamiento.

El sistema trabaja a través de diminutas burbujas de aire dispersados uniformemente en la pasta del concreto.

- Mejora la resistencia a la congelación
- Disminuye la permeabilidad
- Mejora las mezclas pobres o difíciles de trabajar

La mayor durabilidad se da porque la burbuja rompe los capilares y además dan espacios para la expansión del agua al congelarse. El porcentaje óptimo de aire incluido varía del 3% al 6%, y su efectividad depende de la granulometría de los agregados.

> **Aditivos reductores de agua** Los aditivos reductores de agua son los más ampliamente usados. Se desarrollan a partir del concepto de la ley de Abrahán, según la resistencia a la compresión del concreto es inversamente proporcional a la relación agua cemento del mismo. Mucho agua produce segregación y falta de homogeneidad, además de acabados deficientes, en superficie de pisos. Estos puntos se resumen en mala calidad del concreto final.

La dispersión es el principal efecto de los plastificantes. Reducen la atracción de las partículas evitando que se unan, con lo cual se logra una mejor fluidez de la pasta. El aumento de fluidez permite reducir la cantidad de agua necesaria para una determinada manejabilidad. Las consecuencias de un menor consumo de agua son mayor resistencia mecánica y menor porosidad lo que significa menor permeabilidad y mayor resistencia a la penetración de químicos.

> **Aditivos retardantes.** Un aditivo retardante es un material utilizado para retardar la velocidad de fraguado en concreto. Como es sabido las condiciones de fraguado del concreto son importantes no solo para regular los tiempos de mezclado, transporte y colocación de la mezcla, si no porque de ellas dependen muchas propiedades posteriores del concreto.

Los aditivos retardantes se utilizan principalmente para compensar el efecto acelerante de altas temperaturas y poder mantener el concreto trabajable durante todo el proceso de colocación. Algunos retardantes reducen agua, con lo que compensan la menor resistencia característica de los retardantes en edades tempranas.

A edades altas, la resistencia son mayores gracias a que la hidratación del cemento se realiza en forma más lenta y puede desarrollar todo su potencial; por esta razón que en concretos se puede recomendar el uso de retardantes. Los azúcares son los principales materias primas de estos aditivos.

➤ **Aditivos acelerantes.** Un aditivos acelerante es un material que se le añade al concreto con el propósito de reducir el tiempo de fraguado y acelerar el desarrollo temprano de la resistencia. Sin embargo, el desarrollo de resistencia del concreto puede ser acelerado por el uso de cemento Pórtland tipo 3, (alta resistencia inicial), con la reducción de la relación agua/cemento incrementando el contenido de cemento o simplemente curando el concreto a más altas temperaturas.

El más común es el cloruro de calcio, aunque no se recomienda en preesforzado, en concreto con metales embebidos o concreto reforzado en ambientes húmedos con la tendencia a promover la oxidación.

En términos generales se utiliza cuando se desea retirar la formaletería pronto, cuando debido al clima es necesario disminuir el tiempo normal de curado o cuando la temperatura es muy baja para estimular la hidratación del cemento y liberar calor.

En climas calientes se deben usar con cuidado, pues se puede generar calor de hidratación en cantidades elevadas lo que produce un muy rápido fraguado y aparición de grietas. El cloruro de calcio es el acelerante más utilizado pero debe usarse con cierta precaución especialmente en cuanto a la cantidad adicionada que en ningún caso puede ser más del 2% , del peso del cemento, ya que una sobre dosificación puede traer un rápido endurecimiento que dificulte el acabado, pérdida de resistencia a edades altas y corrosión del refuerzo.

> **Aditivos súper plastificantes.** Son los aditivos más modernos de la familia de ellos, porque producen un concreto de alta fluidez sin reducir la resistencia a la compresión a causar segregación o exudación excesiva.

La mayor ventaja es una mejor consolidación del concreto aun con armadura densa y mínimo vibrado, por esta razón son ampliamente usados cuando se deben fundir muros altos y angostos o columnas de gran altura. Se producen una reducción de agua a niveles más que los obtenidos con los reductores de agua convencionales con lo que se logra resistencias altas especialmente en edades tempranas.

De igual manera el costo de estos es superior al de los reductores de agua convencional.

2 .DENSIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La densidad del concreto ligero seco compactado hecho con diferentes agregados varia de 1280 a 2020 Kg/cm², sin embargo, la relación entre la resistencia en cilindros y las densidades, varían considerablemente para concretos hechos con diferentes tipos de agregados de acuerdo a la finura.

Para el concreto de grava y arena, por ejemplo, la densidad media varia desde aproximadamente 2230 kg/ m³ con una resistencia a la compresión en cilindros a los 28 días de cerca de 70 kg/cm², hasta aproximadamente 2310 kg/m³, con resistencia en cubos cerca de 281 kg/cm². Para el mismo promedio de resistencia en cubos a los 28 días la densidad seca del concreto compactado ligero varía de 1682 a 1923 kg/cm³ respectivamente

Si se revisan algunos ingredientes en el concreto ligero, se puede lograr un concreto de resistencia moderada, si se usan materiales como la perlita, los glóbulos de poliestireno y la espuma que produce concreto celular. Las resistencias normalmente cambian con relación a la densidad, el uso de aditivos aceleradores y reductores de la cantidad de agua pueden cambiar en forma drástica, la resistencia alcanzada por estos diversos concretos.

La resistencia a la tensión de un concreto ligero es difícil obtenerla debido a que las pruebas normales están sujetas necesariamente a la influencia de un gran numero de variables que no pueden ser controladas, se adoptaron pruebas normales en cubos y cilindros para determinar un

índice y no como una medida absoluta, de la resistencia al aplastamiento del concreto.

La prueba de partición de los cilindros ha sido usada recientemente como una medida de resistencia a la tensión. Se han comparado los resultados de la prueba obtenidos sobre partición de los cilindros hechos con varios agregados de peso ligero con el comportamiento del concreto de grava, los resultados indican que en general la resistencia de partición de los concretos ligeros tienden a ser del mismo orden o ligeramente mas altos que los obtenidos con el concreto normal con la misma resistencia a la compresión.

2.1 ENSAYO DE MATERIALES QUE CONFORMAN EL CONCRETO

A continuación se describen los ensayos realizados a los diferentes materiales que conforman el concreto.

2.1.1 Cemento.- Para el proyecto se trabajo con cemento Pórtland tipo I, marca Caribe, el cual cumple con ciertos requisitos físico-químicos y mecánicos, cuyos análisis son comprobados con los ensayos descritos a continuación.

> **Determinación del peso específico del cemento NTC 221.-** Es la relación entre la masa de una cantidad dada y el volumen absoluto de esa masa. Su valor varía muy poco, y en un cemento Pórtland normal, suele estar muy cercano a 3.15 g/cm^3 . En el caso de los cementos adicionados, es menor porque el contenido de Clinker por tonelada de cemento es inferior, y su valor normalmente es del orden de $2,90 \text{ gr/cm}^3$, dependiendo del porcentaje de adiciones

Esta medida es indispensable en el diseño y control de mezclas de concreto, en donde se requiere conocer cuanto espacio ocupa determinada masa de cemento. Esto se hace aplicando la ecuación que establece que la densidad de un material es igual a su masa dividida por su volumen.

Equipo: frasco de Le Chatalier

Procedimiento. La determinación de la densidad se puede hacer por varios métodos como son los de Le Chatalier, Suman, Mann, Candler y el del Picno. De estos se utilizó el de Le Chatalier, especificado en la norma NTC 221. Puesto que es el más conocido en el medio.

Este frasco permitió medir el volumen correspondiente a una cierta cantidad de masa de cemento, por medio del desplazamiento de un líquido que no reacciona con él, en este caso se utilizó kerosén, aprovechando así el principio de Arquímedes.

➤ **Determinación de la finura del cemento mediante el método de tamizado NTC 226-294.**- La finura se puede medir por métodos directos e indirectos y se expresa por el área superficial de las partículas contenidas en un gramo, lo cual se denomina superficie específica y se mide en cm^2/gr .

Este ensayo es de mucha importancia debido a que la finura influye sobre las ganancias de resistencia en especial hasta un envejecimiento de siete (7) días.

Equipo: tamiz N° 325 y balanza

Procedimiento. Dentro de los métodos indirectos se utilizó el procedimiento de tamizado, descrito en la norma NTC294. Este sistema consiste en tamizar 1 gr de cemento por el tamiz de 44 micras (#325) bajo la acción de un chorro de agua a una presión de 0,7 kg/cm² aproximadamente.

El tamizado por las mallas permitió detectar la presencia anormal de unas partículas muy gruesas, que pudieron deberse a deficiencias en la molienda o al principio de hidratación del cemento almacenado por un tiempo relativamente largo.

2.1.2 Ensayo sobre la pasta cemento. En su condición como pasta se realizaron los siguientes ensayos.

> **Consistencia normal. NTC 110.-** Este ensayo tiene como finalidad determinar la propiedad que indica, el grado de fluidez o la dificultad con que la pasta puede ser manejada. Fue medida empleando el aparato de Vicat, bajo el procedimiento establecido en la norma NTC 110.

Equipo: Aparato de Vicat y balanza

Procedimiento. El ensayo consistió en agregar un volumen conocido de agua a 500gr de cemento; hasta obtener una fluidez tal, que después de amasada y colocada en un molde troncocónico, permite la entrada de la aguja gruesa del aparato de Vicat en 10 mm + 1 mm. La aguja se dejó penetrar en la pasta por la acción de su propio peso (300 g), durante 30 segundos.

> **Falso fraguado NTC 297.-** Se da el nombre de falso fraguado a una rigidez prematura y anormal del cemento, que se presenta dentro de los primeros minutos después de haberlo mezclado con el agua. Difiere del fraguado relámpago en que no despiden calor en forma apreciable y, si se vuelve a mezclar la pasta de cemento sin adición de agua, se restablece su plasticidad y fraguado normal sin pérdidas de resistencia.

Equipos: aparato de vicat, balanza, probetas con capacidad de 150 ml y palustre.

Procedimiento. Este ensayo se encuentra descrito en la norma NTC 297, este consistió en la preparación de una pasta de cemento sobre una superficie no absorbente en forma de cono, vertiéndose una cantidad de agua suficiente para obtener una pasta de consistencia normal, mezclándose durante 30 seg. Obtenida la mezcla se llenó el molde correspondiente por la base mayor, colocando sobre esta una placa de vidrio.

Se tuvo el cuidado de no comprimir la muestra; luego se determinó la penetración inicial, colocando la escala del aparato de Vicat en cero y saltando la aguja de esto rápidamente 20 segundos después de efectuada la mezcla. La aguja debe penetrar durante 30 segundos. Para la penetración final se retiró la aguja y se limpió, colocándose nuevamente en posición la sonda, transcurrido cinco minutos se tomó la lectura de la penetración final.

> **Tiempo de fraguado NTC 118-109.-** Se utilizó para describir la rigidez de la pasta, es decir, para especificar el cambio de estado fresco a estado endurecido. Entre los tiempos de fraguado se encuentra el fraguado inicial

que es el tiempo que transcurre desde que la pasta plástica va perdiendo su fluidez hasta llegar un momento en que ya no tiene toda su viscosidad y se eleva toda su temperatura; el fraguado final se define como el tiempo en que la pasta de cemento deja de ser deformable, se vuelve frígida y llega a la máxima temperatura y la pasta ya está dura.

Los parámetros que afectan de mejor manera el tiempo de fraguado son los siguientes:

- Composición química del cemento.
- Finura del cemento.
- Agua de amasado.
- Temperatura ambiente.

Equipo: aparato de Vicat, balanza, probetas y recipientes de mezcla

Procedimiento. Para este ensayo se emplea la norma NTC 118. Para la determinación del tiempo de fraguado se utilizó el aparato de Vicat midiendo la penetración producida por la aguja sobre la pasta de consistencia normal a diferentes tiempos. Cuando la penetración de la aguja fue de 25 mm, se considero que se había presentado el fraguado inicial y transcurrido un tiempo cuando la aguja dejo una ligera huella sobre la superficie de la pasta, sin penetrarla, se presento el fraguado final.

2.1.3 ensayos realizados a los agregados.- Para la mezcla se utilizó agregado grueso de granzón triturado, N° 67 y N° 5 que presenta una textura rugosa y forma alargada.

Este agregado le brinda a la mezcla de concreto mejor trabajabilidad y buena resistencia; cuyas características han sido determinadas empleándose los métodos de ensayos estipulados en la norma técnicas Colombianas NTC.

Para el agregado fino se trabajo con arena combinada, la cual es una arena apta para la elaboración de mezclas, encontrándose limpia, libre de materia orgánica y con un porcentaje de finos dentro de los parámetros establecidos

> **Contenidos de arcilla NTC 78.**- Este método se usa para evaluar la cantidad de material fino en los agregados para concretos.

Dentro de los materiales que presenta efectos perjudiciales en el concreto se encuentran las arcillas, el limo y los polvos procedentes de la trituración, ya que los recubrimientos de arcillas adherentes sobre las partículas de agregado que persisten durante la operación de mezclado del concreto pueden menoscabar la adherencia con la pasta de cemento y en consecuencia, la disminución de su resistencia, durabilidad reducida, y en algunos casos estallidos, donde existen agregados cubiertos de polvo en cercanía a la superficie del conducto; además, la presencia de material fino incrementa la demanda de agua del concreto.

Equipos: tamiz N° 200, balanza y recipiente para mantener la muestra cubierta de agua.

Procedimiento. Para determinar el contenido de arcilla se empleo el procedimiento descrito en la norma NTC 78, el cual consiste en tamizar una muestra representativa por el tamiz No. 200. Se agito la muestra

hasta conseguir que el material fino quede en suspensión e inmediatamente, después se vació el agua de lavado sobre el juego de tamices y se agregó agua. Esta operación se realizó hasta que el agua de lavado saliera clara, seguidamente se devolvió y se vertió agua sobre ellos.

Se seco el agregado que había sido lavado a una temperatura de 110+5°C durante 24 horas. De acuerdo al porcentaje de arcilla obtenido se procedió a comparar los porcentajes indicados por la norma NTC 174,

> **Contenido de humedad NTC 1776.-** En este método, se empleó el calor para evaporar la humedad de la muestra de agregados de modo que se pudo determinar el porcentaje de contenido de humedad; lo que quiere decir la cantidad de agua que poseen los agregados.

La determinación del contenido de humedad fue esencial para asegurar la calidad y uniformidad de la fabricación del concreto; Las masas de los lotes de diseño de concreto fueron ajustadas diariamente en concordancia con el porcentaje de humedad encontrado en cada material para agregado.

Equipo: Balanza, estufa eléctrica, horno, recipiente metálico para contener la muestra y espátula

Procedimiento. La extracción y preparación de la muestra fue realizada de acuerdo al procedimiento descrito en la norma NTC 129. Para la preparación de la muestra fue extraída una masa representativa del material con que se está trabajando, secando y pesando con anterioridad el recipiente metálico donde fue colocada. Se le tomó el peso del recipiente con el material, inmediatamente se colocó en la estufa, se agitó

la muestra durante el secado para acelerar la operación y garantizar un secado homogéneo de la muestra.

Cuando se produjo una pérdida en masa del 0.1% entre dos lecturas consecutivas, se considero que la muestra estaba seca completamente. Una vez la masa de la muestra se enfrió lo suficiente para no dañar la balanza fue tomado el peso final.

> **Densidad y Absorción NTC 176-237.**- Estas son propiedades físicas de los agregados que son usadas en el diseño de mezclas

> **Densidad.**- Es la relación que existe de su masa a la que ocuparía un volumen igual de agua, este valor se utiliza para determinar el volumen absoluto del agregado en una masa de concreto.

Todos los agregados son porosos hasta cierto punto, lo que permite la entrada de agua en los espacios de los poros, cuando se colocan en la mezcla de concreto. Por lo tanto, la definición cuidadosa de densidad debe tener en cuenta tanto el peso como el volumen de la porción de agua contenida dentro de las partículas.

Equipos: balanza con canasta de alambre, recipiente para inmersión de la canasta, picnómetro

Procedimiento. Las normas NTC 176 y NTC 237 describen los procedimientos para determinar la densidad de los agregados gruesos y finos, respectivamente. Se tomo una muestra de agregado previamente reducido de acuerdo a la norma NTC 3674 hasta obtener 5000 gr, desechando el material que pasa por el tamiz No. 4, luego se lavo la

muestra y se sumergió en agua durante 24 horas, sacándola así del recipiente, luego se seco superficialmente con una toalla hasta eliminar la película visible de agua, este material se colocó en la canasta de alambre para determinar la masa sumergida en agua a una temperatura de 20 a 25°C, esta muestra se introdujo en el horno a una temperatura de 100 a 110°C durante 24 horas, dejando enfriar hasta temperatura ambiente para así determinar su masa.

Con los datos obtenidos se procede a determinar las diferentes densidades como lo son: densidad nominal, densidad aparente, saturada y superficialmente seca.

> **Absorción.-** La absorción de un agregado se expresa arbitrariamente en términos del agua que entra en los poros durante el período de remojo; sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas. La humedad que comúnmente se busca es la del estado saturado y superficialmente seco, en la cual el agregado no absorberá ni contribuirá con agua a la mezcla del concreto.

Se suele medir la porosidad superficial o saturable mediante el ensayo indirecto de la absorción de agua, descrito en las normas NTC 176 y NTC 237. Cuanto más poroso es, menos resistencia mecánica tiene, por lo tanto, cuanto menor sea la absorción, es más compacto y de mayor calidad. El procedimiento para la determinación del porcentaje de absorción es similar al de la densidad.

La obtención del porcentaje de absorción es de suma importancia en la etapa de ajuste de las condiciones reales de los materiales, ya que por su

valor es posible hacer las correcciones necesarias en la cantidad de agua que se debe incorporar a la mezcla.

➤ **Masa unitaria suelta y compacta NTC 92.-** La conexión entre la masa del material que cabe un determinado recipiente y el volumen de ese, da como resultado la denominada masa unitaria.

De acuerdo a la colocación del agregado dentro de un recipiente se establece si es masa unitaria suelta o compacta. Si la colocación del recipiente se hace por simple efecto de la gravedad, desde una cierta altura de caída, se denomina masa unitaria suelta.

Cuando la colocación se ha hecho en capas, posteriormente compactadas por golpes de una barra de hierro, se le nombra masa unitaria compacta.

Equipos: balanza, varilla compactadora Y recipiente.

Procedimiento. Para la determinación de la masa unitaria compacta se utilizó el procedimiento descrito en la norma NTC 92. Se utilizó un recipiente cilíndrico, cuyas dimensiones de la sección son del mismo orden de magnitud de su altura y que tuvo entre 5 y 10 litros de capacidad.

Ese recipiente se llenó con tres capas de agregado y cada una de ellas se compactó para que el material quedara bien acomodado. Luego se niveló con la parte superior del recipiente y se midió la masa dividiéndola por el volumen, logrando la masa unitaria apisonada.

La obtención de este valor es importante debido a que con él se determinan los volúmenes absolutos de agregados en el diseño de

mezclas por cuanto las partículas del agregado van a quedar confinadas dentro de la masa de concreto; este valor es mayor en cuanto mejor sea la granulometría de del material.

En cuanto a la obtención de la masa unitaria suelta se utiliza el mismo procedimiento que la masa unitaria compacta de acuerdo a sus características.

El valor de masa unitaria suelta es de vital importancia cuando se van a manejar los agregados ya que durante el transporte se puede presentar un fenómeno conocido como abultamiento o expansión, el cual consiste en un aumento de volumen para determinada masa de arena, causado por la presión del agua entre partícula y partícula, de tal manera que el volumen de agregado a transportar y consumir será mayor que el volumen de agregado dentro del concreto a producir, colocar y compactar.

> **Contenido de Materia Orgánica NTC 127.-** En los agregados finos naturales, a veces se presentan impurezas orgánicas, los cuales menoscaban la hidratación del cemento y el desarrollo consecuente de la resistencia del concreto.

Equipos: frasco de vidrio de 360ml con tapones de caucho, carta de colores o vidrio patrón y hidróxido de sodio.

Procedimiento. La detección del alto contenido orgánico en la arena se llevo a cabo con facilidad por medio de la prueba colorimetría con hidróxido de sodio, NTC 127, el cual se tomo un frasco de unos 400 cm³ de capacidad y se lleno hasta la mitad con arena y luego se agrego una solución al 3% de soda cáustica (Na OM).

En 97 centímetros cúbicos de agua se disolvió 3 gramos de arena. Se tapo el frasco y se agita bien, luego se dejó en reposo durante 24 horas. Se observó el color de la solución, para determinar en qué estado estaba la muestra; si es incolora, amarilla o ámbar, no hay peligro con materia orgánica. Si la coloración es ámbar intensa, no podrá utilizarse esa arena, a menos que sea posible eliminar el contenido orgánico.

El peligro lo significa en mayor proporción la materia orgánica no visible que se impregna o adhiere a los granos de agregado, ocasionando retrasos considerables en su tiempo normal de fraguado.

> **Granulometría de Agregado fino y grueso NTC 77.-** Este método está de acuerdo a la norma NTC 77; que es el que cubre la determinación de la distribución de tamaños de las partículas del agregado fino y grueso por tamizado.

Los resultados de este método se usan para determinar el cumplimiento de la distribución granulométrica con los requerimientos de las especificaciones aplicables.

Equipos: series de tamices, balanza y horno.

Procedimiento. Este ensayo se hizo para el agregado fino pesando alrededor de 500 gr de material seco al horno y tamizado manualmente usando la serie de tamices ensamblado en forma decreciente de $\frac{1}{2}$ " hasta el tamiz No. 200, luego se determinó la masa retenida en cada tamiz y lo que quedó en el fondo. Como forma de comprobación estas masas fueron sumadas y luego comparadas con la masa original.

Para el tamizado de agregado grueso se paso una cantidad dependiendo del tamaño máximo nominal del agregado y se tamizo manualmente usando la serie de 2" hasta el tamiz el número 4 ensamblados en forma decreciente.

> **Resistencia al desgaste NTC 98-93.-** Este ensayo se realiza con el objetivo de conocer el porcentaje de desgaste que tiene el agregado grueso.

Equipos: balanza, horno con temperatura uniforme, maquina de los ángeles, serie de tamices descritos en la norma.

Procedimiento. Se tamizo la muestra por el tamiz de una pulgada y media; luego por el tamiz numero cuatro y fue llevado al horno durante 24 horas. Al transcurrir estas se saco el material se tamizo por la serie de tamices. La gradación obtenida fue comparada con las especificaciones de las normas y se escogió la que estuvo más cerca, con esto se determino el número de esferas y revoluciones que llevaba el ensayo.

2.1.4. Ensayo al concreto fresco.- A continuación se describen todos los ensayos que se le practicaron al concreto en su estado fresco.

> **Asentamiento NTC 396.-** Es una medida de la consistencia del concreto, que se infiere al grado de fluidez de la mezcla, esta indica qué tan seca o fluida está cuando se encuentra en estado plástico y no constituye por sí mismo una medida directa de la trabajabilidad, también este ensayo se considera como un medio para determinar si están bien

proporcionadas las cantidades de agua y otros materiales empleados en la mezcla.

El ensayo más ampliamente usado en el medio es el asentamiento por el cono de Abraham, desarrollado por Abraham, razón por la cual se le atribuye su norma; este ensayo es descrito en la norma NTC 396, a continuación se describe brevemente como fue realizado.

Se humedeció el molde o cono y se colocó sobre una superficie plana, húmeda y no absorbente. Posteriormente el molde se presiona hacia abajo cogiendo las agarraderas con el objeto de que al colocar la mezcla ésta no se saliera por la parte inferior del molde.

El cono se llenó en tres capas cada una con aproximadamente una tercera parte del molde. Cada capa se apisonó 25 veces con una varilla lisa de $5/8$ " de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud, con uno de sus extremos redondeados. La compactación se debe distribuir uniformemente sobre la sección transversal del cilindro; luego la compactación se alisa a ras la superficie con la varilla un palustre.

Terminado este proceso se procedió a retirar el molde cuidadosamente en dirección vertical, en un lapso de 5 a 10 seg, sin movimientos laterales o circulares, sin tocar la mezcla con el molde. Este ensayo se inició dentro de los 5 min siguientes al muestreo y fue completado a lo 21 min de haberse iniciado la mezcla.

La diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro original de la base superior del concreto se llama asentamiento y se mide con una aproximación de 5 mm

> **Elaboración de los Cilindros.**- Para la elaboración de los cilindros se colocaron los moldes o "camisas" sobre una superficie horizontal, nivelada, rígida y libre de vibración. Los cilindros se ubicaron de tal forma que no fueron perturbados ni movidos después de colocada la mezcla de concreto.

Estos cilindros cumplen con las medidas establecidas en la norma NTC 550, fueron humedecidos con una sustancia que no reacciona con el concreto permitiendo un fácil desencofrado.

Se descargo el concreto en el molde tomando muestras representativas de la mezcla hasta llenar la tercera parte del cilindro; teniendo esta primera capa, se procedió a distribuir el concreto usando la varilla apisonadora, este mismo proceso se realizo de la misma forma para la segunda y tercera capa, dejando alta la última capa, cada capa se iba apisonando 25 veces con el extremo semiesférico distribuyendo los golpes uniformes.

La capa inferior se apisono a través de su espesor sin golpear el fondo del molde. Para un mejor acomodamiento de las partículas es decir reducir los vacíos, se golpeo el perímetro del cilindro con un martillo de goma en cada una de las capas. Las capas intermedias y superiores quedaban compactadas a través de su espesor, penetrando 25 cm aproximadamente la varilla en la capa previa.

Realizado este proceso se enraso el nivel del concreto con la parte superior del molde usando la varilla para luego mejorar con una llana o palustre; estos cilindros fueron marcados con la fecha y hora en que se realizaron para evitar confusiones.

➤ **Curado de Cilindros. NTC 1377.-** Después que se ha depositado el concreto, adquiere lentamente resistencia, impermeabilidad al agua y duración, a medida que avanza la formación del gel.

Aunque las propiedades siguen mejorando a lo largo de cierto número de años, los cambios más notables se producen en los primeros días o las semanas que siguen a la mezcla del concreto; este período, que se conoce como curación o curado, se ve afectado profundamente por la temperatura y si hay o no humedad en el ambiente.

Las temperaturas básicas tienen como efecto un retraso del proceso de difusión del que depende la formación del gel; estas temperaturas aceleran la curación del concreto, sin embargo es frecuente que vayan acompañadas de pérdidas excesivas por evaporación, de tal modo que quede una cantidad insuficiente de agua para la curación, los defectos de la evaporación, se evitaron, sumergiendo los cilindros de concreto endurecido en el interior de una piscina, con cal hidratada.

A medida que avanza el curado, se producen cambios volumétricos en el concreto. Inicialmente, el concreto tiende a encogerse, a medida que se evapora la mayor parte de la masa del agua de la mezcla. El concreto se dilata a medida que aumenta el contenido de humedad del medio ambiente y se contrae cuando el ambiente se ha secado.

