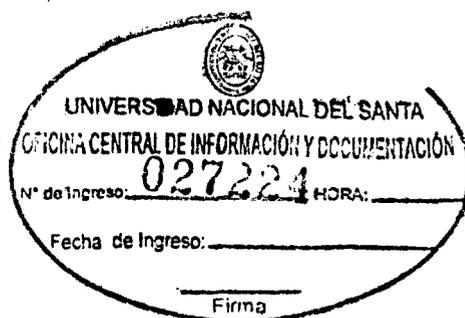




UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL.**

**“DETERMINACIÓN DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO
A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA
PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE”**

BACHILLERES:

**BRUNO CASTILLO, EDUARDO ADOLFO.
PERALTA LÓPEZ, JUAN CARLOS.**

ASESOR:

ING. FELIPE VILLAVICENCIO GONZÁLEZ.

CHIMBOTE - PERU

2014

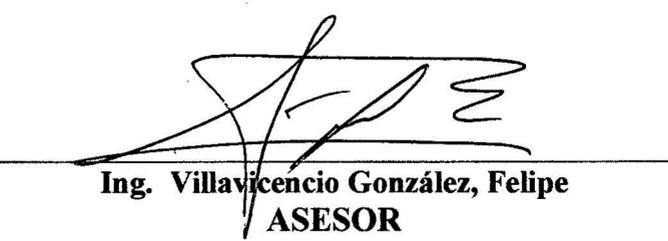
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**“DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO
A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA
PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE”**

REVISADO POR:


Ing. Villavicencio González, Felipe
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL.

**“DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO
A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA
PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE”**

BACHILLERES:

BRUNO CASTILLO, EDUARDO ADOLFO.
PERALTA LÓPEZ, JUAN CARLOS.

SUSTENTADA Y APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO EL DIA
MIÉRCOLES 29 DE OCTUBRE DEL 2014.


Ing. Julio Rivasplata Díaz
Presidente


Ing. Felipe Villavicencio González
Secretario


Ing. Rubén López Carranza
Integrante



DEDICATORIA.

A **DIOS**, quien me guía con su luz y verdad y está presente en todos los pasos de mi vida.

A mi Madre **Ana Margot, Julissa, Beatriz** por estar siempre presente con ese amor incomparable, sabios consejos, abnegada labor y enseñarme a valorar todas las cosas que se logran en la vida. A mi Padre **José Requena**, porque de ti aprendí a diferenciar las cosas buenas de las malas, y que no todo es fácil en la vida.

A mis hermanos **Jeyson, Fabiola, Jhoanna, Adriana, Xiomara, Abril, Luis Ernesto, Allcira, Rosita** por esa unidad, por su cariño, por ese apoyo incondicional y por ser también mis motivos para seguir adelante.

A mis entrañables Amigos, **José, Héctor, Gherson**, por esos desvelos, paciencia y el apoyo frente a las adversidades y a ti **Cinthia**, por esa amistad que alguna vez existió entre nosotros, la cual no puedo definirla con palabras, pero si intuir su grandeza.

EDUARDO BRUNO



DEDICATORIA

A **DIOS**, por regalarme la vida y por guiarme en cada paso que doy en ella.

A mi Madre **Ruth López**, por ser la mujer que siempre cuidó de mí desde que estuve en su vientre, por dedicarme su vida entera, por estar siempre a mi lado, porque de ti aprendí que ante todas las adversidades de la vida uno no puede dejar vencerse. A mis amigos compañeros de aula en especial a **David y Oti** porque siempre estuvieron para apoyarme en los momentos más complicados de mi vida y su buena influencia formó parte de mi desarrollo personal y profesional.

A mis sobrinos **Alejandro, Fátima, Juan Diego, Renzo, Mateo y Evans** porque formaron el motivo más grande que tengo para salir adelante y por ellos seguir creciendo para ser el apoyo que necesitan para su desarrollo. A todas las personas que cruzaron mi camino porque de lo bueno conseguí la experiencia necesaria para saber escoger entre el camino del bien y el mal.