> **Masa unitaria y rendimiento NTC 1926.-** Concreto de masa normal, se mide mediante el ensayo de rendimiento volumétrico, descrito en la norma NTC 1926; que consiste en determinar la masa requerida para llenar un molde de volumen conocido.

Para el ensayo la muestra seleccionada debe ser representativa y uniforme. Los especímenes se moldearon empleando un palustre. La preparación de la muestra se realizó por método de compactación con varilla apisonada. Como el concreto presenta un asentamiento; entre 25 y 75 mm, se pueden apisonar o vibrar

La masa unitaria real del concreto se obtiene mediante el cociente de la masa neta y el volumen del recipiente. La masa neta es determinar restando la masa de recipiente a la masa del concreto más el recipiente.

El rendimiento o volumen producido de concreto es el cociente entre la masa total de los materiales mezclados y la masa unitaria real del concreto. La masa total de los materiales mezclados incluye la masa del cemento, los agregados y el agua. El rendimiento relativo del concreto se obtiene como la relación entre el volumen producido y el volumen de diseño de la mezcla.

2.1.5 Ensayos al concreto endurecido.- A continuación se explican los procedimientos de los ensayos al concreto en su estado endurecido.

> **Refrendado del Cilindro NTC 3708.**- Este método describe el uso de bandas de neopreno elásticas y platos de retención de metal (sistema de refrendado no adherido) para el ensayo de cilindros de concreto y puede ser utilizado por el procedimiento descrito en la norma NTC 504.

Las bandas de neopreno se deforman bajo carga inicial para adaptarse a los contornos del cilindro y se restringe su ensanchamiento lateral con platos metálicos para proporcionar una distribución de cargas uniformes

del bloque de apoyo de la maquina de ensayos sobre las bases del cilindro de concreto.

Equipos: bandas de neopreno, hechas de materiales elastomeritos con 13 ± 2 mm de espesor; Plato de retención, metálicos con una profundidad de al menos dos veces el espesor de la almohadilla. El diámetro interior debe estar entre el 102 y 107 % del diámetro del cilindro.

Procedimiento. Se examinó las bandas de neopreno y se verificó que no tuviesen un excesivo uso o no presentaran daños, luego se insertó las bandas de neopreno en los platos de retención y se colocaron sobre el cilindro.

Seguidamente se llevó el cilindro con las almohadillas ensambladas al bloque inferior de la maquina de ensayo, para luego ser sometido los cilindros a compresión.

> **Resistencia a la Compresión NTC 673.-** La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto, dada la importancia que reviste esta propiedad dentro de una estructura convencional de concreto reforzado. La forma de evaluar la resistencia del concreto es mediante pruebas mecánicas que pueden ser destructivas para lo cual se toman muestras y se hacen especímenes para fallar.

Equipos: máquina de ensayo equipada con dos bloques de apoyos en aceros, con caras endurecidas, una de las cuales es un bloque con un asiento esférico, que se apoya sobre la superficie superior del espécimen y el otro es un bloque sólido sobre el cual descansa el espécimen.

Las caras de apoyo de los bloques tendrán una dimensión mínima de por lo menos 3% mayor que el diámetro de espécimen y Indicador de carga.

Procedimiento. Este método consiste en la aplicación de una carga axial de compresión a cilindros moldeados hasta que ocurre la falla. Los especímenes cilíndricos deben ser preparados y curados de acuerdo a la norma NTC 558 y NTC 884,

Se colocó el bloque de apoyo plano (inferior) con su cara endurecida hacia arriba, sobre el plato de la máquina de ensayo directamente bajo el bloque de asiento esférico (superior). Se limpiaron las caras de apoyo de los bloques superior e inferior del espécimen y se colocó sobre el bloque de apoyo inferior; a medida que el bloque de asentamiento esférico se acerca para apoyarse sobre el espécimen, se rota su parte móvil suavemente con la mano de modo que se obtenga un soporte uniforme.

La máquina que opera hidráulicamente tiene una velocidad constante correspondiente a una carga sobre el espécimen dentro de los rangos de 0.14 a 0.34 mega pascal por segundo. La velocidad escogida se mantuvo al menos durante la última mitad de la fase de la carga provista del ciclo de ensayo.

La carga se aplicó hasta que el espécimen falló y se registró la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo.

> **Deformación Longitudinal NTC 4025.**- Los valores de módulo de elasticidad y relación de poisson, aplicables dentro del intervalo de esfuerzos de trabajos (0% a 40% de la resistencia última del concreto), se pueden usar en el dimensionamiento de elementos estructurales

reforzados y no reforzados para establecer las cantidades de acero de refuerzo y calcular los esfuerzos para las deformaciones observadas.

Los valores módulo de elasticidad calculados serán usualmente menores para el modulo obteniendo bajo una aplicación rápida de carga y usualmente serán mayores para aquellos valores obtenidos bajo una aplicación lenta de carga sostenida a largo plazo, manteniendo otras condiciones del ensayo.

Equipo: maquina de ensayo de compresión, extensómetro y comprensómetro.

Procedimiento. Se mantuvo la temperatura ambiente y la humedad lo más constante posible a través ensayo.

Se contaba con 12 cilindros, a 8 de ellos se le determinó la resistencia a la compresión, antes del ensayo para obtener el módulo de elasticidad, luego se colocó el espécimen, junto con el equipo de medición acoplado, en la platina inferior o bloque de apoyo de la maquina de ensayo.

Cuidadosamente se alineó el eje del espécimen con el centro de aplicación del bloque superior de apoyo. Se tomó nota de la lectura del deformímetro, a medida que el bloque esférico se lleva lentamente asentarse sobre el espécimen, se rota la parte móvil del bloque suavemente a mano hasta que se obtenga un apoyo uniforme.

Se aplicó carga al espécimen por lo menos dos veces. No se registraron datos durante la primera carga. La primera que es la preliminar, se utiliza

para ajustar el deformímetro, observar la variación de estos y corregir cualquier comportamiento inusual antes de la segunda carga.

Se obtuvo cada conjunto de lecturas como se expone a continuación: Se aplica la carga continuamente y sin sobresaltos. Como la máquina del laboratorio opera hidráulicamente, se aplica a una tasa constante dentro del intervalo de $241 \text{ kPa/s} \pm 34 \text{ kPa/s}$. Se registra sin interrupción de carga, la carga aplicada y la deformación longitudinal cuando la deformación longitudinal sea 50 millonésimas y cuando la carga aplicada sea igual al 40% de la carga última.

La deformación total está definida como el total de la deformación longitudinal dividida por la longitud efectiva del deformímetro. Si se va a determinar la relación de Poisson, debe registrarse la deformación transversal en los mismos puntos. Como se deseaba la curva esfuerzo-deformación.

Con las lecturas intermedias tomadas, se grafican los resultados de los 2 ensayos con la deformación longitudinal en las abscisas y el esfuerzo de compresión en las ordenadas. Se calcula el esfuerzo de compresión dividiendo el valor de la carga de la máquina de ensayo, por el área transversal del espécimen, obtenida mediante el procedimiento que será realizado en el capítulo de cálculos.

3 RESULTADOS GENERALES

Las propiedades del concreto requieren un estudio detallado que demuestre que se han cumplido las especificaciones de diseño a continuación se detallaran las planillas de cada uno de los ensayos realizados a los respectivos materiales con los cuales se trabajo en los laboratorios de Agrecon S.A., en la elaboración de las mezclas para cada una de las edades.

A continuación se presenta cada uno de los resultados obtenidos, producto de los distintos ensayos realizados a cada uno de los elementos que conforman el concreto como son:

- Cemento Caribe tipo 1
- Agregado Grueso grava # 57 (# 67, # 5) planta sur
- Agregado fino (arena Combinada) planta sur

ENSAYOS REALIZADOS AL CEMENTO

TECNOLOGIA DEL CONCRETO

LABORATORIO

FORMATO No. 1

FINURA DEL CEMENTO PORTLAND

MUESTRA No 1
NORMA: NTC 294

CEMENTO TIPO I
MARCA CARIBE

DATOS DEL ENSAYO	
Muestra	1
Masa usada (gramos)	500
Residuos de tamiz (gramos)	6%
Finura del cemento	98.58

TECNOLOGIA DEL CONCRETO

LABORATORIO

FORMATO No. 2

DENSIDAD DEL CEMENTO PORTLAND APARATO DE LECHATALIER

MUESTRA No 1
NORMA: NTC 221

CEMENTO TIPO I
MARCA CARIBE

DATOS DEL ENSAYO	
Muestra	1
Lectura inicial de aparato (ml)	0.4
Temperatura inicial del kerosene (°C)	30
Lectura final del frasco (ml)	21.9
Temperatura final del kerosene (°C)	21
Masa usada (gramos)	64
Densidad calculada (gr/cm ³)	3.11

ENSAYOS A LA PASTA DE CEMENTO

TECNOLOGIA DEL CONCRETO

LABORATORIO

FORMATO No. 3

FALSO FRAGUADO DEL CEMENTO APARATO DE VICAT

MUESTRA No 1
NORMA: NTC 297

CEMENTO TIPO I
MARCA CARIBE

Laboratorio de Cemento

DATOS DEL ENSAYO	
Muestra	1
Temperatura ambiente (°c)	24
Masa usada (gramos)	500
Volumen de agua (cm ³)	27%
Penetración inicial (mm)	38
Penetración final (mm)	25
Porcentaje de penetración (%)	65.79

TECNOLOGIA DEL CONCRETO

LABORATORIO

FORMATO No. 4

CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO PORTLAND APARATO DE VICAT

MUESTRA No 1
NORMA: NTC110

CEMENTO TIPO I
MARCA CARIBE

DATOS DEL ENSAYO	
Prueba	1
Temperatura ambiente (°C)	24
Masa usada (gramos)	500
Penetración (mm)	11
Volumen de agua (cm ³)	26%

TECNOLOGIA DEL CONCRETO

LABORATORIO

FORMATO No. 5

TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO APARATO DE VICAT

MUESTRA No 1
NORMA: NTC118

CEMENTO TIPO I
MARCA CARIBE

DATOS DEL ENSAYO		
HORA	TIEMPO (min)	PENETRACION (mm)
12:10	30	0
1:10	90	4
1:40	30	14
1:55	15	33
2:10	15	28
2:25	15	32
2:40	15	34
2:55	15	32
3:10	15	38
3:25	15	37
3:40	15	38
3:55	15	38
4:10	15	40
Tiempo de fraguado	4 horas	

ENSAYOS A
LOS AGREGADOS

TECNOLOGIA DEL CONCRETO

LABORATORIO

FORMATO No. 6

DENSIDAD Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO

MUESTRA No 1
NORMA: NTC 176

PROCEDENCIA: SUR
GRAVA # 57

DATOS DEL ENSAYO	
A = Masa en aire de la muestra seca (gramos)	5650
B = Masa en aire de la muestra saturada y superficialmente seca (gramos)	5727
C = masa de la muestra sumergida en agua (gramos)	3542
Densidad nominal (gr/cm^3)	2.687
Densidad aparente (gr/cm^3)	2.426
(SSS) = Densidad aparente, saturada superficialmente seca (gr/cm^3)	2.20
Porcentaje de absorción (%)	4.0 %

TECNOLOGIA DEL CONCRETO

LABORATORIO

FORMATO No. 7

DENSIDAD Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

MUESTRA No 1
NORMA: NTC 237

PROCEDENCIA: SUR
ARENA COMBINADA

DATOS DEL ENSAYO	
S = Masa al aire de la muestra (gramos)	500
A = Masa al aire muestra seca (gramos)	492
B = Masa del picnómetro lleno de agua	658
C = Masa del picnómetro + agua material(gramos)	968
V = volumen del picnómetro (ml)	500
Densidad aparente (gr/cm^3)	2.569
(SSS) = Densidad aparente, saturada superficialmente seca (gr/cm^3)	2.62
Densidad nominal (gr/cm^3)	2.612
Porcentaje de absorción (%)	0.6 %

TECNOLOGIA DEL CONCRETO

LABORATORIO

FORMATO No. 8

MASA UNITARIA DEL AGREGADO FINO

MUESTRA No 1
NORMA: NTC 92

PROCEDENCIA: SUR
ARENA COMBINADA

MUESTRA	MASA UNITARIA SUELTA	MASA UNITARIA COMPACTA
Peso del cilindro (gramo)	4138	4138
Peso (1) del cilindro + material (gramos)	6484	6764
Peso (2) del cilindro + material (gramos)	6498	6754
Peso (3) del cilindro + material (gramos)	6492	6770
Masa unitaria (kg/m ³)	1.545	1.593

TECNOLOGIA DEL CONCRETO

LABORATORIO

FORMATO No. 9

MASA UNITARIA DEL AGREGADO GRUESO

MUESTRA No 1
NORMA: NTC 92

PROCEDENCIA: SUR
GRAVA # 57

MUESTRA	MASA UNITARIA SUELTA	MASA UNITARIA COMPACTA
Peso del cilindro (gramo)	4142	4142
Peso (1) del cilindro + material (gramos)	6400	6644
Peso (2) del cilindro + material (gramos)	6412	6596
Peso (3) del cilindro + material (gramos)	6444	6696
Masa unitaria (kg/m ³)	1.340	1.508

ENSAYOS A COMPRESION

TABLA 1 COMPRESION: CILINDROS DE MEZCLA CONVENCIONAL

No CILINDRO	CARGAS KN			
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
1	352,40	420,00	432,00	440,50
2	375,60	430,00	425,36	451,50
3	361,50	401,10	465,40	469,80
4	387,40	388,60	435,66	486,40
5	360,70	455,00	448,00	460,50
6	364,20	465,40	466,90	485,90
7	365,00	408,80	423,20	465,50
8	355,00	443,50	458,00	449,60
PROMEDIO	365,23	426,55	444,32	463,71
PSI	2904,27	3391,93	3533,19	3687,44
MPA	20,33	23,74	24,73	25,81

TABLA 2 COMPRESION: CILINDROS DE MEZCLA CON ICOPOR 0,10 %

No CILINDRO	CARGAS KN			
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
1,00	321,20	342,10	373,50	424,90
2,00	326,30	373,90	380,20	407,70
3,00	336,00	361,90	365,40	401,50
4,00	330,10	378,80	372,20	402,60
5,00	329,80	358,60	368,40	398,50
6,00	321,50	341,60	375,40	399,60
7,00	315,40	366,90	369,90	402,10
8,00	330,70	355,90	370,20	406,40
PROMEDIO	326,38	359,96	371,90	405,41
PSI	2595,33	2862,42	2957,35	3223,84
MPA	18,17	20,04	20,70	22,57

TABLA 3 COMPRESION: CILINDROS DE MEZCLA CON ICOPOR 0,30 %

No CILINDRO	CARGAS KN			
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
1,00	190,00	285,00	290,00	362,70
2,00	170,00	275,00	285,00	353,30
3,00	220,00	290,00	320,10	367,90
4,00	238,80	305,20	324,80	371,10
5,00	240,70	295,40	325,20	368,40
6,00	231,20	281,10	360,00	370,60
7,00	237,60	302,10	295,50	361,40
8,00	231,50	309,50	300,00	360,70
PROMEDIO	219,98	292,91	312,58	364,51
PSI	1749,24	2329,24	2485,60	2898,60
MPA	12,24	16,30	17,40	20,29

TABLA 4 COMPRESION: CILINDROS DE MEZCLA CON ICOPOR 0,50 %

No CILINDRO	CARGAS KN			
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
1,00	158,30	226,70	273,50	270,00
2,00	151,40	212,30	270,30	281,10
3,00	144,10	227,20	277,00	270,80
4,00	127,10	240,10	245,40	280,40
5,00	146,80	247,80	272,80	271,50
6,00	157,80	217,20	283,20	273,00
7,00	170,00	225,00	250,00	265,00
8,00	185,00	220,00	230,00	280,00
PROMEDIO	155,06	227,04	262,78	273,98
PSI	1233,06	1805,40	2089,59	2178,65
MPA	8,63	12,64	14,63	15,25

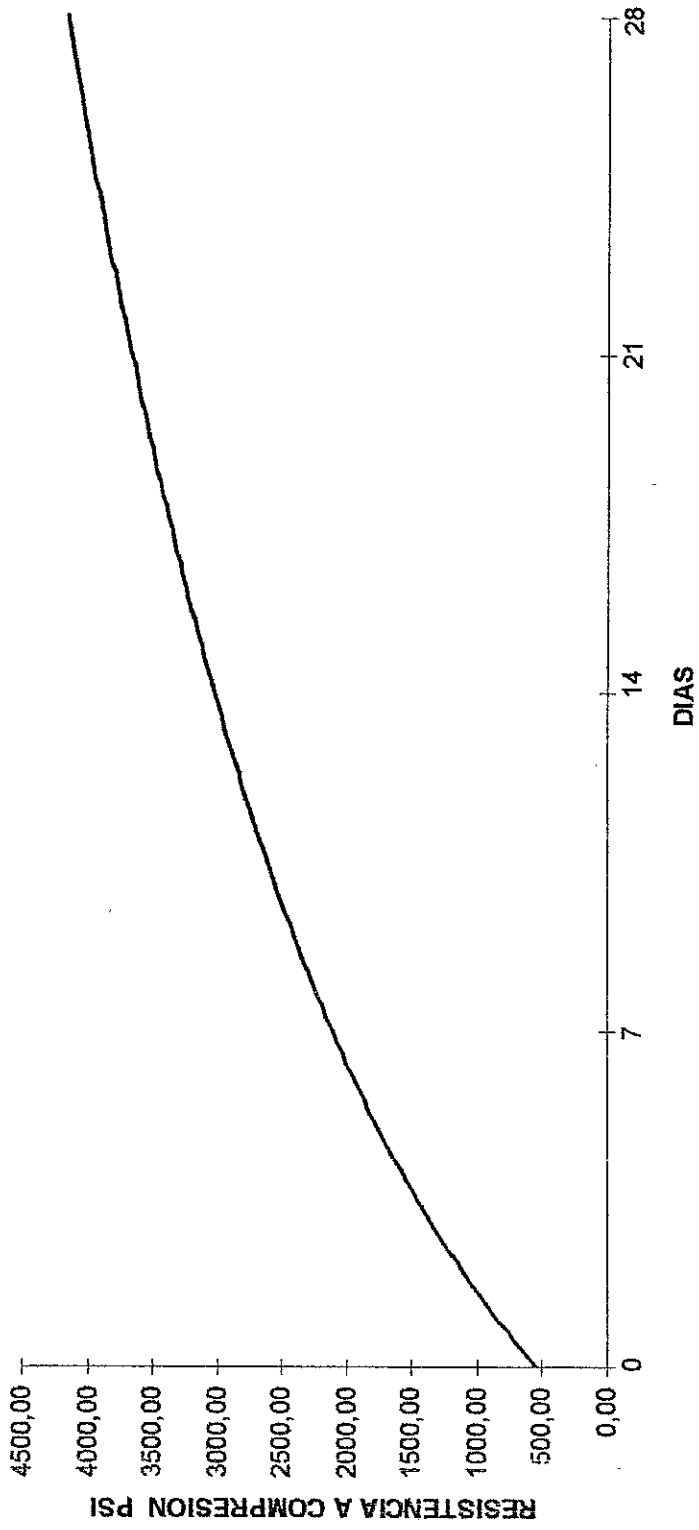
TABLA 5 COMPRESION: CILINDROS DE MEZCLA CON ICOPOR 0,70 %

No CILINDRO	CARGAS KN			
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
1,00	127,50	112,50	186,60	216,90
2,00	111,00	92,50	178,00	222,50
3,00	109,70	174,40	174,20	230,10
4,00	115,10	120,70	161,90	218,40
5,00	107,40	104,50	190,20	220,60
6,00	100,20	143,30	177,50	219,70
7,00	110,20	116,40	169,90	212,20
8,00	99,80	108,60	176,50	221,50
PROMEDIO	110,11	121,61	176,85	220,24
PSI	875,61	967,06	1406,31	1751,33
MPA	6,13	6,77	9,84	12,26

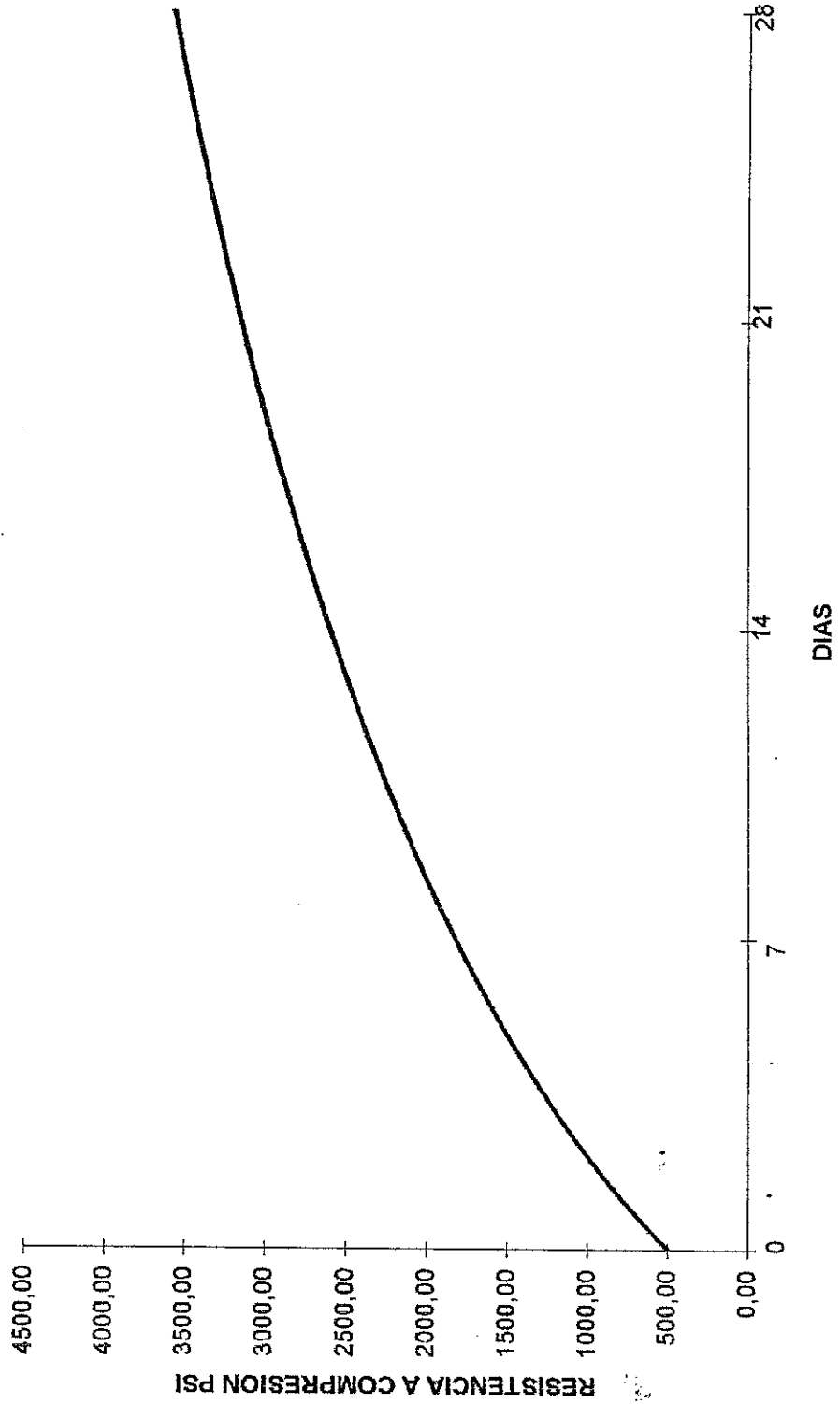
TABLA 6 RESISTENCIA POR EDAD DE CADA MEZCLA

DIAS	CONV	0,10%	0,30%	0,50%	0,70%
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	2904,27	2595,33	1749,24	1233,06	875,61
14	3391,93	2862,42	2329,24	1805,40	967,06
21	3533,19	2957,35	2485,60	2089,59	1406,31
28	3687,44	3223,84	2898,60	2178,65	1751,33

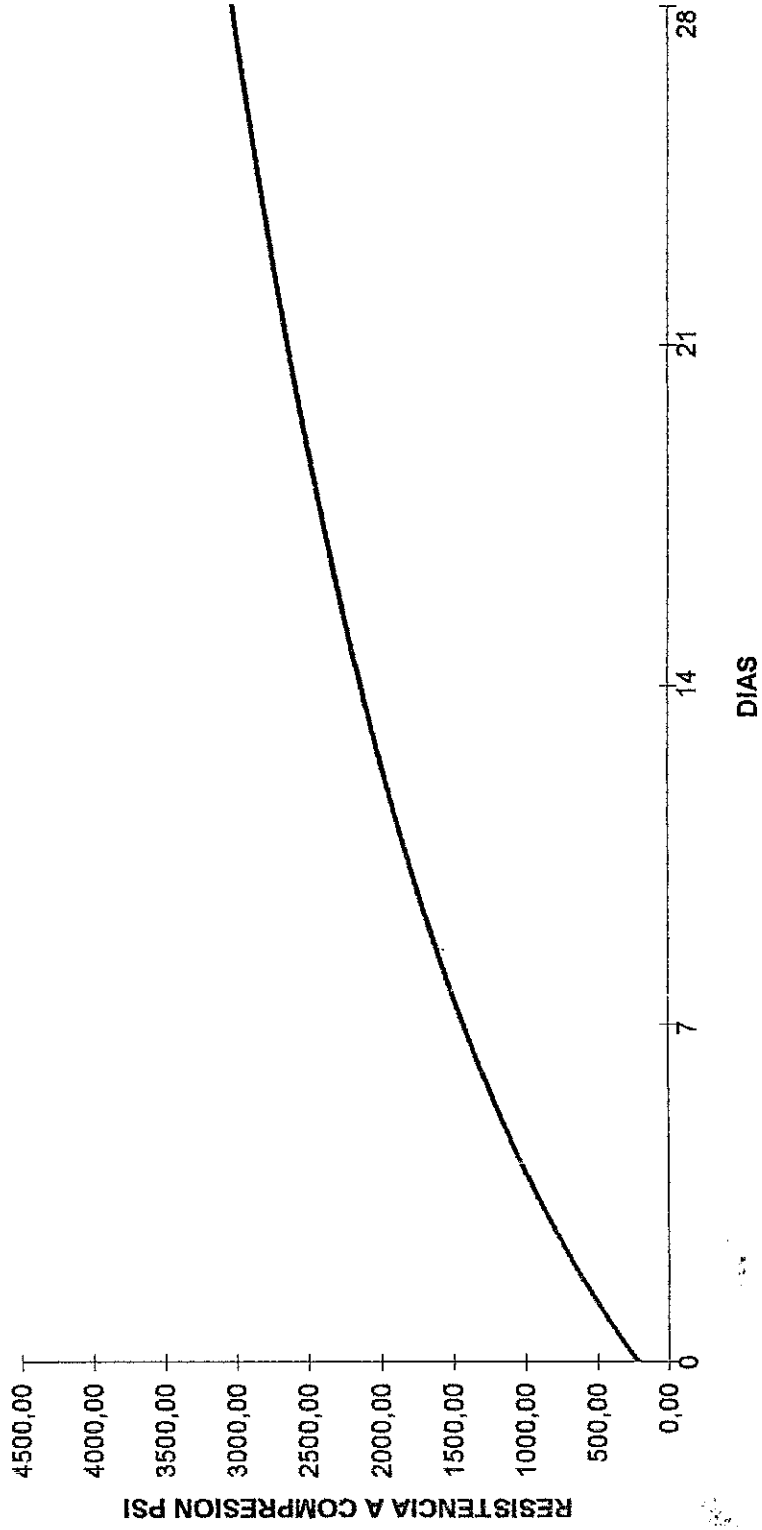
**RESISTENCIA A COMPRESION Vs DIAS
CONVENCIONAL**



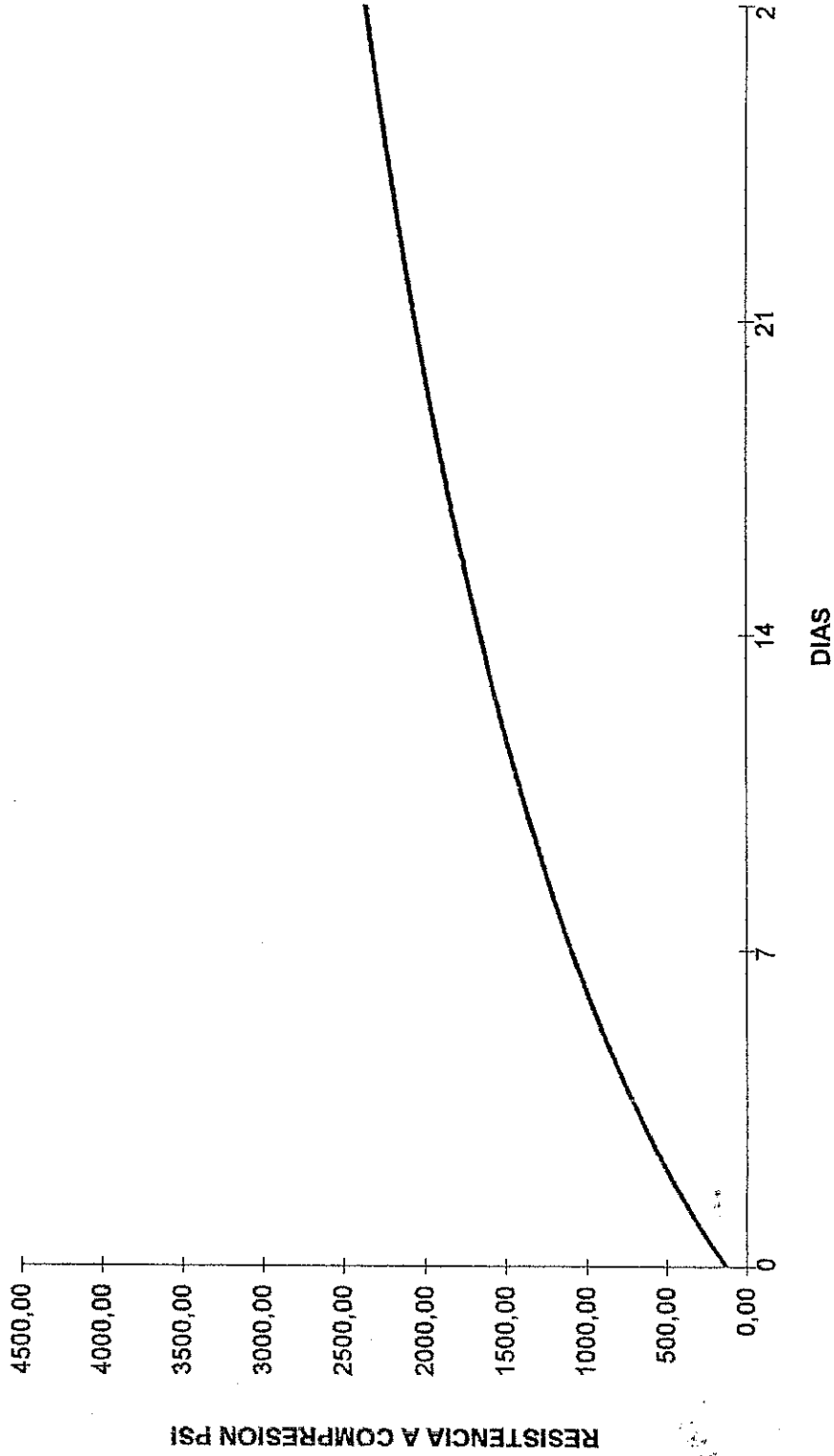
**RESISTENCIA A COMPRESION Vs DIAS
ICOPOR 0,10 %**



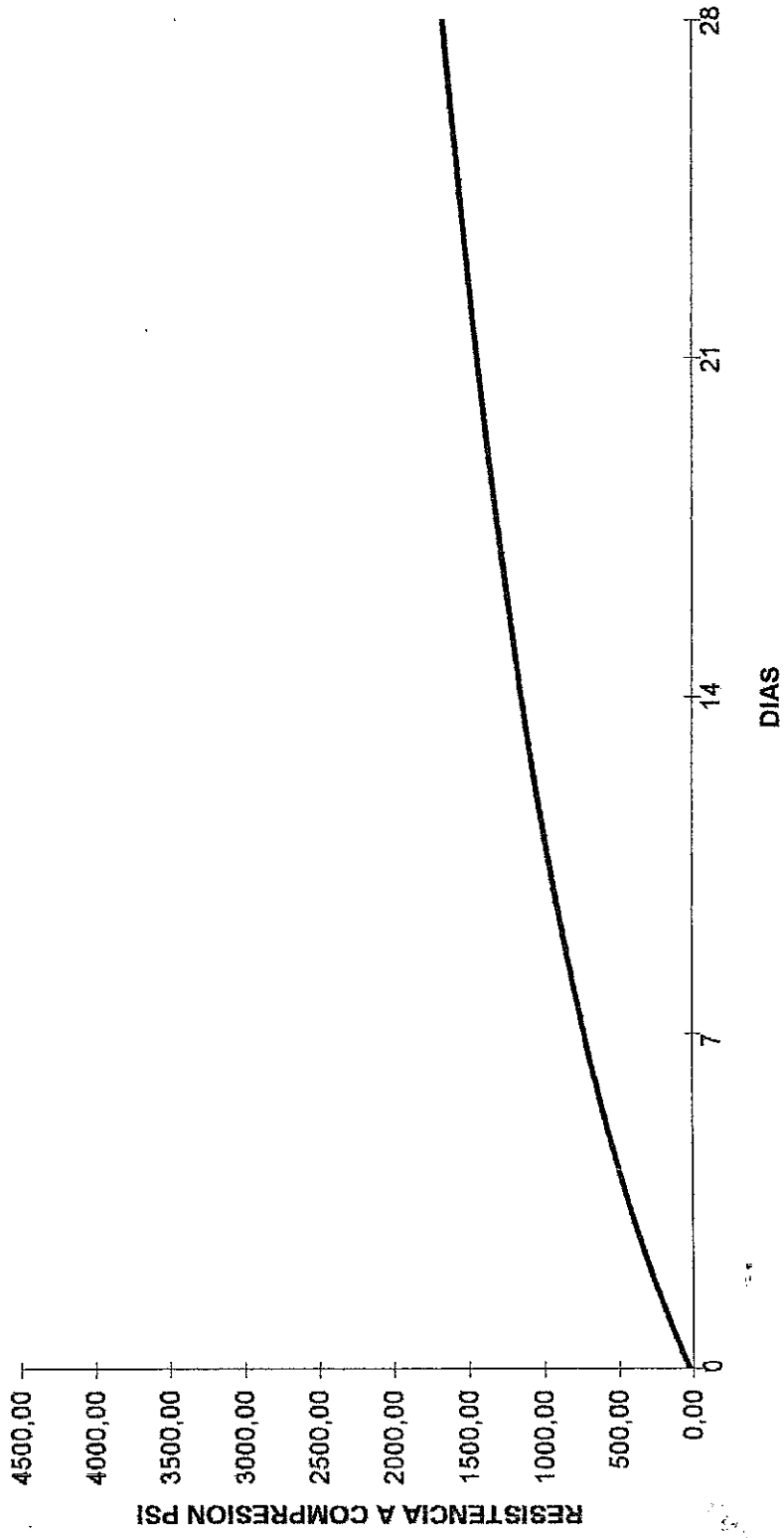
**RESISTENCIA A COMPRESION Vs DIAS
ICOPOR 0,30 %**



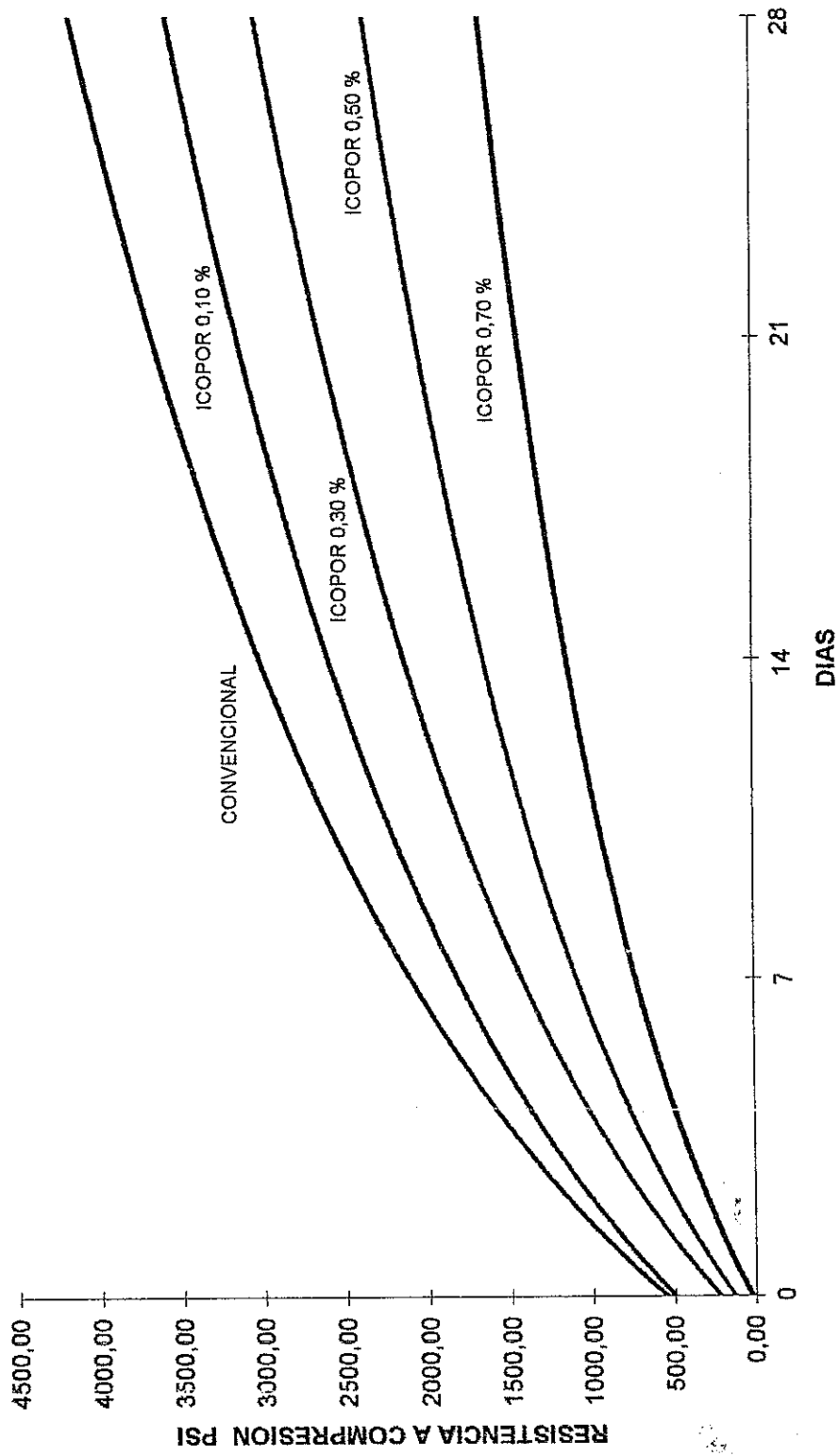
**RESISTENCIA A COMPRESION Vs DIAS
ICOPOR 0,50 %**



**RESISTENCIA A COMPRESION Vs DIAS
ICOPOR 0,70 %**



RESISTENCIA A COMPRESION Vs DIAS



3.6 ENSAYOS TRACCION INDIRECTA

TABLA 7 TRACCION INDIRECTA CONVENCIONALES

NO CILINDROS	CARGA KN			
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
1	165	77,5	180	150
2	160	81	175	158
PROMEDIO	162,5	79,25	177,5	154
Kg/ Cm2	2298,90	1121,16	2511,11	2178,65

TABLA 8 TRACCION INDIRECTA ICOPOR 0,10 %

NO CILINDROS	CARGA KN			
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
1	106	147	97,5	102
2	111	120	110	120
PROMEDIO	108,5	133,5	103,75	111
Kg/ Cm2	1534,96	1888,63	1467,76	1570,33

TABLA 9 TRACCION INDIRECTA ICOPOR 0,30 %

NO CILINDROS	CARGA KN			
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
1	91	112,5	109	108
2	86	105,6	77	126
PROMEDIO	88,5	109,05	93	117
Kg/ Cm2	1252,02	1542,74	1315,68	1655,21

TABLA 10 TRACCION INDIRECTA ICOPOR 0,50 %

NO CILINDROS	CARGA KN			
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
1	85	120	114	98
2	78	115	106	97,5
PROMEDIO	81,5	117,5	110	97,75
Kg/ Cm2	1152,99	1662,28	1556,18	1382,88

TABLA 11 TRACCION INDIRECTA ICOPOR 0,70 %

NO CILINDROS	CARGA KN			
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS
1	85,5	84,5	61,5	72
2	61,5	78	66	72
PROMEDIO	73,5	81,25	63,75	72
Kg/ Cm2	1039,81	1149,45	901,88	1018,59

3.7 ENSAYOS DEFORMACION LONGITUDINAL

TABLA 12 DEFORMACION LONGITUDINAL CONVENCIONALES
EDAD: 7 DIAS

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
0	0	0,00	0,000000
260	10	14,25	0,000083
310	20	16,99	0,000167
340	30	18,64	0,000250
350	40	19,19	0,000333

TABLA 13 DEFORMACION LONGITUDINAL CONVENCIONALES
EDAD: 7 DIAS

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
	0	0,00	0,000000
240	10	13,16	0,000083
290	20	15,90	0,000167
310	30	16,99	0,000250
350	40	19,19	0,000333

TABLA 14 DEFORMACION LONGITUDINAL CONVENCIONALES
EDAD: 14 DIAS

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
	0	0,00	0,000000
220	10	12,06	0,000083
300	20	16,45	0,000167
355	30	19,46	0,000250
365	40	20,01	0,000333
405	50	22,20	0,000417
410	60	22,48	0,000500

TABLA 15 DEFORMACION LONGITUDINAL CONVENCIONALES
EDAD: 14 DIAS

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
	0	0,00	0,000000
200	10	10,96	0,000083
210	20	11,51	0,000167
310	30	16,99	0,000250
350	40	19,19	0,000333
390	50	21,38	0,000417
400	60	21,93	0,000500
410	70	22,48	0,000583
415	80	22,75	0,000667

TABLA 16 DEFORMACION LONGITUDINAL CONVENCIONALES
EDAD: 21 DIAS

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
	0	0,00	0,000000
130	10	7,13	0,000083
170	20	9,32	0,000167
240	30	13,16	0,000250
300	40	16,45	0,000333
340	50	18,64	0,000417
370	60	20,28	0,000500
415	70	22,75	0,000583
445	80	24,39	0,000667
450	90	24,67	0,000750
470	100	25,77	0,000833

TABLA 17 **DEFORMACION LONGITUDINAL CONVENCIONALES**
EDAD: **21 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
	0	0,00	0,000000
75	10	4,11	0,000083
125	20	6,85	0,000167
170	30	9,32	0,000250
210	40	11,51	0,000333
250	50	13,71	0,000417
290	60	15,90	0,000500
320	70	17,54	0,000583
350	80	19,19	0,000667
370	90	20,28	0,000750
400	100	21,93	0,000833
415	110	22,75	0,000917
420	120	23,02	0,001000

TABLA 18 **DEFORMACION LONGITUDINAL CONVENCIONALES**
EDAD: **28 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
140	10	7,67	0,000083
215	20	11,79	0,000167
280	30	15,35	0,000250
345	40	18,91	0,000333
380	50	20,83	0,000417
415	60	22,75	0,000500
430	70	23,57	0,000583
460	80	25,22	0,000667

TABLA 19 DEFORMACION LONGITUDINAL CONVENCIONALES
EDAD: 28 DIAS

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
	0	0,00	0,000000
110	10	6,03	0,000083
170	20	9,32	0,000167
250	30	13,71	0,000250
310	40	16,99	0,000333
350	50	19,19	0,000417
380	60	20,83	0,000500
410	70	22,48	0,000583
415	80	22,75	0,000667

**TABLA 20 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,50 %
 EDAD: 7 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
	0	0,00	0,000000
58	10	3,18	0,000083
96	20	5,26	0,000167
132	30	7,24	0,000250
150	40	8,22	0,000333
180	50	9,87	0,000417
190	60	10,42	0,000500

**TABLA 21 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,50 %
 EDAD: 7 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
	0	0,00	0,000000
58	10	3,18	0,000083
95	20	5,21	0,000167
138	30	7,57	0,000250
155	40	8,50	0,000333
175	50	9,59	0,000417
180	60	9,87	0,000500
200	70	10,96	0,000583

TABLA 22 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,5 0 %
EDAD: 14 DIAS

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
	0	0,00	0,000000
75	10	4,11	0,000083
125	20	6,85	0,000167
155	30	8,50	0,000250
205	40	11,24	0,000333
235	50	12,88	0,000417

TABLA 23 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,50 %
EDAD: 14 DIAS

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
	0	0,00	0,000000
85	10	4,66	0,000083
135	20	7,40	0,000167
170	30	9,32	0,000250
220	40	12,06	0,000333

TABLA 24 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,50 %
EDAD: 21 DIAS

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
	0	0,00	0,000000
43	10	2,36	0,000083
75	20	4,11	0,000167
108	30	5,92	0,000250
145	40	7,95	0,000333
165	50	9,05	0,000417
200	60	10,96	0,000500
212	70	11,62	0,000583
230	80	12,61	0,000667
240	90	13,16	0,000750
255	100	13,98	0,000833

TABLA 25 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,50 %
EDAD: 21 DIAS

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
	0	0,00	0,000000
49	10	2,69	0,000083
108	20	5,92	0,000167
160	30	8,77	0,000250
205	40	11,24	0,000333
240	50	13,16	0,000417
260	60	14,25	0,000500
270	70	14,80	0,000583

**TABLA 26 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,50 %
EDAD: 28 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
	0	0,00	0,000000
40	10	2,19	0,000083
65	20	3,56	0,000167
85	30	4,66	0,000250
105	40	5,76	0,000333
130	50	7,13	0,000417
150	60	8,22	0,000500
160	70	8,77	0,000583
190	80	10,42	0,000667
210	90	11,51	0,000750
220	100	12,06	0,000833
235	110	12,88	0,000917
250	120	13,71	0,001000

**TABLA 27 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,50 %
EDAD: 28 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
	0	0,00	0,000000
48	10	2,63	0,000083
83	20	4,55	0,000167
115	30	6,30	0,000250
130	40	7,13	0,000333
160	50	8,77	0,000417
210	60	11,51	0,000500
220	70	12,06	0,000583
230	80	12,61	0,000667
240	90	13,16	0,000750
245	100	13,43	0,000833
250	110	13,71	0,000917

**TABLA 28 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,70 %
 EDAD: 7 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
	0	0,00	0,000000
135	10	7,40	0,000083
200	20	10,96	0,000167
235	30	12,88	0,000250
260	40	14,25	0,000333
300	50	16,45	0,000417

**TABLA 29 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,70 %
 EDAD: 7 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
75	10	4,11	0,000083
130	20	7,13	0,000167
180	30	9,87	0,000250
220	40	12,06	0,000333
250	50	13,71	0,000417
280	60	15,35	0,000500
290	70	15,90	0,000583
300	80	16,45	0,000667
310	90	16,99	0,000750

TABLA 30 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,70 %

EDAD:

14 DIAS

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
42	10	2,30	0,000083
65	20	3,56	0,000167
85	30	4,66	0,000250
97	40	5,32	0,000333
105	50	5,76	0,000417
110	60	6,03	0,000500
115	70	6,30	0,000583

TABLA 31 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,70 %

EDAD:

14 DIAS

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
50	10	2,74	0,000083
75	20	4,11	0,000167
102	30	5,59	0,000250
115	40	6,30	0,000333
122,5	50	6,72	0,000417

**TABLA 32 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,70 %
 EDAD: 21 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
35	10	1,92	0,000083
55	20	3,02	0,000167
78	30	4,28	0,000250
95	40	5,21	0,000333
109	50	5,98	0,000417
117	60	6,41	0,000500

**TABLA 33 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,70 %
 EDAD: 21 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
45	10	2,47	0,000083
64	20	3,51	0,000167
98	30	5,37	0,000250
110	40	6,03	0,000333
122,5	50	6,72	0,000417

**TABLA 34 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,70 %
 EDAD: 28 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
120	10	6,58	0,000083
145	20	7,95	0,000167
160	30	8,77	0,000250
180	40	9,87	0,000333

**TABLA 35 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,70 %
 EDAD: 28 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
65	10	3,56	0,000083
96	20	5,26	0,000167
130	30	7,13	0,000250
150	40	8,22	0,000333
155	50	8,50	0,000417
160	60	8,77	0,000500

**TABLA 36 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,30 %
 EDAD: 7 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
10	10	0,55	0,000083
49	20	2,69	0,000167
80	30	4,39	0,000250
110	40	6,03	0,000333
135	50	7,40	0,000417
150	60	8,22	0,000500
190	70	10,42	0,000583
200	80	10,96	0,000667

**TABLA 37 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,30 %
 EDAD: 7 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
60	10	3,29	0,000083
92,5	20	5,07	0,000167
130	30	7,13	0,000250
148	40	8,11	0,000333
150	50	8,22	0,000417
180	60	9,87	0,000500
215	70	11,79	0,000583

TABLA 38 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,30 %

EDAD:

14 DIAS

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
20	10	1,10	0,000083
35	20	1,92	0,000167
50	30	2,74	0,000250
180	40	9,87	0,000333
200	50	10,96	0,000417
220	60	12,06	0,000500
250	70	13,71	0,000583

TABLA 39 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,30 %

EDAD:

14 DIAS

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
30	10	1,64	0,000083
50	20	2,74	0,000167
80	30	4,39	0,000250
160	40	8,77	0,000333
185	50	10,14	0,000417
210	60	11,51	0,000500

**TABLA 40 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,30 %
EDAD: 21 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
25	10	1,37	0,000083
60	20	3,29	0,000167
75	30	4,11	0,000250
90	40	4,93	0,000333
125	50	6,85	0,000417
130	60	7,13	0,000500
140	70	7,67	0,000583
160	80	8,77	0,000667
200	90	10,96	0,000750
220	100	12,06	0,000833
230	110	12,61	0,000917
250	120	13,71	0,001000
270	130	14,80	0,001083
280	140	15,35	0,001167
310	150	16,99	0,001250

**TABLA 41 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,30 %
EDAD: 21 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
100	10	5,48	0,000083
145	20	7,95	0,000167
160	30	8,77	0,000250
200	40	10,96	0,000333
220	50	12,06	0,000417
250	60	13,71	0,000500
260	70	14,25	0,000583
270	80	14,80	0,000667
280	90	15,35	0,000750
290	100	15,90	0,000833

**TABLA 42 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,30 %
EDAD: 28 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
75	10	4,11	0,000083
125	20	6,85	0,000167
160	30	8,77	0,000250
200	40	10,96	0,000333
230	50	12,61	0,000417
260	60	14,25	0,000500
290	70	15,90	0,000583
300	80	16,45	0,000667
310	90	16,99	0,000750
320	100	17,54	0,000833

**TABLA 43 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,30 %
EDAD: 28 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
105	10	5,76	0,000083
160	20	8,77	0,000167
210	30	11,51	0,000250
250	40	13,71	0,000333
260	50	15,35	0,000417
290	60	15,90	0,000500

**TABLA 44 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,10 %
EDAD: 7 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
150	10	8,22	0,000083
220	11	12,06	0,000092
230	12	12,61	0,000100
240	13	13,16	0,000108
255	14	13,98	0,000117
260	15	14,25	0,000125
270	16	14,80	0,000133
280	17	15,35	0,000142
300	18	16,45	0,000150
315	19	17,27	0,000158
325	20	17,82	0,000167

**TABLA 45 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,10 %
EDAD: 7 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
90	10	4,93	0,000083
135	20	7,40	0,000167
150	30	8,22	0,000250
150	40	8,22	0,000333
190	50	10,42	0,000417
220	60	12,06	0,000500
240	70	13,16	0,000583
280	80	15,35	0,000667
290	90	15,90	0,000750
310	100	16,99	0,000833
315	110	17,27	0,000917
320	120	17,54	0,001000

**TABLA 46 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,10 %
EDAD: 14 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
85	10	4,66	0,000083
110	20	6,03	0,000167
120	30	6,58	0,000250
125	40	6,85	0,000333
155	50	8,50	0,000417
180	60	9,87	0,000500
200	70	10,96	0,000583
210	80	11,51	0,000667
250	90	13,71	0,000750
260	100	14,25	0,000833
270	110	14,80	0,000917
285	120	15,62	0,001000

**TABLA 47 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,10 %
EDAD: 14 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
90	10	4,93	0,000083
115	20	6,30	0,000167
125	30	6,85	0,000250
135	40	7,40	0,000333
150	50	8,22	0,000417
190	60	10,42	0,000500
210	70	11,51	0,000583
230	80	12,61	0,000667
250	90	13,71	0,000750
265	100	14,53	0,000833
270	110	14,80	0,000917
290	120	15,90	0,001000
300	130	16,45	0,001083

**TABLA 48 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,10 %
 EDAD: 21 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
90	10	4,93	0,000083
130	20	7,13	0,000167
150	30	8,22	0,000250
170	40	9,32	0,000333
200	50	10,96	0,000417
230	60	12,61	0,000500
250	70	13,71	0,000583
260	80	14,25	0,000667
270	90	14,80	0,000750
275	100	15,08	0,000833
280	110	15,35	0,000917
285	120	15,62	0,001000
290	130	15,90	0,001083