JUAN PERALTA



AGRADECIMIENTO

En forma muy especial agradecemos a Dios, a nuestros padres, hermanos y familiares; por estar siempre presentes, por ese cariño y apoyo incondicional en todo momento.

A nuestros amigos de ayer, hoy y siempre, por los consejos, la motivación y el apoyo que nos brindaron oportunamente para dar un paso más en nuestra vida profesional.

A nuestro asesor Ing. Felipe Villavicencio González, por su orientación y apoyo durante el desarrollo de la presente Tesis.

Al Ing. José Rodríguez Ríos, Supervisor de Control de Calidad de la empresa DINO SRL, por su guía y apoyo incondicional y desinteresado durante el desarrollo de nuestra tesis.

A nuestros Docentes y Secretaria de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, por los conocimientos brindados, dándonos una formación ética y profesional.

A todos muchas gracias, pues en el momento en que las palabras no son suficientes para expresar lo que el alma desea, simplemente queda decir aquello que por su significado extenso y sin límites es, GRACIAS.

BRUNO & PERALTA



INDICE

RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCION	01
CAPITULO I	
ASPECTOS GENERALES	
1.1 ASPECTOS INFORMATIVOS.	04
1.1.1 TITULO.	04
1.1.2 TIPO DE INVESTIGACION	04
1.1.3 UBICACIÓN.	04
1.2 PLAN DE INVESTIGACION.	04
1.2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	04
1.2.2 OBJETIVOS.	07
1.2.2.1 OBJETIVO GENERAL	07
1.2.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.	07
1.3 VARIABLES.	08
1.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.	08
1.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE.	08
1.4 TIPO DE DISEÑO.	09
1.5 ESTRATEGIA DE TRABAJO.	10
1.5.1 METODO DE ESTUDIO	10
1.5.2 TECNICAS DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	12
1.5.3 TECNICAS DE PROCEDIMIENTO DE DATOS, INTERPRETACION	13
CAPITULO II	
MARCO TEORICO	
2.1 CEMENTO.	15
2.1.1 GENERALIDADES.	15
2.1.2 CEMENTOS HIDRAULICOS.	15
2.1.3 PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS CEMENTOS.	17
2.2 CEMENTANTES DEL CONCRETO HIDRAULICO.	23
2.2.1 PROPIEDADES ESPECIALES DE LOS CEMENTOS.	25
2.2.2 CEMENTOS PRODUCIDOS ACTUALMENTE EN PERU.	27
2.3 AGREGADOS.	30
2.3.1 CONCEPTO.	30
2.3.2 AGREGADO FINO.	31
2.3.2.1 DEFINICION.	31
2.3.2.2 REQUISITOS.	31
2.3.2.3 GRANULOMETRIA.	32
2.3.3 AGREGADO GRUESO.	33
2.3.3.1 DEFINICION.	33
2.3.3.2 CARACTERISTICAS.	33
2.3.3.3 GRANULOMETRIA.	34
2.3.3.4 TAMAÑO MAXIMO.	34
2.3.3.5 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL.	35
2.3.4 PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS.	35
2.3.4.1 DENSIDAD.	35
2.3.4.2 DUREZA.	36
2.3.4.3 POROSIDAD.	36
2.3.4.4 RESISTENCIA.	37
2.3.4.5 MODULO DE ELASTICIDAD.	38
2.3.4.6 PROPIEDADES TERMICAS.	39
2.3.5 ENSAYOS DE LOS AGREGADOS PARA DISEÑO DE MEZCLA.	40