**TABLA 49 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,10 %
EDAD: 21 DIAS**

CARGA KN	ACORTAMIENTO 0,00001"	ESFUERZO (Mpa)	DEFORMACION
		0,00	0,000000
75	10	4,11	0,000083
95	20	5,21	0,000167
150	30	8,22	0,000250
160	40	8,77	0,000333
175	50	9,59	0,000417
188	60	10,31	0,000500
220	70	12,06	0,000583
240	80	13,16	0,000667
250	90	13,71	0,000750
255	100	13,98	0,000833
260	110	14,25	0,000917
270	120	14,80	0,001000
280	130	15,35	0,001083
290	140	15,90	0,001167
300	150	16,45	0,001250

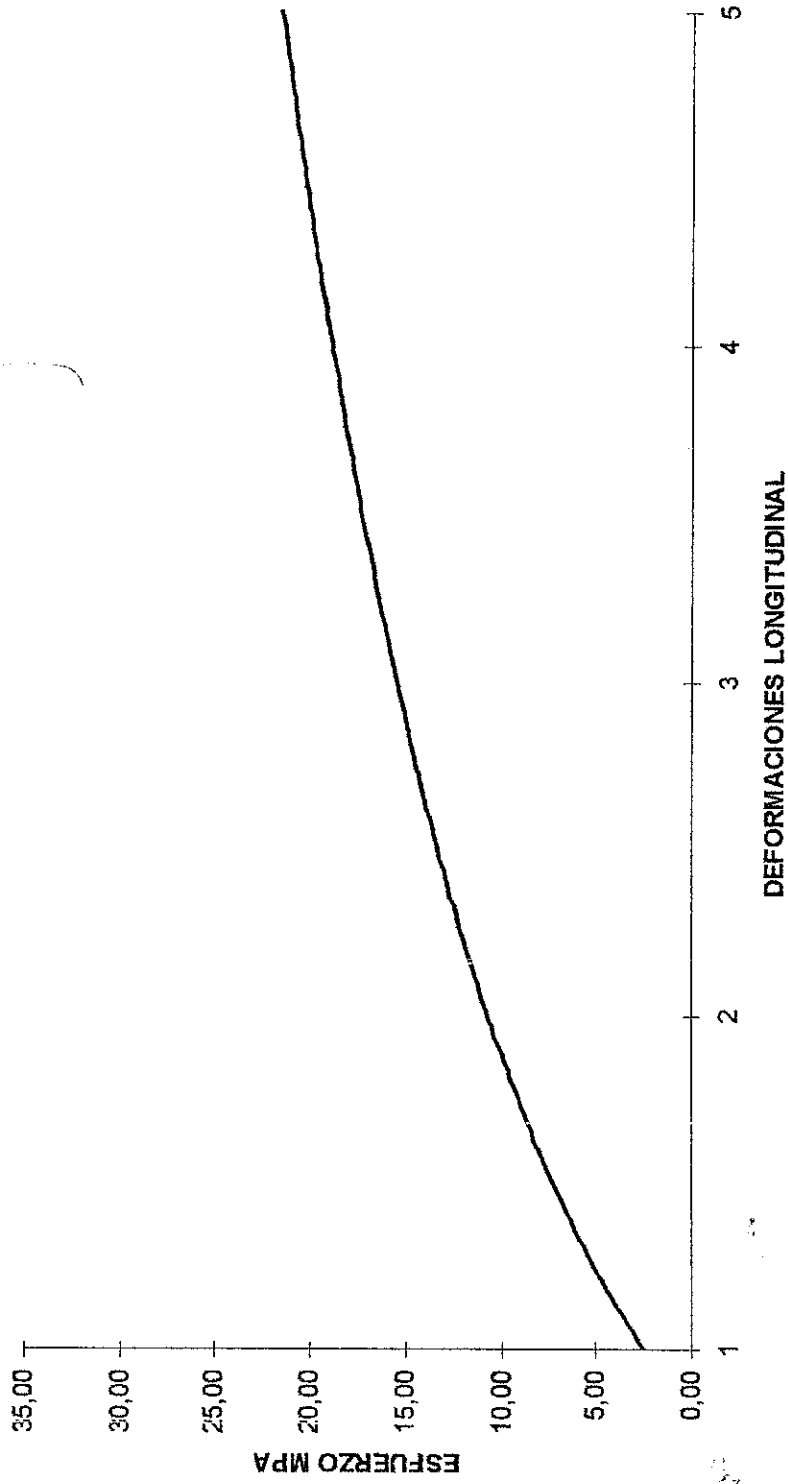
TABLA 50 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,10 %
EDAD: 28 DIAS

CARGA	ACORTAMIENTO	ESFUERZO	DEFORMACION
KN	0,00001"	(Mpa)	
		0,00	0,000000
80	10	4,39	0,000083
135	20	7,40	0,000167
170	30	9,32	0,000250
200	40	10,96	0,000333
240	50	13,16	0,000417
260	60	14,25	0,000500
290	70	15,90	0,000583
310	80	16,99	0,000667
315	90	17,27	0,000750

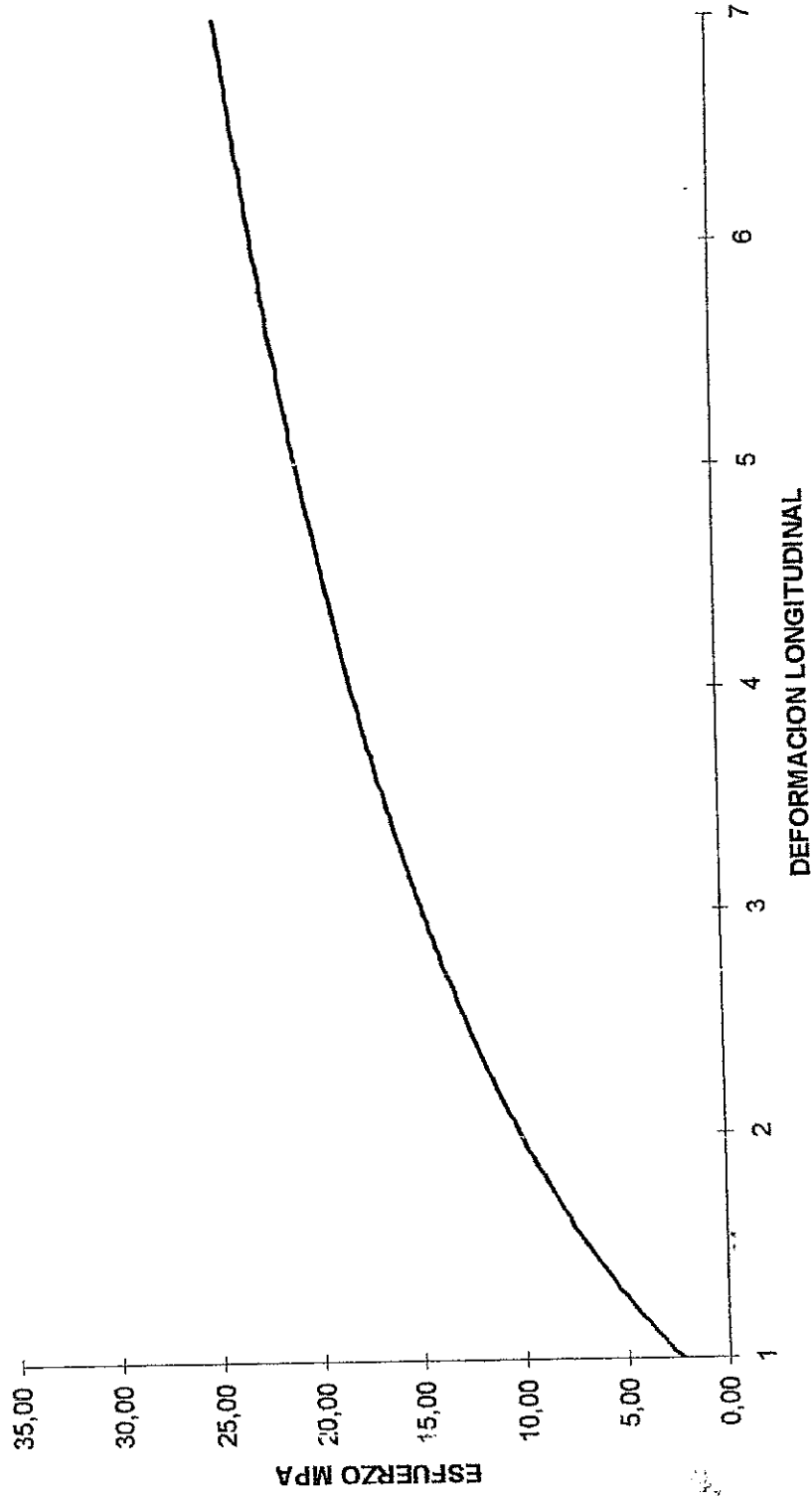
TABLA 51 DEFORMACION LONGITUDINAL ICOPOR 0,10 %
EDAD: 28 DIAS

CARGA	ACORTAMIENTO	ESFUERZO	DEFORMACION
KN	0,00001"	(Mpa)	
		0,00	0,000000
80	10	4,39	0,000083
130	20	7,13	0,000167
180	30	9,87	0,000250
230	40	12,61	0,000333
250	50	13,71	0,000417
280	60	15,35	0,000500
300	70	16,45	0,000583
320	80	17,54	0,000667
330	90	18,09	0,000750
340	100	18,64	0,000833

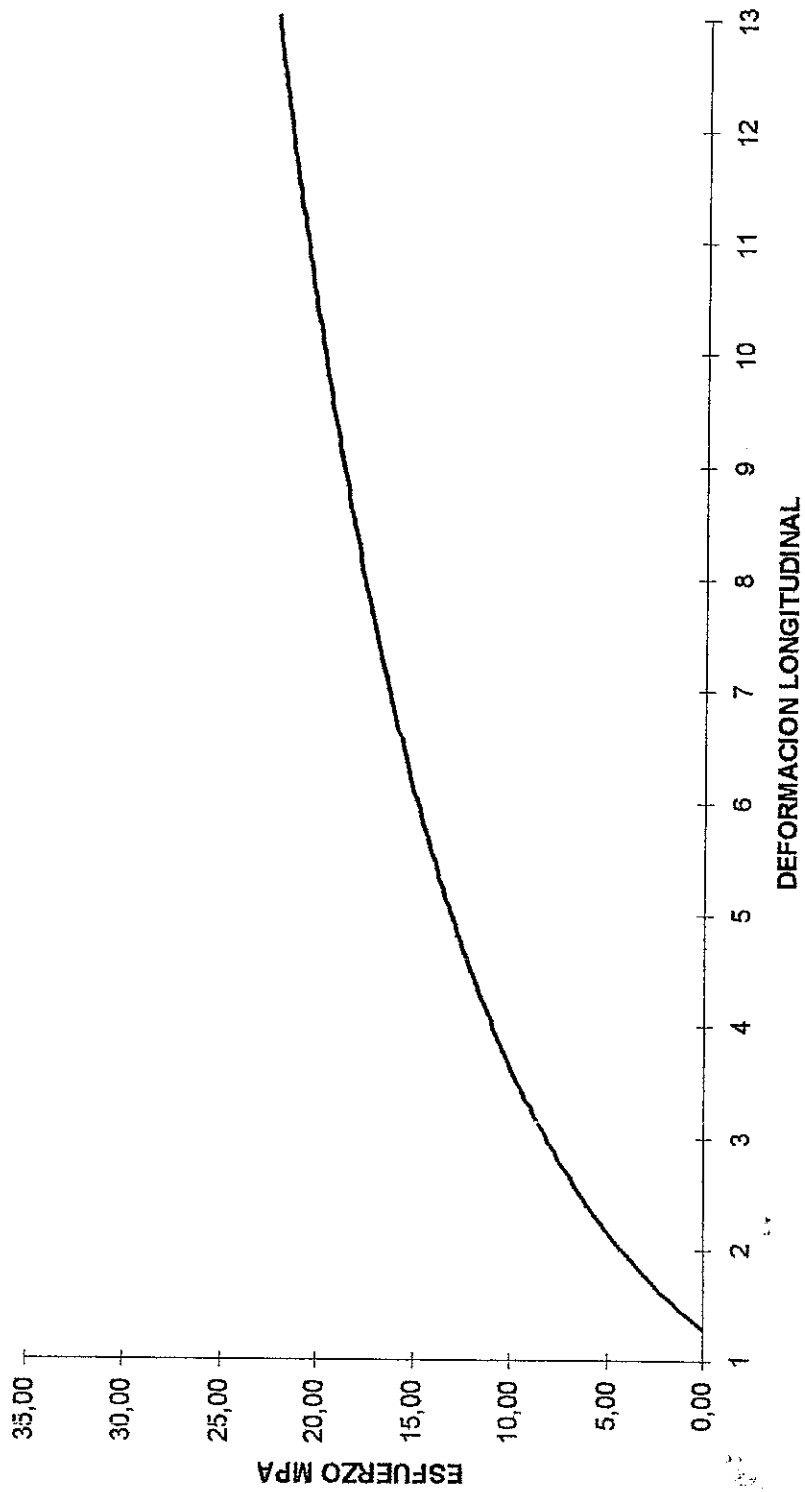
**ESFUERZO Vs DEFROMACION LONGITUDINAL
7 DIAS CONVENSIONALES**



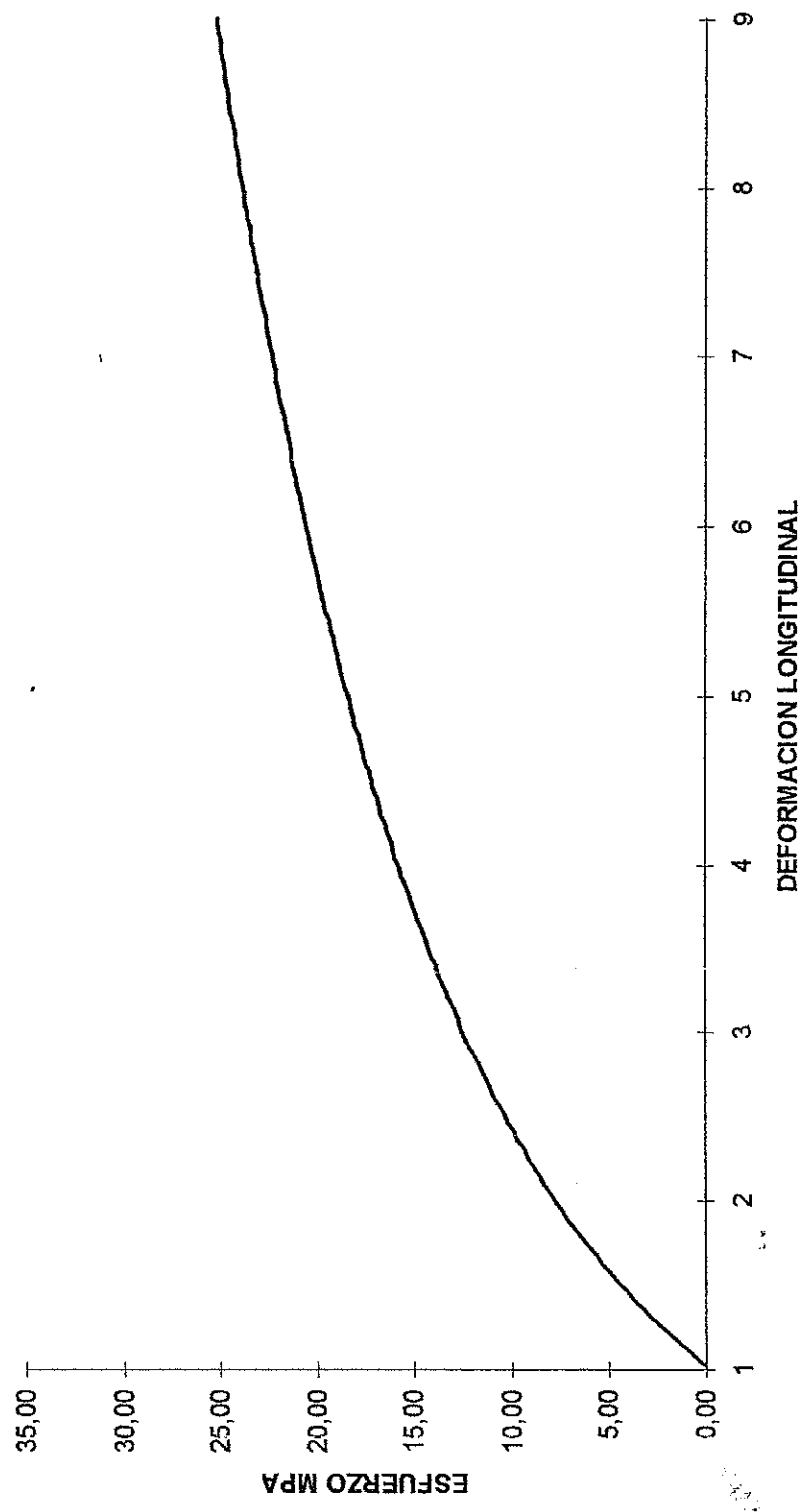
**ESFUERZO Vs DEFORMACION LONGITUDINAL
14 DIAS CONVENSIONALES**



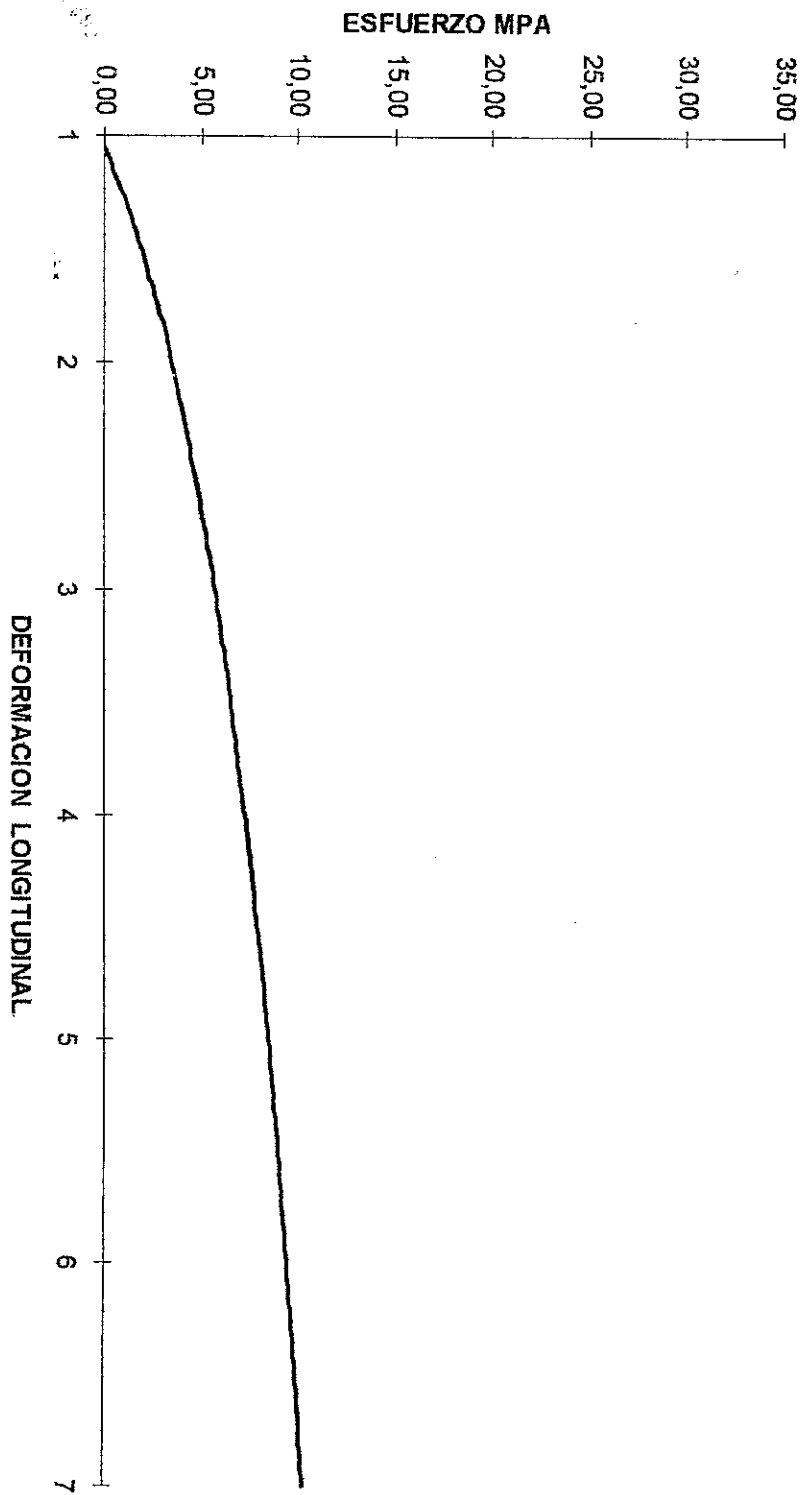
**ESFUERZO Vs DEFORMACION LONGITUDINAL
21 DIAS CONVENSIONALES**



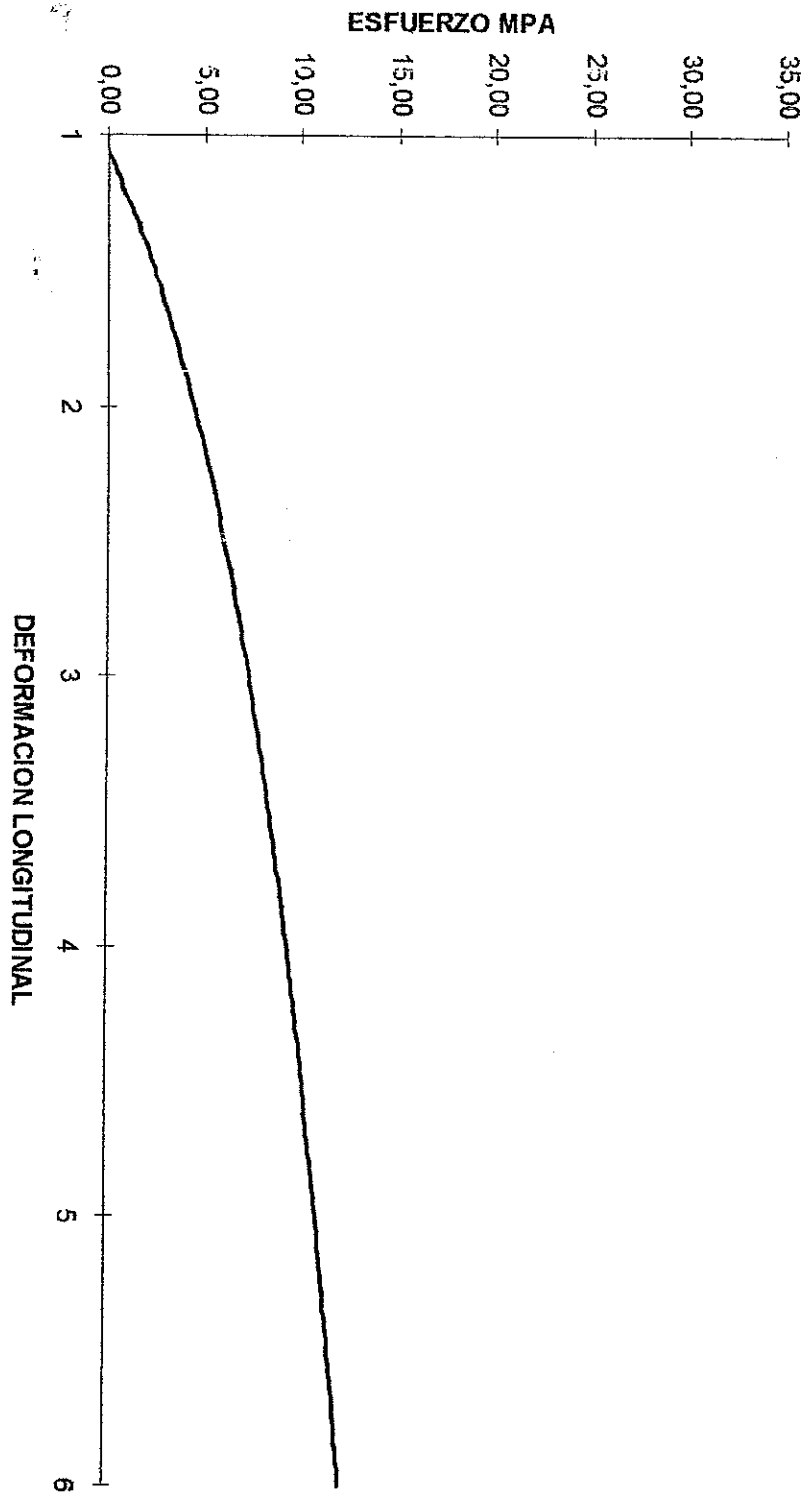
**ESFUERZO Vs DEFORMACION LONGITUDINAL
28 DIAS CONVENSIONALES**



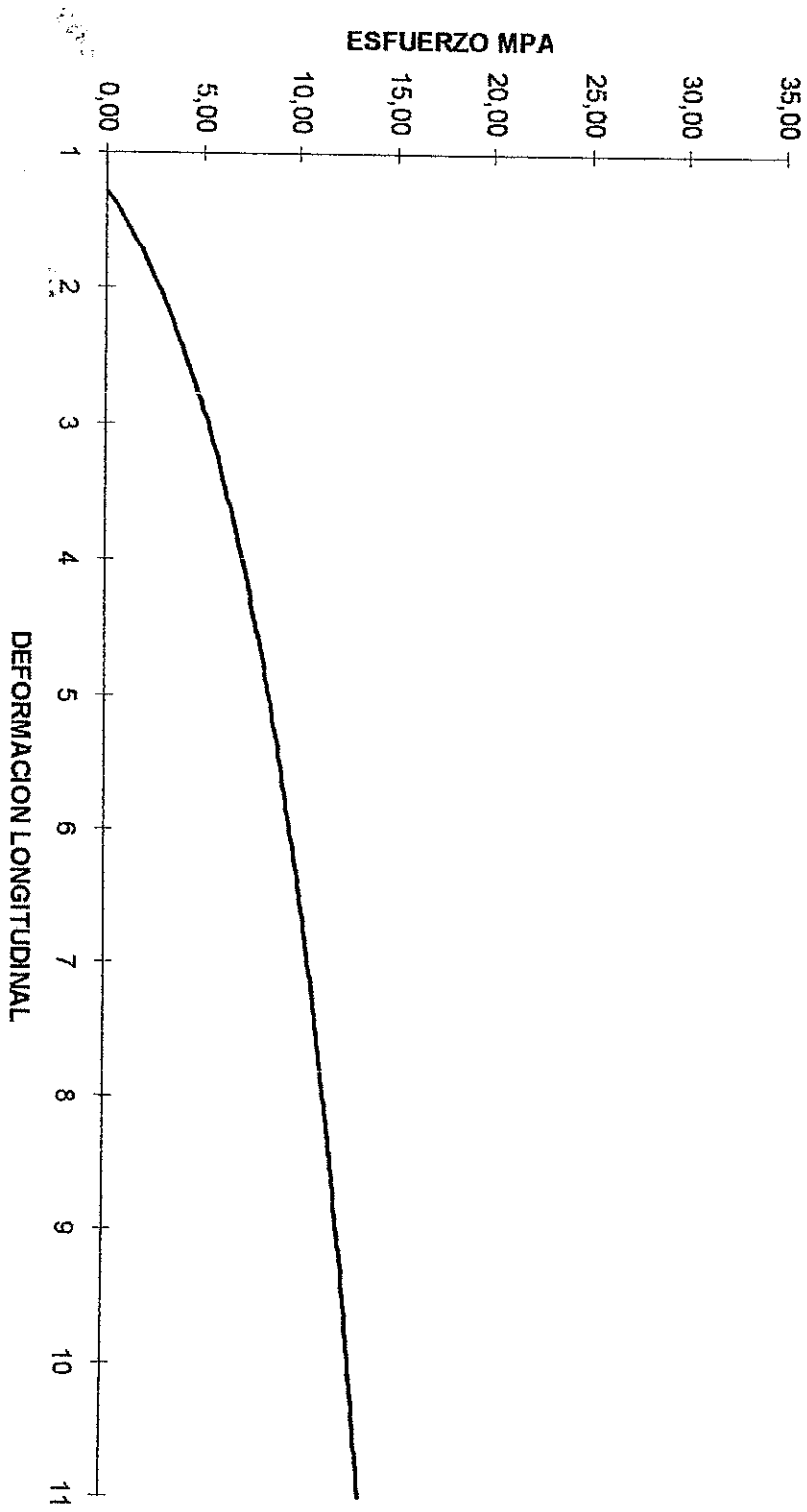
ESFUERZO VS DEFORMACIONES LONGITUDINAL
7 DIAS ICOPOR 0.50 %



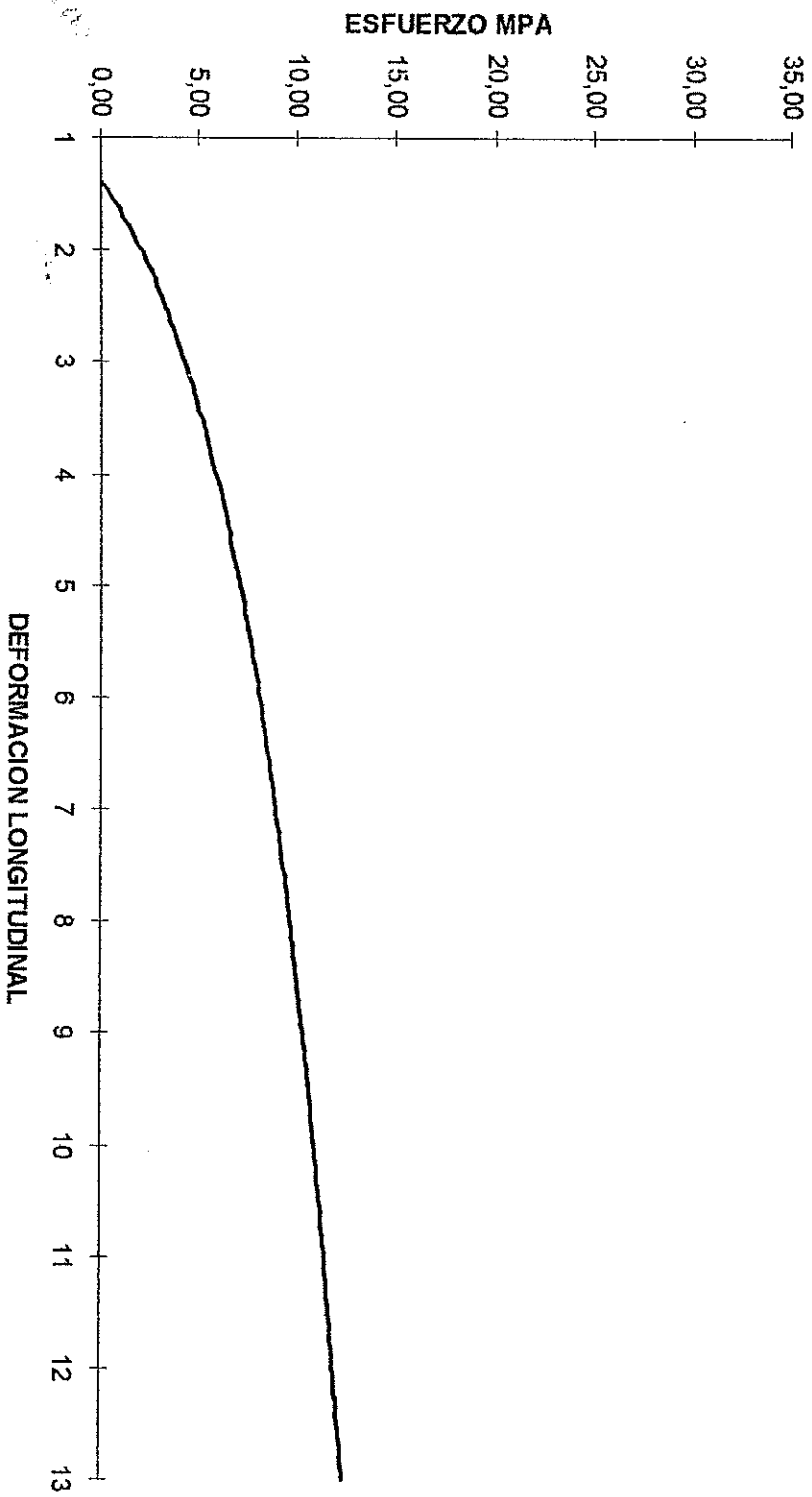
ESFUERZO VS DEFORMACION LONGITUDINAL
14 DIAS ICOPOR 0.50 %



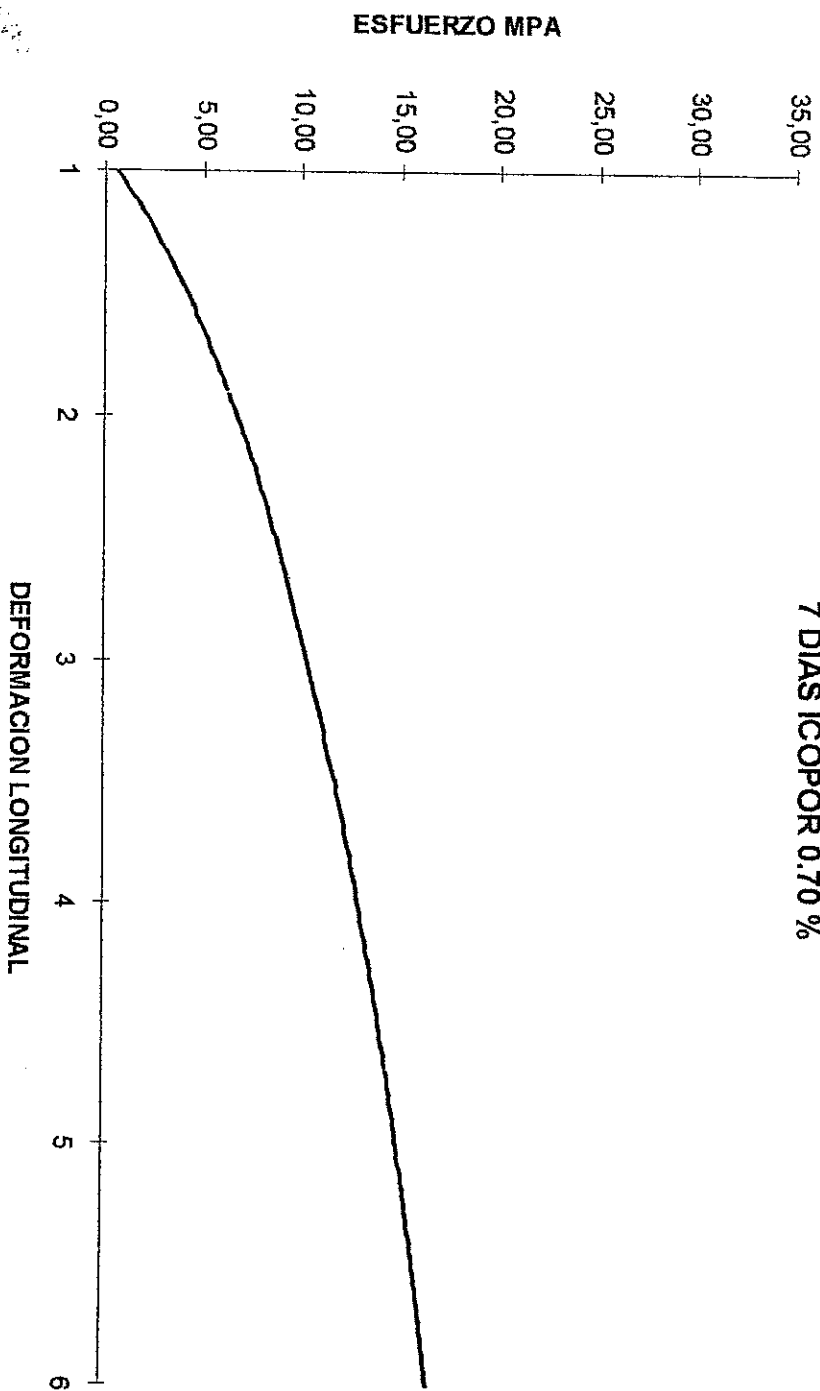
**ESFUERZO VS DEFORMACION LONGITUDINAL
21 DIAS ICOPOR 0.50 %**



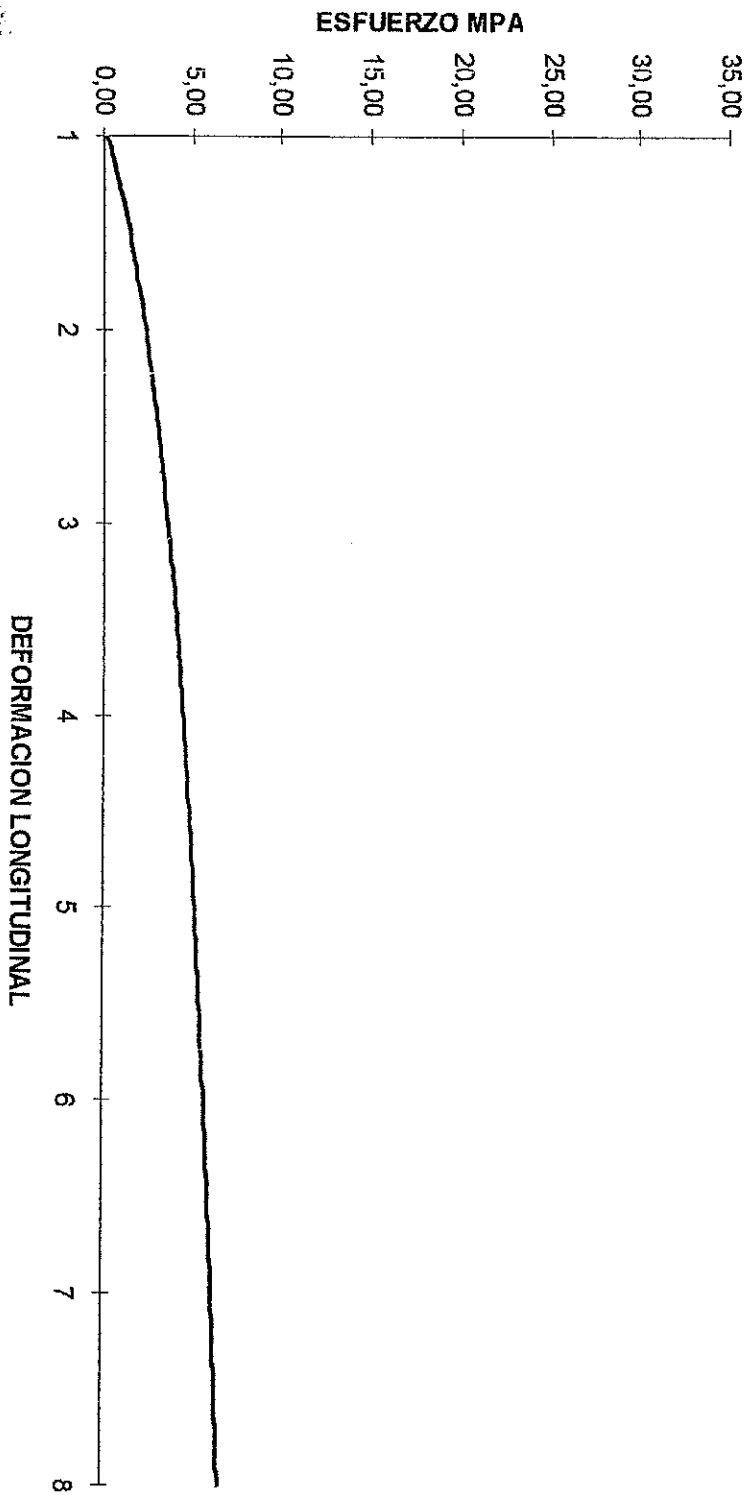
**ESFUERZO vs DEFORMACION LONGITUDINAL
28 DIAS ICOPOR 0.50%**



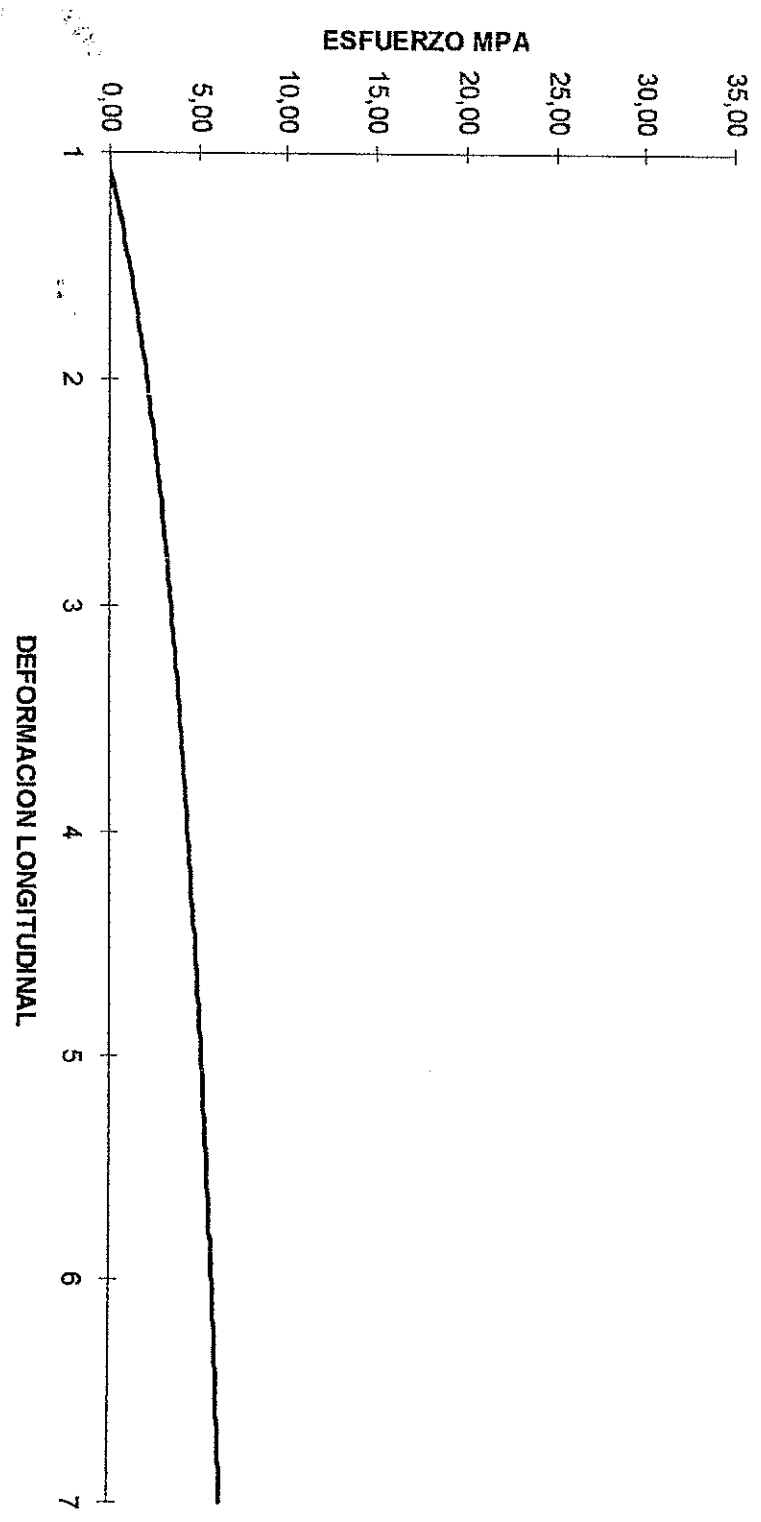
**ESFUERZO vs DEFORMACION LONGITUDINAL
7 DIAS ICOPOR 0.70 %**



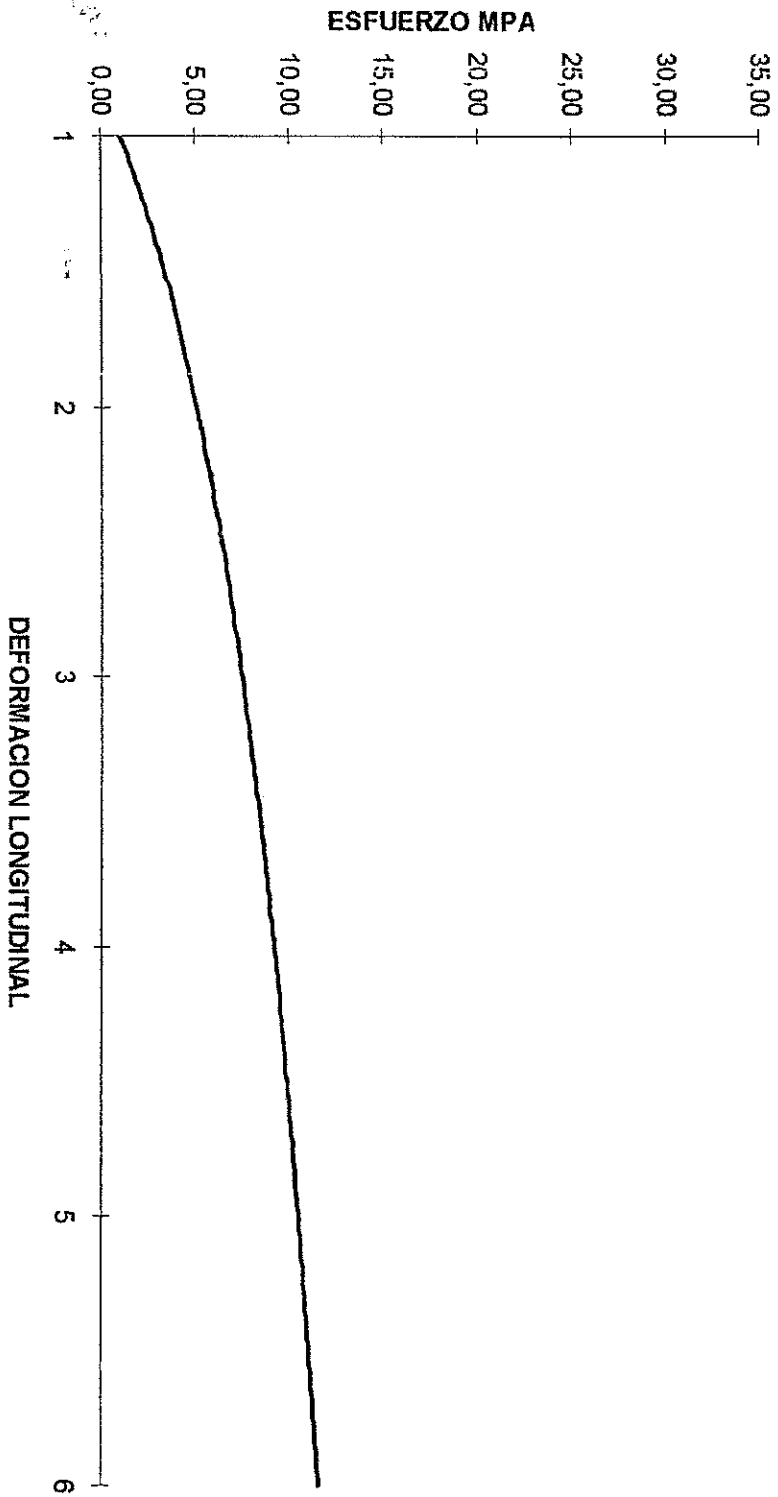
ESFUERZO vs DEFORMACION LONGITUDINAL
14 DIAS ICOPOR 0.70 %



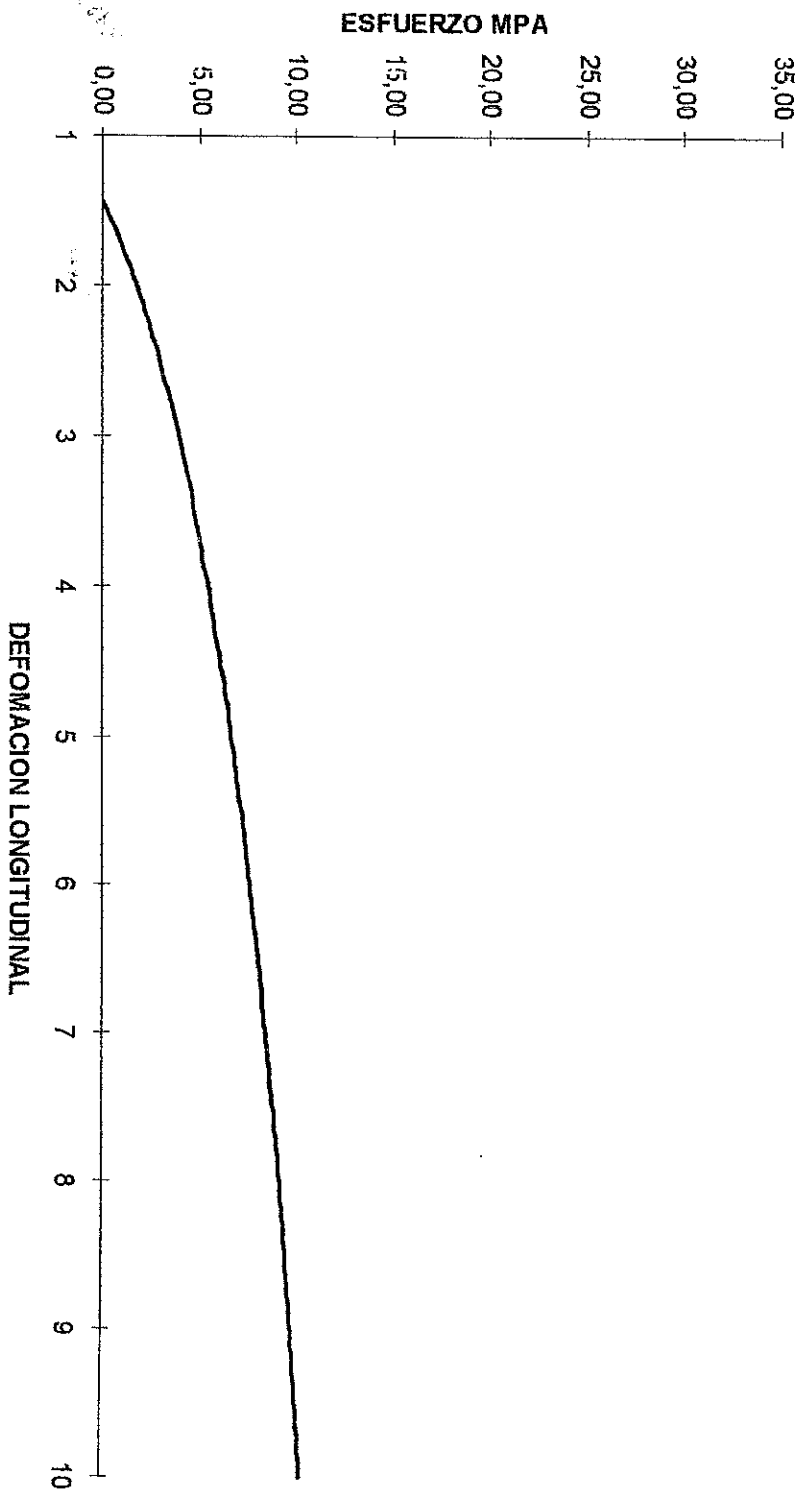
**ESFUERZO Vs DEFORMACION LONGITUDINAL
21 DIAS ICOPOR 0.70%**



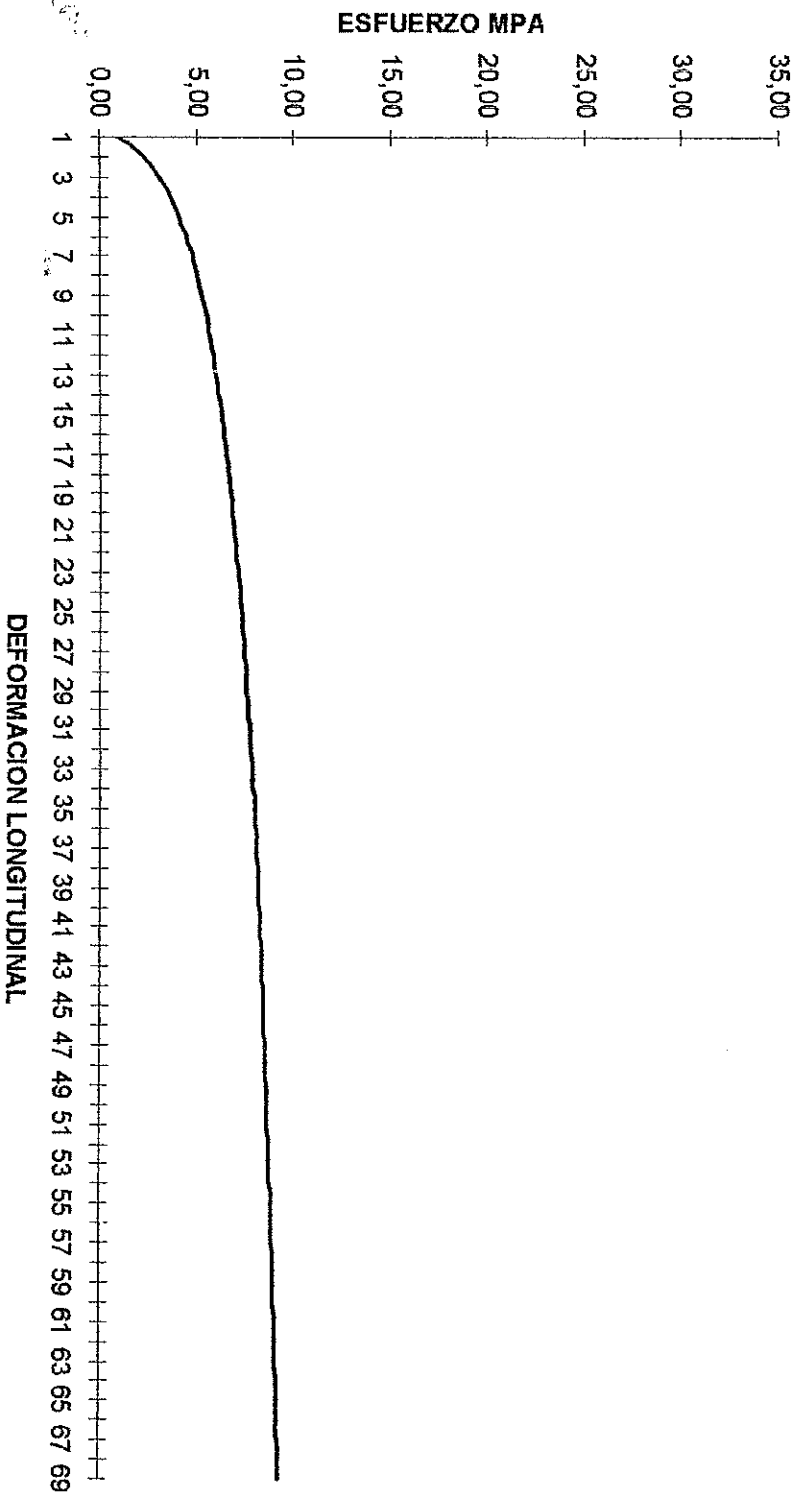
**ESFUERZO VS DEFORMACION LONGITUDINAL
28 DIAS ICOPOR 0.70%**



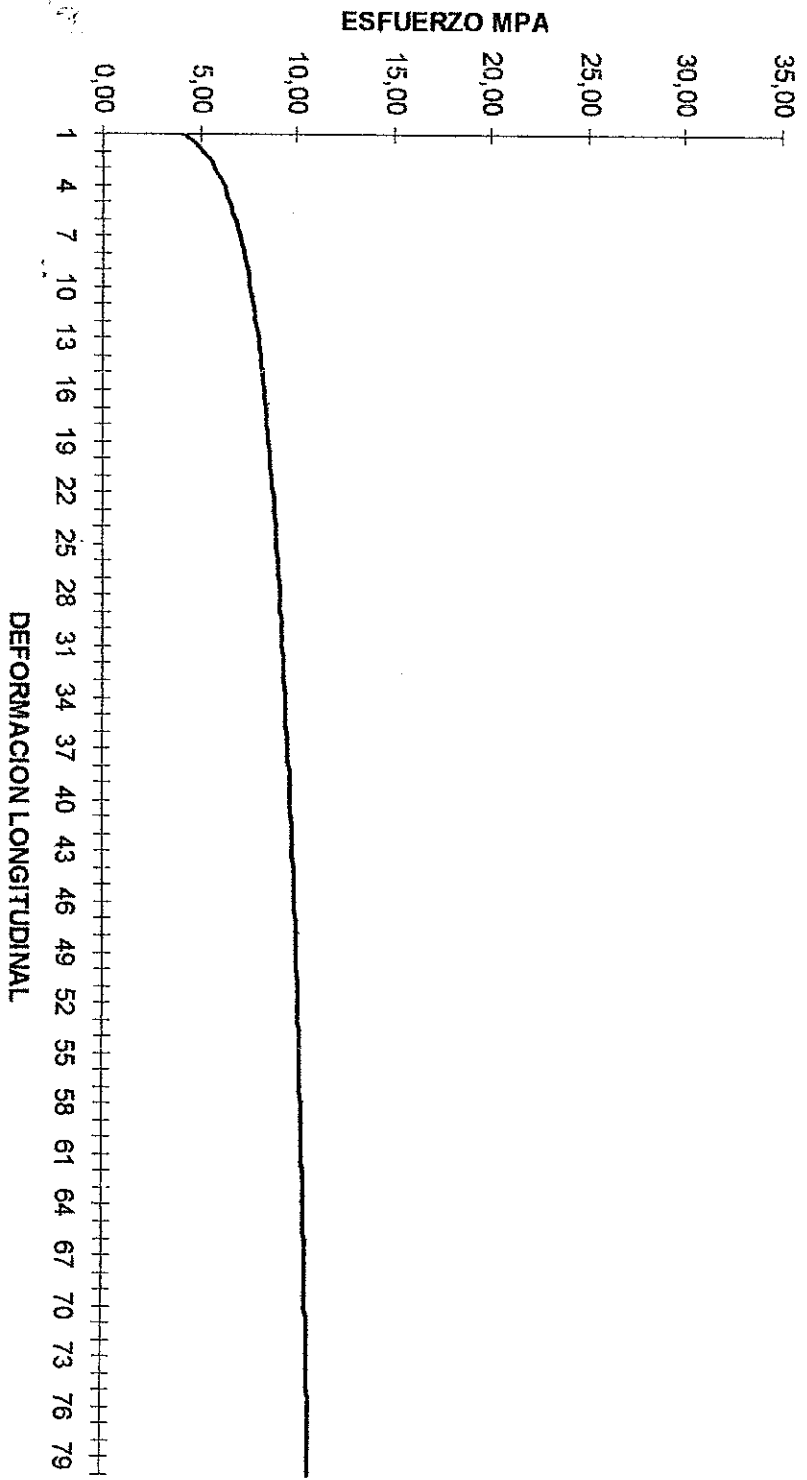
**ESFUERZO VS DEFORMACION LONGITUDINAL
7 DIAS ICOPOR 0.30%**



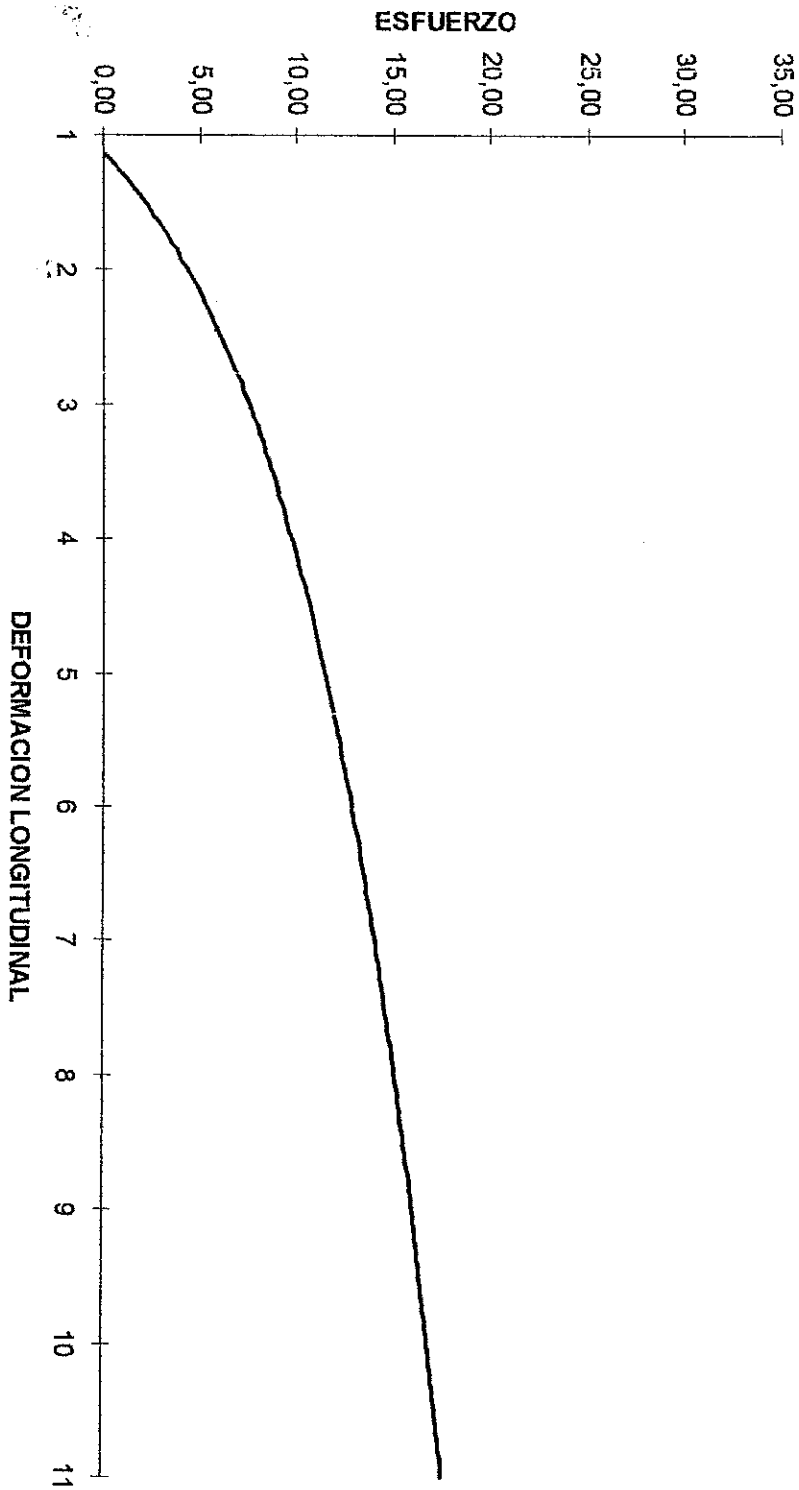
ESFUERZO vs DEFORMACION LONGITUDINAL
14 DIAS ICOPOR 0.30%



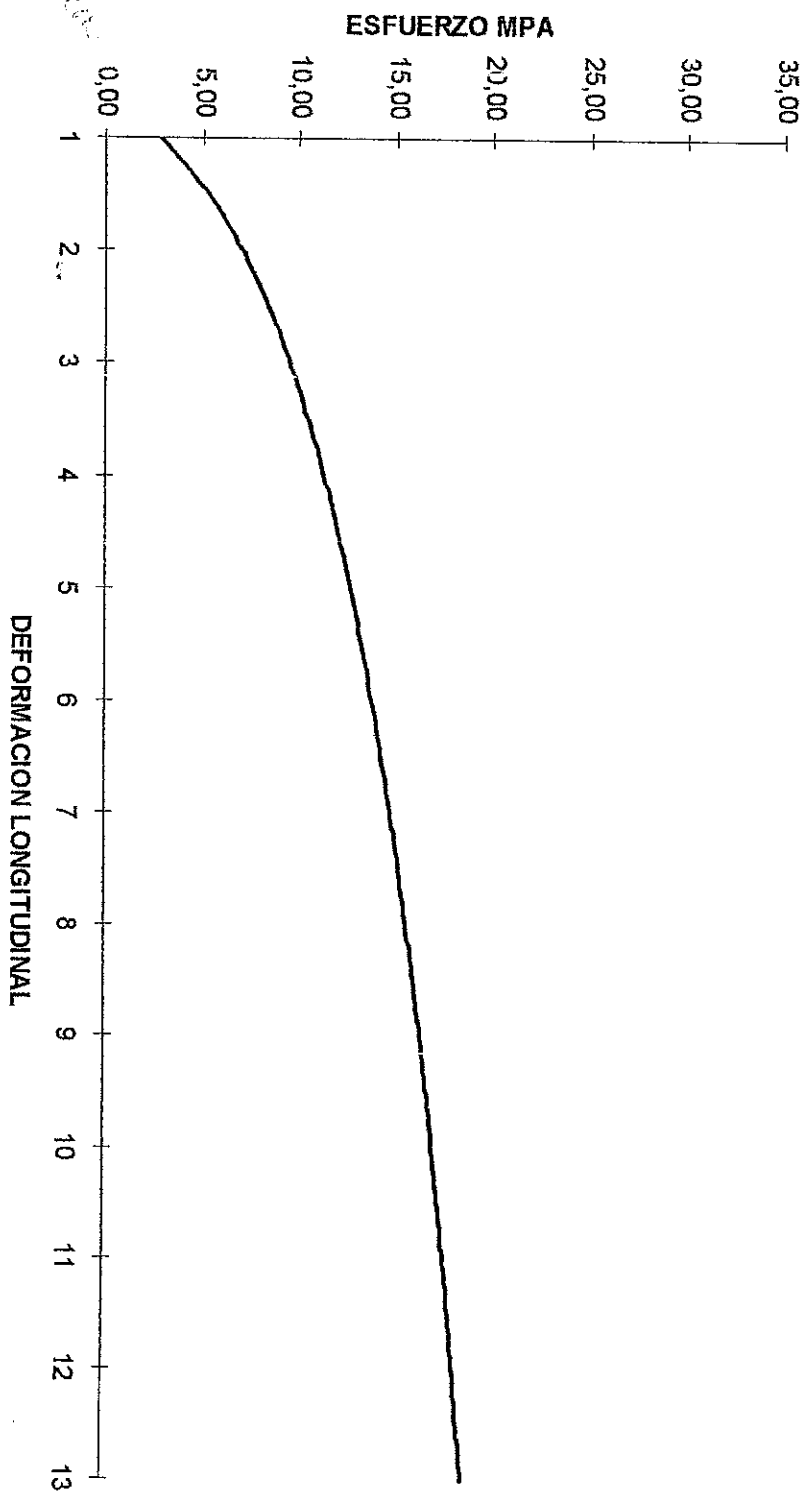
**ESFUERZO vs DEFORMACION LONGITUDINAL
21 DIAS ICOPOR 0.30%**



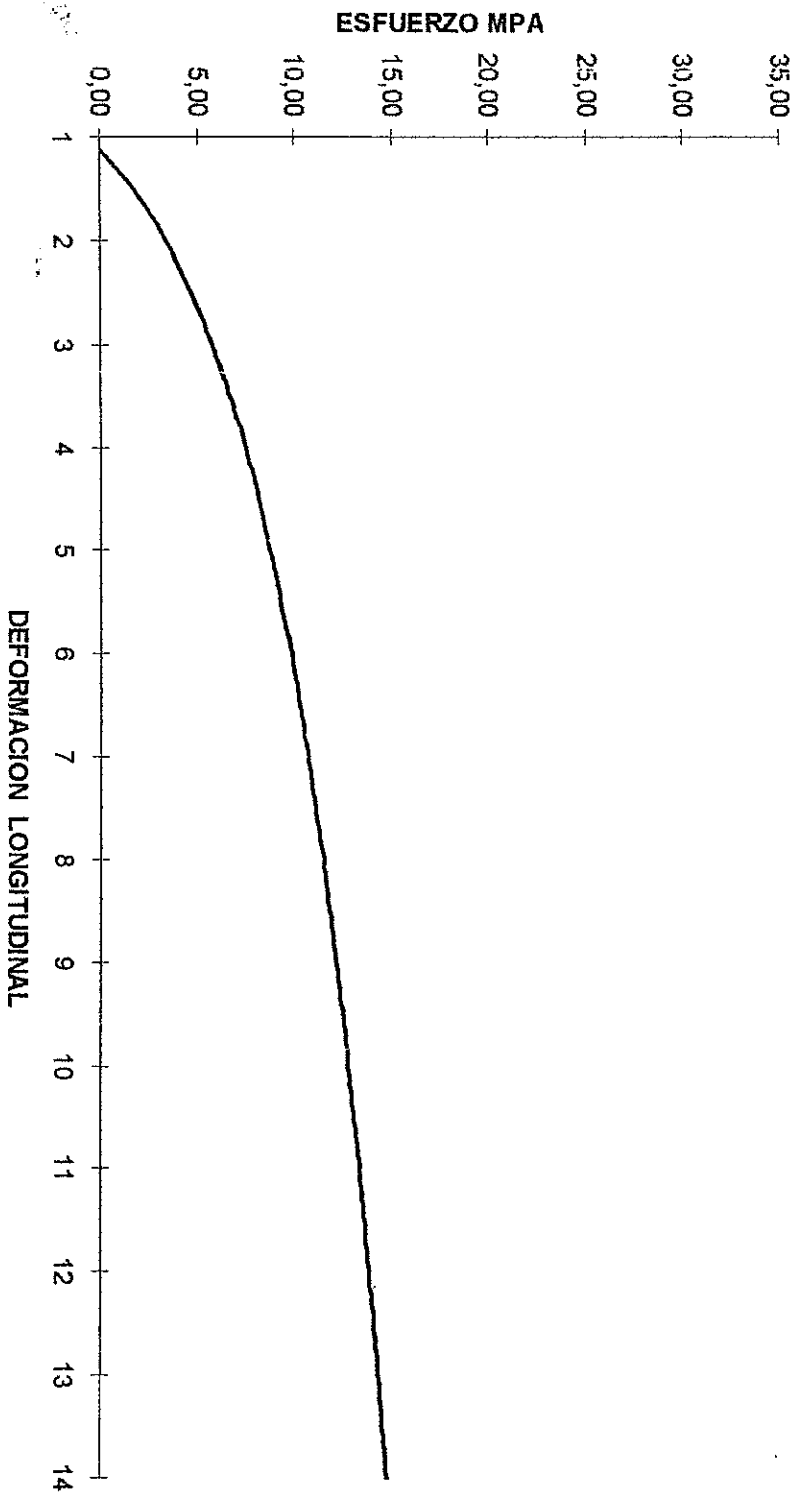
ESFUERZO Vs DEFORMACION LONGITUDINAL
28 DIAS ICOPOR 0,30 %



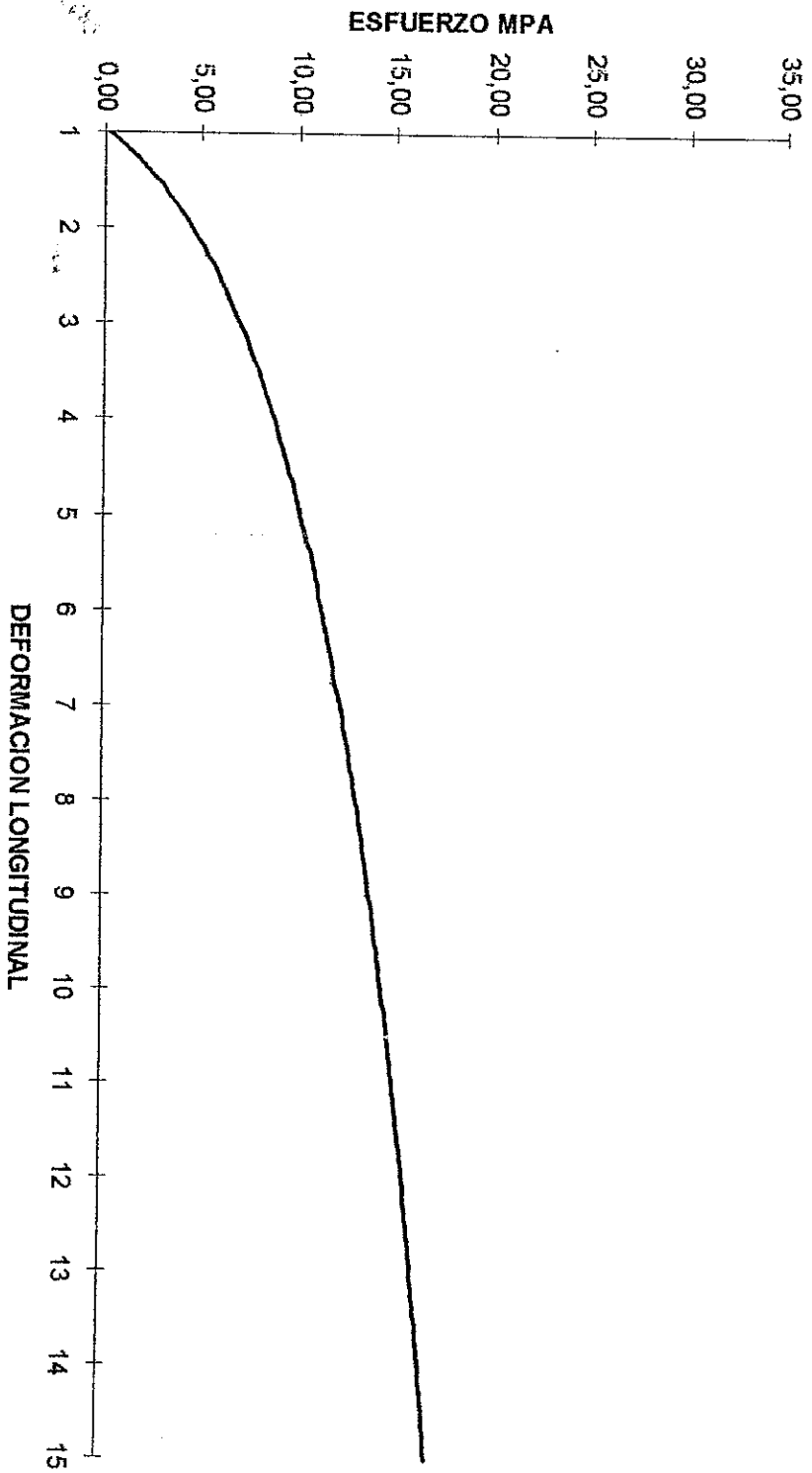
**ESFUERZO vs DEFORMACION LONGITUDINAL
7 DIAS ICOPOR 0.10%**



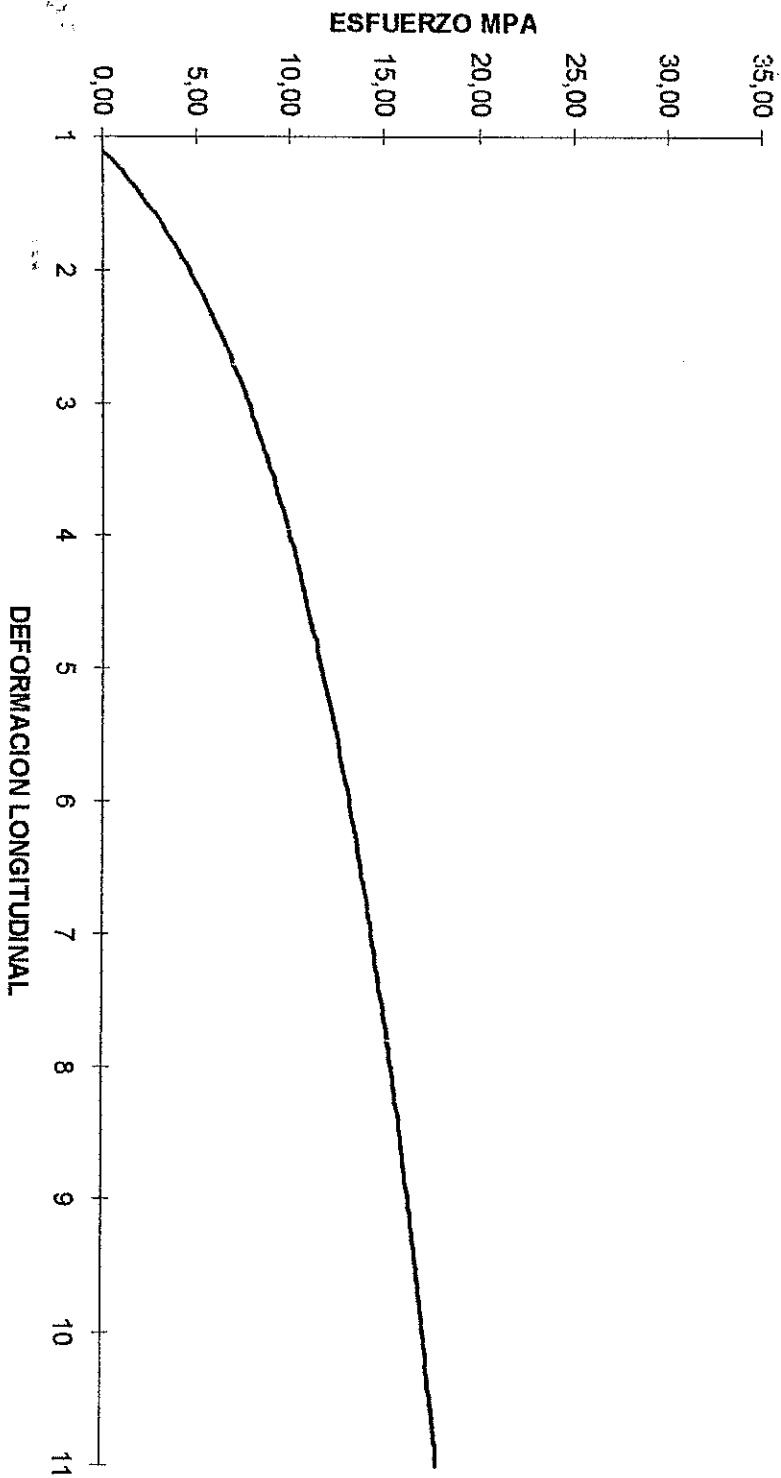
**ESFUERZO Vs DEFORMACION LONGITUDINAL
14 DIAS ICOPOR 0.10%**



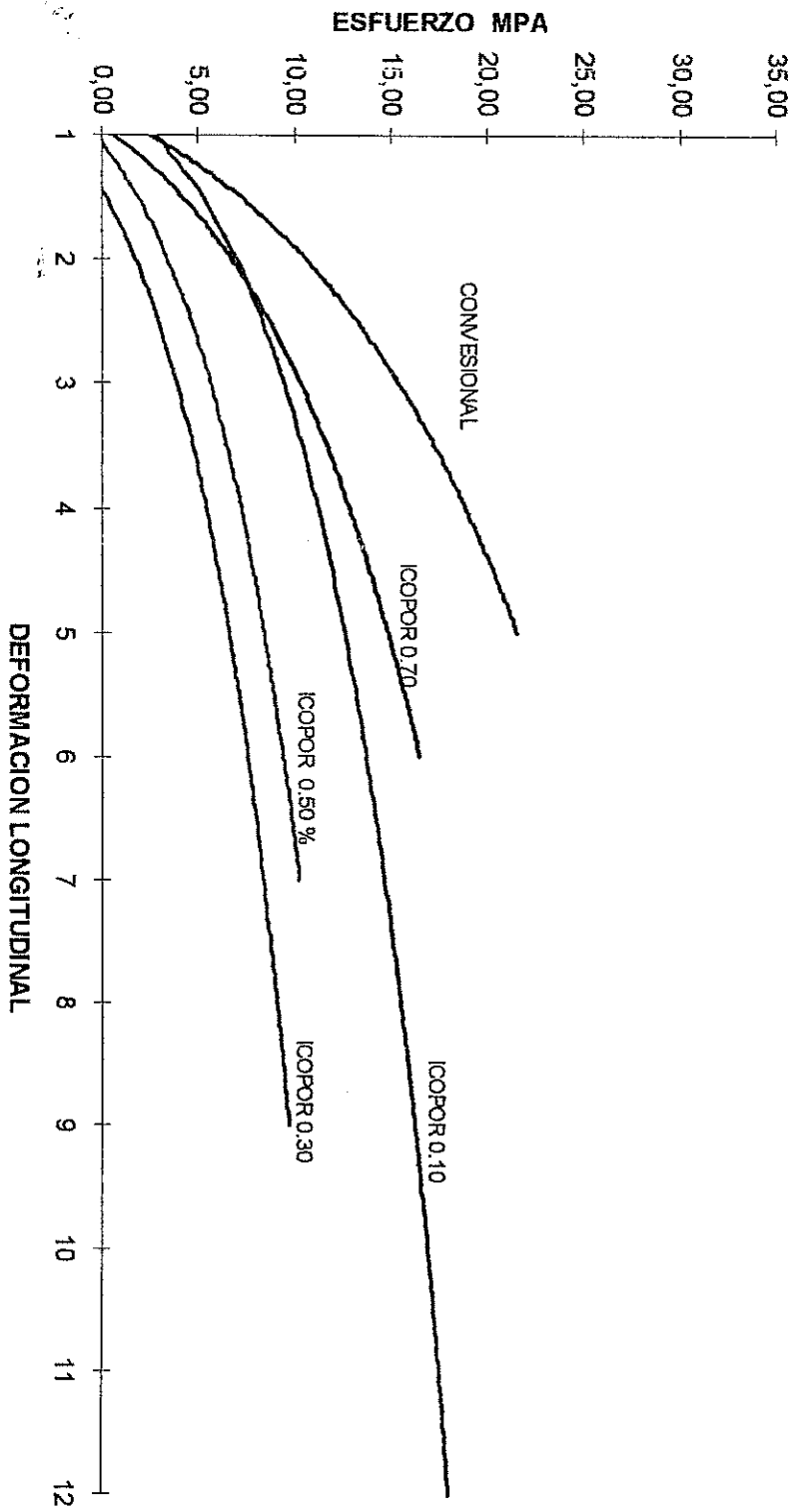
**ESFUERZO vs DEFORMACION LONGITUDINAL
21 DIAS ICOPOR 0.10%**



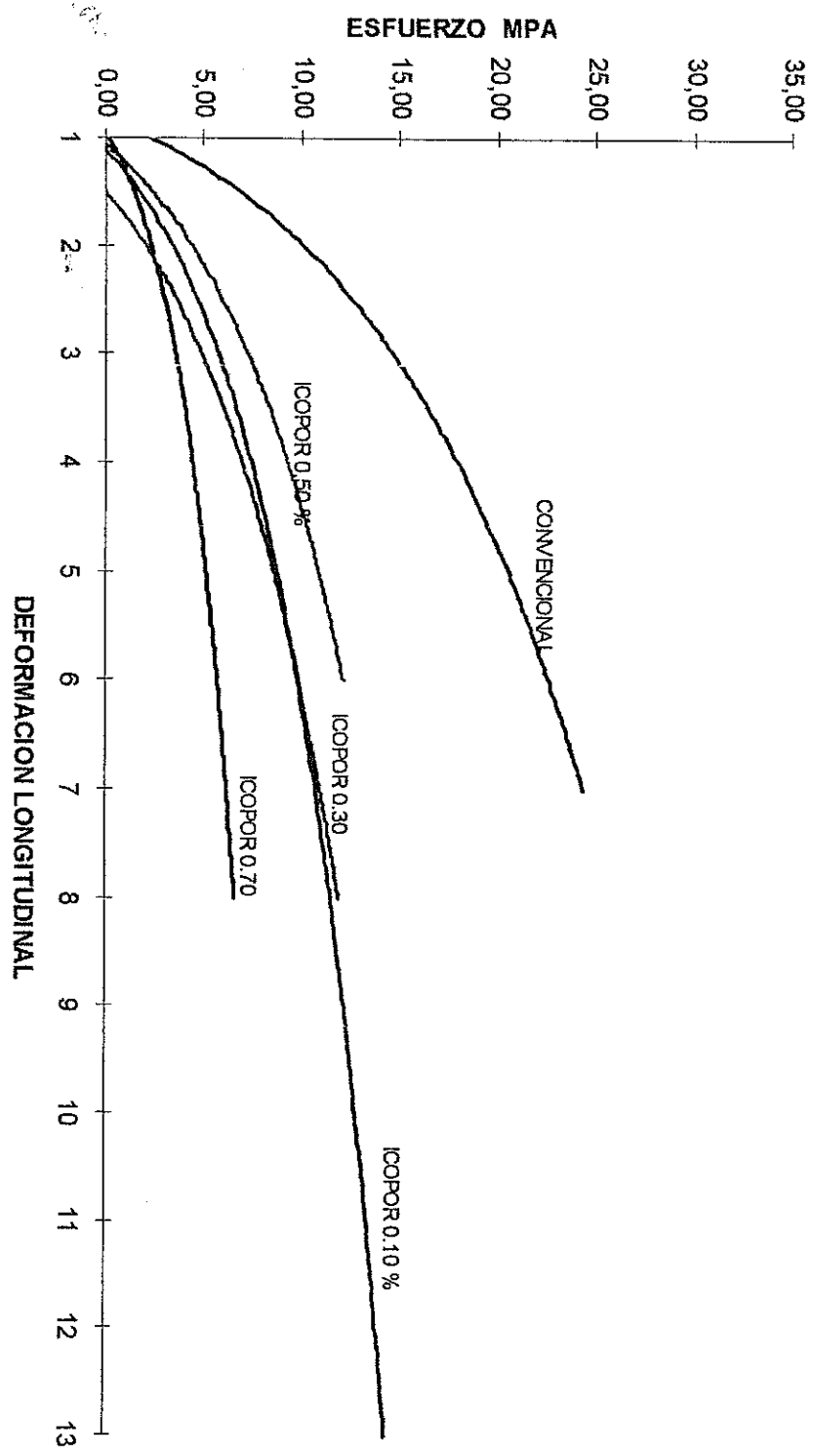
**ESFUERZO Vs DEFORMACION LONGITUDINAL
28 DIAS ICOPOR 0.10%**



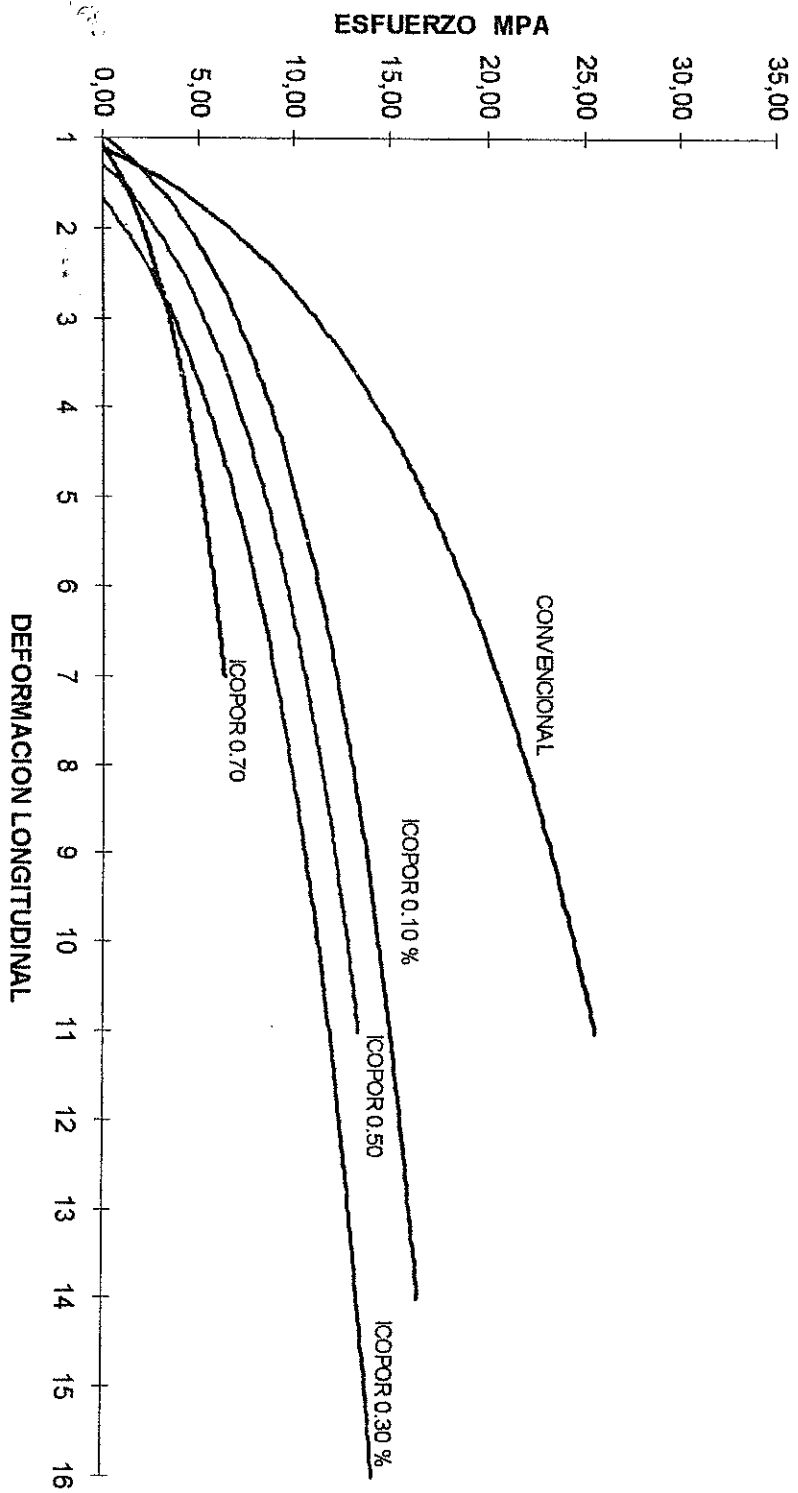
ESFUERZO Vs DEFORMACION LONGITUDINAL 7 DIAS



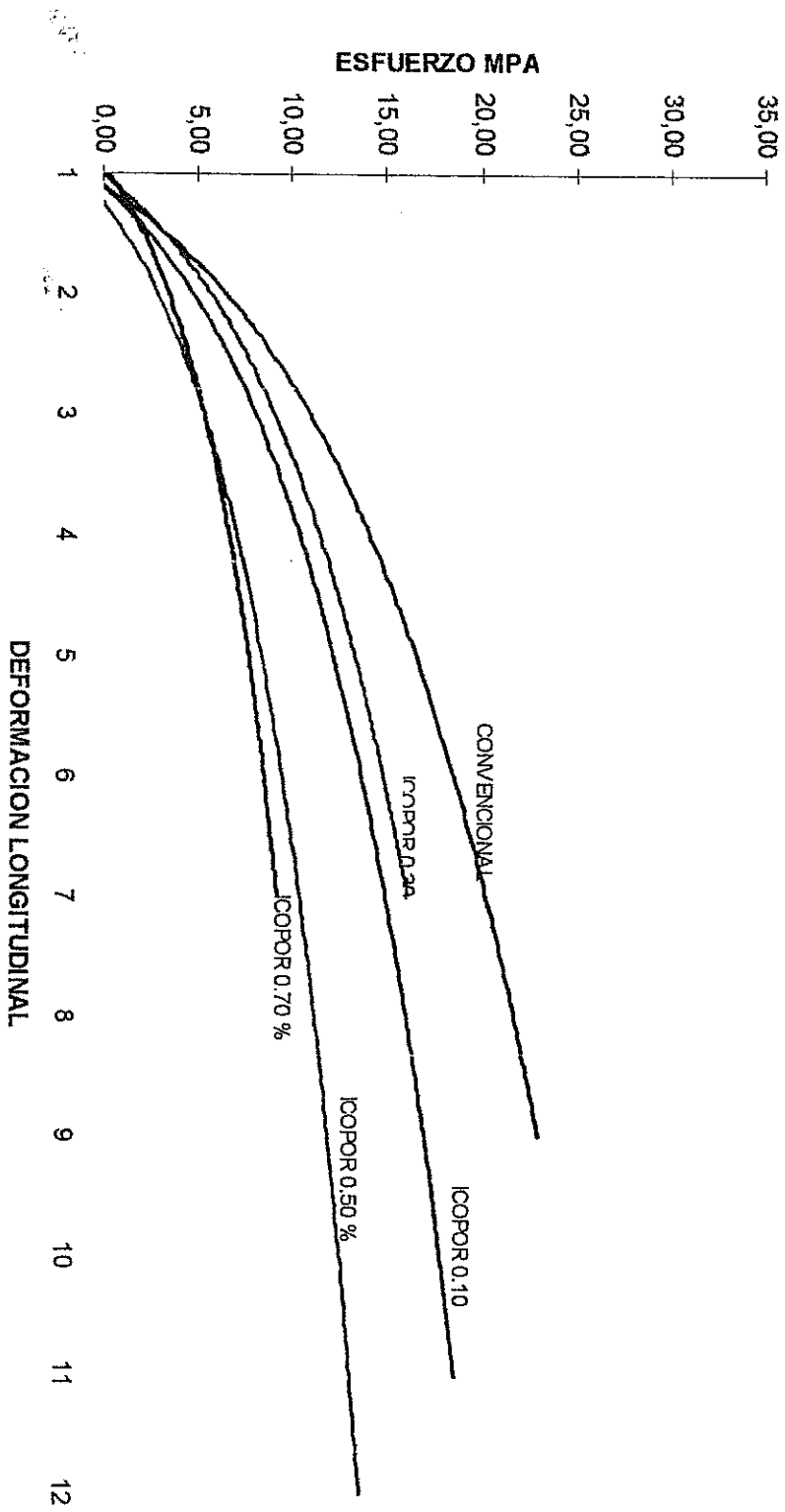
ESFUERZO vs DEFORMACION LONGITUDINAL 14 DIAS



ESFUERZO vs DEFORMACION LONGITUDINAL 21 DIAS



ESFUERZO vs DEFORMACION LONGITUDINAL 28 DIAS



4 ANALISIS Y CONCLUSIONES

Luego de analizar los resultados y gráficos se pueden dar las siguientes conclusiones:

- La resistencia obtenida del CONCRETO LIGERO, es inversamente proporcional al porcentaje de icopor presente en la mezcla. Se pudo observar una variación de un 52% con respecto al concreto convencional.

- A mayor porcentaje de icopor presente en la mezcla, disminuyó la manejabilidad, observándose disminución del asentamiento. Por ejemplo para el concreto con 0.70 % de icopor, el asentamiento fue $\frac{1}{4}$ menos que el del concreto convencional que fue $6\frac{1}{4}$.

- Se pudo observar que a mayor porcentaje de icopor presente en la mezcla, disminuía el agua de sangrado. Esto es consecuente de la conclusión anterior.

- Las densidades de los diferentes tipos de CONCRETO LIGERO, son directamente proporcional a los porcentajes de icopor presentes en las mezclas.

- Se observó que con un porcentaje de 0.10 % de icopor en la mezcla de concreto se alcanzó la resistencia proyectada.

- Con el porcentaje de 0.30 % de icopor se asemeja en un 87 % a la resistencia del concreto convencional.

- De acuerdo a las curvas Esfuerzos Vs Deformación longitudinal se nota que no hay un comportamiento coherente entre las diferentes edades y

porcentajes de icopor, tal vez debido al grado de compactación, homogeneidad de la mezcla en su estado natural.

4.1 RECOMENDACIONES

De acuerdo a las Resistencias obtenidas en cada porcentaje de icopor se plantean las siguientes recomendaciones:

■ Los diseños con un 0.10 % y 0.30 % de icopor se pueden utilizar para elementos estructurales tales como:

- Losa de entrepiso, sugiriendo un estudio de ensayos a Flexión.
- Losa de cubierta.
- Muros estructurales

■ Con un 0.50 % de icopor presente en la mezcla se puede utilizar para diseñar prefabricados de mampostería tales como:

- Bloques.
- Adoquines.
- Adovelillas.
- Dovelas (calados).

■ Para 0.70 % de icopor se recomienda la utilización de este concreto de menor densidad en:

- Plantillas de Nivelación.
- Solados.
- andenes.
- vías peatonales.

Se deja abierta la posibilidad para posteriores investigaciones en lo concerniente al estudio de la flexión, la relación de Poisson y la aplicación de un diseño para concreto fluido.

4.2 SUGERENCIA

BIBLIOGRAFIA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA, Normas Colombianas de diseño y construcción sismo resistentes NSR-98 Título C: Concreto Estructural.

GARCIA, Ramón, Pequeño Larousse Ilustrado, Valencia, Ediciones Larousse.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN, Normas Colombianas para la presentación de trabajos de investigación, Quinta actualización, Santa fe de Bogotá D.C.: INCONTEC, 2002.126p.

INSTITUTO DEL CONCRETO, Manual de laboratorio: Curso para técnicos laboratoristas, s.p.l 3v, 196p.

SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego, Concretos y Morteros, Santa fe de Bogotá: Instituto del Concreto, V 4, p 20-50, 150- 230

SHORT, Andrew, Concreto Ligero, México: Ed. Limusa, 1967.450 p

WADDELL, Joseph, Manual de la construcción con concreto, 3 Ed. Santa fe de Bogotá, Ed Mc Graw Hill, 1989, Tomo II, p 255-396.

INSTITUTO DEL CONCRETO, ASOCRETO Tecnología y Propiedades, 2da Edición, Santa Fe de Bogotá, 1997, tomo 1, 215 P/;

ANNALS
OF THE
SOCIETY OF
AMERICAN HISTORIANS

ANEXO A. INTRODUCCIÓN

En la era moderna del hombre se ha preocupado por hacer la vida más fácil y tener más comodidad con ello ha surgido la industrialización y el desarrollo dentro de todo esto la construcción no es ajena a esos aspectos ya que en ella se ha buscado la modernización en el área de la arquitectura y la ingeniería civil innovando en los diseños y en los materiales de construcción.

La investigación que se va a realizar trata sobre la innovación en el principal material de la construcción la mezcla de agregado fino y grueso y cemento que al agregarle agua se produce un concreto, lo se piensa realizar es este concreto pero utilizando icopor como la parte aligerante, ya que como se sabe el aligeramiento del concreto solo se ha hecho con agregados de menor peso como las escorias, cenizas y técnicas de cemento alreado.

El objetivo de la investigación es producir un concreto de menor peso que los concretos comunes introduciéndole a la mezcla una parte de icopor como complemento y a la vez como material aligerante para con el producir unos cilindros y unas vigas los cuales se ensayaran a los 7, 14, 21, 28 días, en la máquina de compresión y máquinas axiales para buscar la resistencia de 210kg/cm², al igual que el concreto convencional y lograr con ella la construcción de estructuras más livianas.

ANEXO B. PLANTTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se tiene conocimiento de que las mezclas cementantes se utilizaron desde épocas antiguas como ejemplos de esto se tienen las pirámides de Egipto y Guatemala, los acueductos romanos etc. Pero toda estas construcciones utilizaron mezclas de forma rudimentaria a falta de técnicas y equipos que suplieran las necesidades de la época.

A través de la historia y con el avance de la ciencia se ha venido trabajando e investigando en el desarrollo de nuevas mezclas con nuevas técnicas para cumplir con el reto que propone la nueva era de la construcción donde se busca comodidad, economía, resistencia, estructuras livianas, y mezclas más manejables.

Es por ello que nace la idea de reducir la densidad del concreto utilizando agregados de menor peso, técnicas de aireado y empleo de la espuma con lo cual se obtiene un concreto más liviano, con ello se buscar dar solución al problema del sobre peso en las estructuras ya que ésta ha sido la preocupación de los constructores debido a que muchas edificaciones han colapsado por ser muy pesadas, otras por efecto de la naturaleza y efectos externos como son las cargas vivas, impactos, vibraciones etc.

La idea de reducir peso en las estructuras nació hace muchos años en Europa, tanto en Alemania como en Inglaterra se ha utilizado el agregado de menor peso que la grava con buenos resultados en muros y bloques, pero no se conoce que lo hayan aplicado a elementos estructurales, ni que hayan realizado una mezcla utilizando el icopor como la parte aligerante.

Precisamente éste último aspecto es el que se quiere evaluar dentro de la investigación planteada al realizar una mezcla con agregados tradicionales e icopor como parte aligerante, para determinar su posible aplicación en el medio de la construcción.

Lo que se persigue con esta investigación es lograr un concreto más liviano con la misma resistencia del concreto convencional (210 Kg/cm²).

Con esta mezcla se elaboran unos especímenes los cuales se ensayarán a diferentes edades de acuerdo a las normas técnicas colombianas NTC, que avalan este tipo de ensayos. De estos ensayos se obtendrán unos parámetros de resistencia a la compresión y flexión, los cuales se comparan con los del concreto convencional.

De lo expuesto anteriormente surge las siguientes interrogantes:

¿ la resistencia a la flexión en los especímenes de viga (20 x 20 x 100 cm.) de concreto aligerado con icopor, sera igual a los especímenes elaborados con un concreto convencional?.

¿concreto ligero con icopor alcanzara la misma resistencia a la compresión como los cilindros elaborados con un concreto convencional?.

ANEXO C. JUSTIFICACION

Cuando el hombre empezó a razonar una de las primeras ideas que paso por su cabeza fue protegerse del peligro y de las inclemencias del clima, debido a ese afán nace la idea de las construcciones ya que en las cavernas no estaban del todo protegidas y comenzó a buscar la forma de construir bohíos y casuchas de madera, piedra, barro etc.

Pero con el correr del tiempo, al ver que estas edificaciones no eran seguras y con el crecimiento de las ciudades y la población se hizo necesario la construcción de viviendas y edificaciones multifamiliares lo que condujo a la búsqueda de material cementante y agregados para la construcción de estructuras, es así como se producen los cementos que mezclados con el agregado fino y grueso da como resultado el concreto el cual se produce a diferencia resistencias.

Se sabe que la densidad de un concreto convencional es de 2400 Kg/cm³, razón que lo hace muy pesado y por lo tanto se ha venido haciendo investigaciones y experiencias en aminorar el peso con agregados menos denso para así lograr una mezcla que nos llene las expectativas de lograr una resistencia como la de 210 Kg/cm².

La investigación que se quiere realizar plantea experimentar un concreto ligero donde se utilizara el icopor como parte aligerante, como una novedad es importante porque de lograr los objetivos propuestos, de encontrar la misma resistencia con menos densidad se podrá aplicar satisfactoriamente en elementos estructurales como vigas, losas, y porque no en columnas. Lo cual sería un aporte a la ciencia de la construcción y se brindaría solución a la preocupación del peso y la economía en los costos.

ANEXO D. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la resistencia mecánica a la flexión y compresión de concreto aligerado con icopor a f_c 3000 psi

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la resistencia a la flexión en los especímenes de viga (20 x 20 x 100 cm.) de concreto aligerado con icopor y en los especímenes elaborados con un concreto convencional.
- Determinar la resistencia a la compresión en cilindros (15 x 30 cms.) de concreto ligero con icopor y los cilindros elaborados con concreto normal.
- Realizar un análisis comparativo de las deformaciones unitarias que se generan en los especímenes de concreto ligero con icopor y el concreto convencional sometidos a la compresión.
- Analizar los resultados obtenidos en los ensayos de flexión y compresión para determinar el comportamiento del concreto ligero con icopor.

ANEXO E. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES

Al escuchar el término concreto ligero surge la interrogante de cómo definirlo con precisión.

Se dice que es un concreto de características propias, que por medio de otras se ha hecho más liviana que el concreto convencional con cemento grava, arena, y que desde hace mucho tiempo ha sido la mezcla principalmente utilizada en las construcciones, esto sin embargo es más bien una descripción de cualidad en vez de una definición, " así mismo se ha dicho que es una mezcla hecha a base de agregados de peso ligero, lo cual también deja dudas ya que algunos tipos de concreto ni siquiera necesitan agregados " .

Ante tanta dificultad para su definición, el concreto ligero fue conocido por mucho tiempo como un concreto cuya densidad superficial seca no fuese mayor de 1600 Kg/m³, pero esta densidad tuvo que ser revisada debido a la introducción de los miembros estructurales del concreto reforzado con agregados de peso ligero y algunas mezclas hechas para este propósito a veces arrojaban densidad superficial seca de 1840 Kg/m³ o mayores, pero sigue siendo concreto ligero entonces surge la interrogante de por qué se hace necesario tener concreto ligero, pero para responderlo es necesario analizar sus propiedades y características en relación a las de un concreto convencional.

La característica más evidente del concreto ligero es, por supuesto, su densidad, la cual es menor que la del concreto normal y de hecho más liviano.

Las ventajas de tener materiales con baja densidad son muy numerosas a saber, reducción de las cargas muertas, mayor rapidez y facilidad de construcción, menores costos de transporte y acarreo.

El peso que gravita sobre la cimentación de un edificio es un factor importante en el diseño del mismo, sobre todo hoy en día en que la tendencia es la construcción de edificios cada vez más altos el uso del concreto ligero ha hecho posible en algunos casos llevar a cabo diseños que de otra forma se hubieran tenido que abandonar por razones de peso.

Otra razón que ha motivado la utilización del concreto ligero es la escasez de los agregados tradicionales del concreto común como la arena y la grava por lo que el concreto ligero podría suplir estas necesidades.

Aun cuando el concreto ligero se ha hecho más conocido en los últimos años, a fines del siglo XIX se utilizó en USA e Inglaterra y en muchos otros países Europeos, en la forma de agregados de escoria de hulla, su aplicación además de vivienda también se lo utilizó en partes de edificios y monumentos tales como el Museo Británico terminado en 1907.

A mediados de la década de los 30 la escoria espumosa de los altos hornos se introdujo en Inglaterra y desde entonces se ha usado como agregado de peso ligero, antes de esto, se había utilizado en Gran Bretaña la piedra pómez natural, pero su uso se discontinuó a partir de la segunda guerra mundial.

En Colombia también se ha usado la técnica de aligeramiento, la más difundida es la aligeración de losas de entre piso en las estructuras, ya que estas son más livianas que las macizas, últimamente se ha introducido el aligeramiento de muros con láminas de icopor porque estos

muros permiten el aislamiento y proporcionan un mejor clima al interior de la construcción tomándose el lugar mas fresco.

Hace 20 años sólo se disponía de dos tipos de agregados de peso ligero, en la actualidad hay media docena de ellos, dentro de estos se encuentra el icopor como aligerante utilizado en la construcción de losas de entre piso, en edificios, muros de divisiones, y como sobre base para pavimentos flexibles, pero no se tiene conocimiento que se haya mezclado con cemento, arena y grava.

En la búsqueda de nuevos concretos ligeros se plantea la propuesta de concreto ligero con icopor el cual será incluido en la mezcla del concreto, junto con el cemento y los agregados; grueso y fino y observar el comportamiento de este nuevo concreto.

Para llevar un seguimiento metodológico del concreto se realizarán unas especimenes que serán ensayados en las siguientes edades 7, 14, 21, 28 días, cada una de estas edades tendrán 30 ejemplares los cuales serán ensayados y comparados con otros 30 especimenes de concreto convencional.

Para poder tener un criterio del comportamiento del concreto ligero con icopor se idealizarán 120 especimenes y el concreto convencional también tendrá otros 120 especimenes.

De igual manera se hará con los especimenes de las vigas para lo cual se tendrá un total de 240 especimenes de concreto.

Concreto ligero con icopor		Concreto convencional	
Cilindros	120	Cilindros	120
Vigas	120	Vigas	120

Total 240

Total 240

Con los análisis obtenidos se espera darle al concreto ligero con icopor una aplicabilidad en la construcción, el hecho que se trabaje con agregado convencional es de gran ayuda pero se espera obtener un concreto de menor densidad que brinde la misma confiabilidad y seguridad al constructor.

4.2 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

Para la definición de cada uno de los materiales describiremos a ellos en la siguiente manera;

4.2.1Cemento, El cemento es un material aglutinante que representa propiedades de adherencia y cohesión que permiten la unión de fragmento minerales entre sí, formando un todo compacto. En la construcción se ha generalizado la utilización de la palabra cemento para designar un tipo de aglutinante específico que se denomina cemento Pórtland, debido que es el más común.

El cemento Pórtland es la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contiene sílice, alumina u óxido de hierro procesados a altas temperaturas y mezclados con yeso. El nombre obedece a la similitud en el aspecto del cemento endurecido con una piedra que abunda en Pórtland Inglaterra.

Fue patentado en 1824, por Joseph Aspdin con un proceso que fue perfeccionado alguno años más tarde por Isaac Jonson. Este material tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia del agua,

presentándose un periodo de reacción química que se conoce como hidratación.

Densidad. Es la relación entre la masa de una cantidad dada y el volumen absoluto de esa masa, su valor varía muy poco, y en un cemento Pórtland normal, suele estar muy cercano a 3.15 Gr/ cm³, en el caso de los cementos adicionados es menor porque el contenido de Clinker por tonelada de cemento es inferior y su valor normalmente es del orden de 2.90 Gr/cm³, dependiendo del porcentaje de adiciones.

En realidad la densidad del cemento no indica directamente la calidad del mismo, pero a partir de ella se puede deducir otras características cuando se analiza el conjunto con otras propiedades.

Consistencia, El proceso de molienda de Clinker y de yeso determina la finura del cemento que es el tamaño de las partículas de cemento, la finura es una de las propiedades físicas más importantes del cemento, ya que está íntimamente ligada con la velocidad de hidratación, desarrollo de calor, retracción y aumento de la resistencia.

Puesto que la hidratación de los granos de cemento se inicia desde la superficie de cemento constituye un parámetro determinante para regular la velocidad de hidratación.

Así un cemento con partículas de muchas áreas específicas, o sea de alta finura, endurece con mayor velocidad y tiene un desarrollo rápido de resistencia.

Sin embargo un alto grado de finura representa un costo considerable debido a que aumenta el tiempo de molienda y cuanto más fino sea el

cemento se deteriora con mayor rapidez, debido a que adsorbe más fácilmente la humedad del aire.

Adicionalmente liberan mayor cantidad de calor de hidratación ocasionando mayor retracción y por lo tanto son más susceptibles a la fisuración, pero un cemento fino exuda menos que uno más grueso, debido a que retiene mejor el agua al tener mayor superficie de hidratación. Por otro lado los cementos con partículas muy gruesas se hidratan muy lentamente, lo que puede producir exudación de agua por su escasa capacidad para retenerla.

De hecho la hidratación de las partículas de cemento es muy lenta y se estima que su velocidad es del orden de 3.5 micras, en 28 días. Esto significa que las partículas relativamente gruesas pueden durar varios años en hidratarse e incluso no llegar a hacerlo nunca en forma interior, quedando dentro de ellas el núcleo inerte, lo cual se traduce en disminución de la resistencia a la compresión.

La finura se puede medir por métodos directos e indirectos y se expresa por el área superficial de las partículas contenidas en un grano de material, lo cual se denomina superficie específica, y se mide en Cm^2/Gr .

Falso fraguado, Es el fenómeno que ocurre a la pasta de cemento cuando adquiere una rigidez prematura y anormal, dentro de los primeros minutos después de mezclar el cemento y el agua. A diferencia del fraguado relámpago esto no despidе calor en forma apreciable y si la pasta se remezcla sin adicionar agua, se establece su plasticidad sin efectuar el fraguado y la resistencia.

Este fenómeno se debe a que en algunas ocasiones cuando las temperaturas en los molinos son superiores 100 C, se puede presentar

deshidratación total o parcial del yeso, que como ya se dijo, es el regulador del fraguado del cemento

Esta rigidación es producto de la hidratación del yeso y para regresar la pasta de cemento a su estado de trabajabilidad inicial simplemente se prolonga el tiempo de mezclado sin adicionar agua, porque ésta alteraría la relación agua / cemento y por consiguiente disminuirá la resistencia.

Tiempo de fraguado, Este término es utilizado para describir la rigidez de la pasta es decir para especificar el cambio de estado fresco a endurecido, aunque durante el fraguado la pasta adquiere cierta resistencia, para efectos prácticos es conveniente distinguir el fraguado del endurecimiento, pues este último se refiere al incremento de la resistencia de una pasta de cemento fraguada.

El fraguado inicial es el tiempo que transcurre desde la pasta plástica que se forma cuando el cemento se mezcla con agua y va perdiendo su fluidez, hasta llegar a un momento en que ya no tiene toda su viscosidad y se eleva su temperatura, lo cual indica que el cemento se encuentra parcialmente hidratado.

El fraguado final se define como el tiempo que transcurre hasta que la parte de cemento deja de ser deformable con cargas relativamente pequeñas, se vuelve rápida y llega a la máxima temperatura, lo cual indica que el cemento se encuentra aun más hidratado y la pasta ya está dura.

A partir de este momento empieza el proceso de endurecimiento de la pasta y la estructura de cemento fraguado va adquiriendo resistencia mecánica.

Los parámetros que afectan de mayor manera el tiempo de fraguado son los siguientes:

- Composición química del cemento los que tienen un alto contenido de C3A, y C2S fraguan más rápido así como los que contienen poco yeso.
- Finura del cemento, mientras mayor sea la velocidad de hidratación los tiempo se fraguado son menores.
- Agua de amasado, a mayor cantidad de agua el fraguado es mas rápido
- Temperatura ambiente, a mayor temperatura ambiente se obtienen menores tiempos de fraguado, por tanto las reacciones químicas de hidratación se aceleran con el aumento de temperatura.

4.2.2 Agregados, Son cualquier sustancia sólida o partículas añadidas intencionalmente al concreto que ocupan un espacio rodeado por pasta de cemento, de tal forma que en combinación con ésta proporcionan resistencias mecánicas, al mortero o concreto en estado endurecido y controlan los cambios volumétricos que normalmente tiene lugar durante el fraguado del cemento, así como los que producen por las variaciones en el contenido de humedad de las estructuras.

La calidad de los agregados está determinada por el origen, por su distribución granulométrica, densidad, forma y superficie.

Se han clasificado en agregados grueso y fino, fijando un valor en tamaños de 4.76 mm a 0.075 mm, para el fino o arena y de 4.76 mm en adelante para el agregado grueso, frecuentemente la fricción de

agregados grueso es subdividida dentro del rango, tales como 4.76 mm a 19 mm para la gravilla y de 19 mm a 51 mm para la grava la selección del tamaño de agregado grueso para un concreto reforzado está en función del tipo de estructura y la separación de la armadura.

Clasificación de los Agregados, la clasificación de los agregados para concreto, generalmente se hace desde el punto de vista de su procedencia, tamaño y densidad.

Según su procedencia, Pueden ser naturales o artificiales, los agregados naturales se obtienen de la explotación de depósitos de arrastre fluvial, glacial y de canteras de diversas rocas piedras naturales. Los agregados artificiales son los que se tienen a partir de procesos industriales, como la arcilla expandida, escorias de altos hornos, Clinker y limaduras de hierro entre otras.

Según su tamaño, La forma empleada para clasificar los agregados naturales es según su tamaño, la cual varía desde fracciones de milímetros hasta varios centímetros en sección transversal, la distribución de tamaño se conoce con el nombre de granulometría.

El contenido de arcilla y limo en una mezcla de concreto es un factor que se debe limitar porque cuando hay un exceso de las mismas, hacen que sean mayores los requerimientos de agua y pueden restar adherencia entre el agregado grueso y la pasta de cemento.

Según su densidad, Es la propiedad que relaciona la cantidad de masa con el volumen que ocupa, se clasifica tanto los agregados naturales como los artificiales.

Granulometría. Es la composición en porcentaje, de los diversos tamaños de agregados en una muestra, esta proporción suele indicar de mayor a menor tamaño, por una cifra que representa, en peso el porcentaje parcial de cada tamaño que pasó o quedó retenido en los diferentes tamices que se usan obligatoriamente para tal medición.

Para obtener un buen concreto es necesario que la mezcla de la arena y de la piedra logre una granulometría que proporcione masa unitaria máxima, puesto que con esta condición el volumen de los espacios entre partículas es mínimo y por consiguiente la cantidad de pasta es necesaria para pegarlos y para llenar los espacios entre ellas, el tamaño de un agregado se define mediante el empleo de un tamiz de referencia.

El tamaño máximo nominal se relaciona con la facilidad y posibilidad de llenar los moldes o encofrados o que no puedan pasar entre las varillas. El tamaño máximo es la quinta parte de la dimensión menor entre ellos y los lados de la formaleta, como el tamaño máximo no puede definirse de manera garantizada una granulometría caso no se usa.

La granulometría se relaciona directamente con la facilidad de colocación del concreto y con las resistencia mecánica a través de los diferentes posibilidades de densidad compacidad, aunque el acomodo de las partículas en la mezcla no solo depende de ellas, sino de la forma y textura de los granos.

La granulometría de la arena tiene mayor influencia sobre trabajabilidad que la del agregado grueso, en razón de mayor valor de superficie específica. Desde el punto de vista de la resistencia a la compresión, mezcla de gradación discontinuas, pero bien estudiadas ofrecen elevadas resistencias desde el punto de vista de la trabajabilidad, el exceso de retención en uno o varios tamices hace que la mezcla se comporten como

si no tuvieran suficiente pasta, por lo cual algunas especificaciones recomiendan no emplear agregados que retengan en algún tamiz mas del 40 %.

Densidad, Se clasifica en tres, es una de las propiedades del agregado que depende directamente de la roca original de donde proviene y está definida como la relación entre la masa y el volumen de una masa determinada.

Los poros saturables son aquellos que están concentrados con el exterior de las partículas y no están conectados con la superficie.

Densidad absoluta, Es la relación entre la masa la de las partículas y su volumen absoluto el cual excluye el volumen de masa sólida o sea se excluyen todos los poros saturables y no saturables.

Densidad nominal, Es la relación que existe entre la masa de las partículas y el volumen nominal que es el que ocupa las partículas de ese material, incluyendo los poros no saturados.

Densidad aparente Es la relación entre la masa de las partículas y su volumen aparente que incluye el volumen de los poros saturables y no saturables que hay dentro de las partículas.

La densidad aparente es la más importante debido a que con ella se determina la masa de agregados requerido para un volumen unitario de concreto, porque los poros interiores dentro de las partículas de agregados van a ocupar un volumen dentro de la masa de concreto y por que el agua que se deja dentro de los poros saturables no hace parte del agua de mezcla.

Porosidad y absorción Se puede determinar, cuanto más poroso es, menos resistencia mecánica tiene, por lo tanto, cuanto menor sea la absorción es mas compacto y de menor calidad.

Desde el punto de vista de la porosidad y la capacidad de absorción de agua, el grano de agregado puede presentar una de las siguientes cuatro posibilidades.

1. Absolutamente seco, con todos los poros vacíos internos y superficiales.
2. Seco al aire, o exteriormente con parte de la masa y los poros internos llenos.
3. Saturados y superficialmente saturados, con todas las masas y los poros internos y superficie llena pero con la superficie seca.
4. Húmedo, cuando además de llenos todos sus poros, internos y superficiales y de saturado toda la masa húmeda se acumula en la superficie.

Contenido de arcilla La presencia excesiva de tamaños muy pequeños en la grava y en la arena puede afectar el comportamiento deseado de la mezcla de concreto, perjudicando el fraguado y la adquisición mecánica de este, en el caso de aparición de finos en las gravas es posible que estos pasen a engrosar parte de la granulometría de la arena, ya que sus granos quedan comprendidos en esos tamaños.

Desde luego la presencia excesiva de finos puede plantear la mayor avidez de agua y con ella crear una pasta fina que envuelva los granos de agregados y dañe sus condiciones de adherencia, esta misma avidez de agua puede llegar a afectar las condiciones de trabajabilidad. El lavado se usa para remover cantidades excesivas de partículas finas que son consideradas dañinas para la buena calidad del concreto y es uno de

los pasos que se usan los productores de agregados en la producción de los mismos.

Si hay exceso de partículas finas cubriendo los agregados resultará una inadecuada adhesión entre la pasta de cemento endurecido y el agregado esto puede causar bajas resistencias a la compresión, durabilidad reducida y en algunos casos estallidos, donde existen agregados recubiertos de polvo en cercanías a la superficie del concreto además la presencia de material fino incrementa la demanda de agua en el concreto.

Materia orgánica, En algunos casos se puede encontrar presencia de altos contenidos de materia orgánica en losa de agregados. Los menos perjudiciales son los de tipo visible, tales como ramas o raíces ya que pueden ser fácilmente detectadas y removidas.

El peligro lo significa en mayor proporción la materia orgánica no visible que se impregna o se adhiere a los agregados la presencia de elevadas cantidades de ese tipo de sustancias puede interferir con las reacciones químicas de la hidratación del cemento así como, también puede resultar en un concreto de menor resistencia y puede afectar la velocidad de reacción de cemento, ocasionando retrasos considerables en su tiempo normal de fraguado.

Masa unitaria suelta, la conexión entre la masa del material que cabe en un determinado recipiente y el volumen de ese, de una cifra llamada masa unitaria si la colocación de los agregados dentro del recipiente se ha hecho por simple efecto de la gravedad desde una cierta altura de caída.

Masa unitaria compacta, cuando la colocación se hecho por capas posteriormente compactados por golpes de una barra metálica, además

es otro buen índice para conocer la calidad del agregado, puesto que cuanto mejor sea nuestra granulometría mayor es su valor numérico.

4.2.3 Concreto Fresco, se lo puede definir como la mezcla aglutinante, un material de relleno (agregados), agua y eventualmente aditivos que al endurecerse forma un sólido compacto y después de un cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión.

Se ha convertido en el material de construcción más ampliamente utilizado a nivel mundial, en razón a su extraordinaria versatilidad en cuanto a las formas que se pueden obtener sus propiedades físicas y mecánicas para ser usado como el elemento estructural y su economía, razón que lo hace muy competente frente a construcciones de madera, mampostería o acero.

Asentamiento, es una medida de la consistencia del concreto, que se refiere al grado de fluidez de la mezcla esto indica que tan seca o fluida está cuando se encuentra en estado plástico y no constituye por sí misma una medida directa de la trabajabilidad.

Pasta de Cemento, es el conjunto de cemento agua aire, y sobre ella se puede realizar ensayos que permitan determinar la calidad y propiedades del cemento.

Consistencia Normal, es la propiedad que indica el grado de fluidez a la dificultad con que la pasta puede ser manejable. Los cementos Pórtland, pueden definirse entre sí en cuanto requerimiento de agua, la diferencia es aun mayor en los que tienen adiciones, los cuales tienen requerimientos de agua más altos que los cementos normales, esto por su mayor superficie específica.

La cantidad de agua que se le agrega al cemento, le proporciona una determinada fluidez, esta propiedad aumenta al incrementarse el contenido de agua.

4.2.4 Ensayos de materiales

CEMENTO

Determinación de la finura,
Peso específico

NORMA

NTC 226 – 294
NTC221

PASTA DE CEMENTO

Calor de hidratación
Consistencia normal
Falso fraguado
Tiempo de fraguado

NTC 117
NTC 110
NTC 297
NTC 118 – 109

AGREGADOS

Contenido de arcilla
Contenido de humedad
Densidad y absorción
Resistencia al desgaste
Masa unitaria suelta y compacta
Contenido de materia orgánica
Granulometría

NTC 78
NTC 1776
NTC 176 –237
NTC 98 –93
NTC 92
NTC 127
NTC 77

CONCRETO FRESCO

Temperatura
Asentamiento
Curado de cilindro 6"x12"

NTC 3357
NTC 396
NTC 1377

Masa unitaria y rendimiento	NTC 1926
Exudación	NTC1294
Contenido de aire	NTC 1032-1028
Tiempo de fraguado	NTC 890

CONCRETO ENDURECIDO

Refrentado de cilindros	NTC 3708
Resistencia a la compresión	NTC 673
Módulo de rotura	NTC 2871
Módulo de elasticidad relación de POISSON	NTC 4025
Tracción indirecta de cilindros	NTC 722

4.2.5 Icopor, conocido popularmente con el nombre de icopor es un polímero vinílico, resultado de la polimerización del estireno monómero.

Se distinguen varios tipos de poliestirenos con propiedades diferentes que permiten a su vez la producción de una diversidad de artículos para usos variados. Existen dos tipos básicos de resinas de poliestireno:

Poliestireno de uso general o Poliestireno cristal (GPPS)

Poliestireno de alto impacto (HIPS)

A partir del poliestireno de uso general se obtienen otras variedades de poliestireno como el expandido que se prepara por polimerización en suspensión del estireno en presencia de agentes soplantes y a partir de él se obtienen las espumas aislantes.

El poliestireno de alto impacto se obtiene mediante la adición de partículas de caucho al poliestireno de uso general lográndose así un

material blanco translúcido de mayor resistencia y flexibilidad. Puede ser procesado por los métodos de inyección, soplado y termoformado.

El primer poliestireno de uso general se introdujo comercialmente en los Estados Unidos en el año de 1938 y el primero de alto impacto en el año 1948.

1-Características

2-Transparencia

3-Baja resistencia al impacto

4-Muy baja elongación

5-Buen brillo

6-Liviano

Permite ser procesado en un amplio rango de temperaturas.

Puede lograrse una modificación significativa de sus propiedades adicionándole caucho (butadieno) para incrementar su resistencia al impacto y su elongación aunque sacrificando la transparencia. Las resinas de poliestireno de alto impacto son apropiadas para aplicaciones finales que requieren principalmente alta rigidez, buena elongación y estabilidad dimensional.

Entre las múltiples aplicaciones se encuentran los artículos para empaque, vasos, platos y cubiertos desechables, carcasas para radios, televisores, computadores, muebles, sanitarios, juguetes, construcción acabados etc.

Propiedades Generales, El icopor puede aplicarse en los siguientes campos: protección térmica para elementos de construcción aislantes y soluciones modulares en construcción, elementos de encofrado y entalladura, placas de construcción ligera, llenado de espacios huecos, materiales elásticos para aislamiento acústico al ruido de choques,

bloques y placas para fundación de calzadas, aislamiento de espacios congelados, naves de almacén, muebles fríos, depósitos, tuberías, tanques de líquidos, embalajes, centros de alerones, revestimiento interior del techo de automóviles, perfiles, barras, placas para decoración, elementos de conformación. Ver cuadro 1

Cuadro 1 Propiedades físicas del icopor

Modelos de protección de calidad	Comprobación según	Unidad	Resultado de la comprobación		
			PS 15 SE	PS 20 SE	PS 30 SE
Densidad mínima aparente	DIN 53420	kg/m ³	15	20	30
Clase de material de construcción	DIN 4102		B1 poco inflamable	B1 poco inflamable	B1 poco inflamable
Conductibilidad del calor					
Valor característico según DIN 4108		W/(m·K)	0,040	0,040	0,035 0,040
Absorción de agua en el caso de conservación subacuática según 7	DIN 53428 DIN 53433	Vol.-%	3,0	2,3	2,0

El icopor es una espuma rígida de poliestirol con equipamiento de protección contra incendios que ha sido clasificado en la clase de material de construcción B1, poco inflamable, y que puede valorarse como ardiente goteante.

Cómo se comporta el icopor en caso de incendio.- Inflamabilidad, propagación de llamas: Las espumas de icopor empiezan a reblandecerse poco a poco a una temperatura superior a los 100 °C y se encogen al hacerlo. Si siguen calentándose, se funden. Si el calor continúa aplicándose a estas espumas, de la masa fundida se desarrollan productos combustibles de descomposición en forma de gas, los cuales forman gases inflamables en incendios con unas condiciones de temperatura superior a los 350 °C.

Si no hay ninguna fuente de encendido, los productos térmicos de descomposición se empiezan a encender a partir de una temperatura entre los 450 y los 500 °C. Hasta estas temperaturas el icopor no es inflamable por sí mismo ni puede empezar a arder sin llama.

La espuma de icopor se encoge con el breve contacto de una llama, p. ej., de una cerilla, desde la fuente de encendido sin inflamarse.

Generación de calor: La generación de calor también forma parte de los criterios técnicos de protección contra incendios. El poliestirol tiene un valor calorífico de $HU = 11,0 \text{ kWh/kg}$ ($39,6 \text{ MJ/kg}$). Gracias a su masa mínima, la mayoría de las veces los materiales aislantes de espuma rígida de icopor sólo contribuyen de forma mínima a la generación de calor en caso de incendio. Ejemplo: las placas aislantes de techo de un espesor de 80 mm del tipo de protección de calidad PS 20 SE pueden generar un calor máximo de $17,6 \text{ kWh/m}^2$ ($63,4 \text{ MJ/m}^2$).

ANEXO F. DISEÑO METODOLOGICO

5.1 TIPO DE ESTUDIO

Se considera experimental debido a que con el se seguirán los estudios y etapas del método científico y el análisis de unos resultados que se derivan de los obtenidos en el laboratorio de ensayo de materiales.

Se experimentara con un concreto elaborado con agregado; grueso y fino, cemento como pasta pegante e icopor como material aligerante.

5.2 METODO

Debido que la investigación se va hacer por etapas se considera aplicar el método analítico ya que a través de las observaciones de un hecho de interés como el producir y aplicar si es posible este concreto en edificaciones como la aplicación del concreto normal, dependiendo de la resistencia a la flexión, compresión y las deformaciones laterales que se obtengan con los resultados.

El método inductivo es integración de la observación y el estudio analítico se considera aplicativo a esta investigación ya que se parte de la observación y el análisis de unos ensayos de laboratorio, que serán resultados particulares para luego llegar a unas conclusiones resultantes de la experiencia.

5.3 TÉCNICAS DE RECOLECCION DE INFORMACIÓN

La recolección de información de los datos se los realizaran de la siguiente manera:

5.3.1 Técnicas de recolección de información primaria.- La información necesaria para poder realizar esta investigación se deriva de lo siguiente.

-Observación derivada de los ensayos de laboratorio de tecnología del concreto se llevara acabo los siguientes ensayos.

Cemento	Pasta de cemento	Agregados
		Grueso-fino
Densidad	Consistencia	Granulometría
Finura	Falso fraguado	Densidad
	Tiempo de fraguado	Masa Unitaria Compacta
		Masa Unitaria Suelta
		Absorción
		Contenido de arcilla
		Materia Orgánica

5.3.2 Técnicas de recolección de información secundaria.- Para el estado del arte de la investigación es necesario consultar como fuente de información documental los siguientes.

Biblioteca de la Corporación Universitaria de la Costa Biblioteca Electrónica de la C.U.C

Sala de Internet de la C.U.C

Sala de Internet de Postgrado de la C.U.C

Archivos de Kangupor Ltda. Sección Losa Fácil

5.4 INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE INFORMACIÓN

Los pasos a seguir son de manera siguiente:

5.4.1 Instrumento de recolección de información primaria.- Para la recolección de información se hará por medio de:

Un cuestionario de entrevistas

Formato de observación de ensayos

5.4.2 Instrumentos de recolección de información secundaria.- La información necesaria para dicha investigación se ha extraído de los siguientes fuentes.

Libros de referencia de concreto ligero

Revistas especializadas en el tema del concreto

Tesis y proyectos relacionados con el tema de concreto ligero

Boletines de empresas dedicadas a la producción de mezcla de concreto

Documentos de Internet.

ANEXO G. RECURSOS DESPONIBLES

Para poder desarrollar el proyecto del concreto ligero con icopor disponemos de los siguientes recursos.

6.1 RECURSOS INSTITUCIONALES

El estudio centrará sus ensayos en cada uno de los componentes del concreto ligero, los cuales irán relacionados en el laboratorio de la Corporación Universitaria de la Costa, lo cual comprende.

Laboratorio de tecnología del concreto

6.2 RECURSOS HUMANOS

Para llevar a cabo la elaboración de cada una de las etapas de cuenta con un cuerpo de personal de asesores técnicos:

Ing. Leda Piñeres Cabarcas, Director del proyecto

Lic. Javier Jaramillo Colpas, Asesor

Para la parte metodológica se cuenta con:

Ing. Diana De la Ossa Hurtado

Personal del laboratorio

Ing. Harrison

Para llevar a cabo la parte de los ensayos de laboratorio de la idealización de cada estos se cuenta con el grupo de estudiantes de ingeniería los cuales son los directos interesados en esta investigación

ANEXO H. PRESUPUESTO

Para la elaboración del presupuesto se tomaron en cuenta cada uno de las siguientes actividades de acuerdo al curso de la investigación de la tesis

Descripción	unidad	cantidad	v unitario	parcial
Transcripciones	un	1	150000	150000
Transporte	glo	4	200000	800000
Alquiler de camisas	un	240	2000	480000
Equipos herramientas	un	3	60000	180000
Agregado Grueso	m3	6	100000	600000
Agregado Fino	m3	6	23000	138000
Icopor	Kg	10	70000	700000
TOTAL				3048000

ANEXO I. PLAN DE TRABAJO

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

1 DESCRIPCION DE LOS MATERIALES

1.1 CEMENTO

1.2 AGREGADOS

1.3 AGUA

1.4 ICOPOR

1.5 ADITIVOS

CAPITULO II

2 RESISTENCIA A LA COMPRESION

2.1 TABLAS COMPARATIVAS

CAPITULO III

3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 GRAFICAS DE LOS ENSAYOS

3.2 RECOMENDACIONES

CAPITULO IV

CONCLUSION

BIBLIOGRAFIA

*paciencia que han ayudado
en este logro para llegar a ser
un ingeniero civil.*

*También dedico este triunfo
a mis compañeros que en
armonía y trabajo arduo
hemos salido adelante para
desarrollar esta tesis.*

Gracias

Elkin Millian Yaguna