2.3.5.1 GRANULOMETRIA.	40
2.3.5.2 PESO UNITARIO.	40
2.3.5.3 PESO ESPECÍFICO.	41
2.3.5.4 CONTENIDO DE HUMEDAD Y ABSORCION.	41
2.4 AGUA.	42
2.4.1 CONCEPTOS GENERALES.	42
2.4.2 REQUISITOS DE CALIDAD.	43
2.5 ADICIONES Y ADITIVOS.	45
2.5.1 DEFINICION.	45
2.5.2 CLASIFICACION.	46
2.5.3 ADITIVOS USADOS EN PLANTA DINO SRL.	46
2.6 CONCRETO.	48
2.6.1 CONCEPTO.	48
2.6.2 PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO.	49
2.6.2.1 ESTRUCTURA INTERNA DEL CONCRETO.	49
2.6.2.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO.	49
2.6.2.3 PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO.	52
2.6.3 CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO.	54
2.6.3.1 REQUERIMIENTOS BASICOS PARA UN BUEN CONCRETO	54
2.6.4 DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO.	55
2.6.4.1 METODO ACI.	55
2.7 PROPIEDADES MECANICAS Y MODULO DE ELASTICIDAD.	61
2.7.1 ELASTICIDAD Y LEY DE HOOKE.	61
2.7.1.1 LEY DE HOOKE.	61
2.7.1.2 LIMITE DE ELASTICIDAD.	64
2.7.2 ASPECTOS GENERALES.	65
2.7.3 RESISTENCIA A LA COMPRESION.	67
2.7.4 PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA.	69
2.7.5 RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LA ESTRUCTURA REAL.	78
2.7.6 RESISTENCIA A LA TRACCION DEL CONCRETO.	80
2.7.7 MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO.	87
2.7.8 MODULO DE POISSON DEL CONCRETO.	90
2.7.9 MECANICA DE LA FRACTURA DEL CONCRETO EN COMPRESION.	91
CAPITULO III	
MATERIALES Y METODOS	
3.1 METODO DE ESTUDIO.	96
3.2 MATERIALES.	97
CAPITULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIONES	
4.1 RESULTADOS.	100
4.2 DISCUSIONES.	102
CAPITULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 CONCLUSIONES.	104
5.2 RECOMENDACIONES.	106
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	107
ANEXOS	108



RESUMEN.

El presente trabajo de investigación consiste en determinar experimentalmente el Módulo de elasticidad estático a compresión de cilindros de concreto bajo esfuerzos de compresión longitudinal, éstas muestras fueron extraídas de la Planta Concretera DINO-CHIMBOTE y ensayados bajo la Norma ASTM C-469 vigente, para luego comparar dicho resultado con la Norma ACI 318-11, 8.5.1 y el Reglamento Nacional De Edificaciones, Concreto Armado E-060, ítem 8.5.1.

La variación de los resultados obtenidos experimentalmente según la Norma ASTM C-469, y los obtenidos de las fórmulas de la Norma ACI-318-11, 8.5.1 y RNE, Concreto Armado E-060, ítem 8.5.1, fueron evaluados tomando en cuenta una muestra estadísticamente aceptable, para la cual hemos considerado 30 muestras de cilindros de concreto.

De la misma manera, se determinó un factor de corrección "k" y se reajustó la fórmula citada en la Norma ACI 318-11, 8.5.1 y del Reglamento Nacional de Edificaciones, Concreto Armado E-060, ítem 8.5.1 para ser aplicado en el Análisis de Estructuras en la ciudad de Chimbote.



ABSTRACT

This research is to experimentally determine the Static Modulus of Elasticity of Concrete in Compression of molded concrete cylinders under longitudinal compression stress, these samples were taken from DINO-CHIMBOTE and tested under ASTM C-469 in force, to compare that result with the Standard ACI 318-11, 8.5.1 and RNE Reinforced concrete E-060, 8.5.1.

The variations of the results obtained experimentally according to ASTM C-469 and according to the Standard ACI 318-11, 8.5.1 and RNE, Reinforced concrete, E-060, 8.5.1, were evaluated taking into consideration 30 samples of cylinders concrete.

Similarly, a correction factor "k" was determined and formula cited in ACI 318-11, 8.5.1 and RNE, reinforced concrete, E-060 8.5.1, standard readjusted to be applied in the Analysis of Structures in Chimbote City.



INTRODUCCION.

El concreto es el material mas usado en la construcción, debido a las ventajas que presenta por ser un material que utiliza recursos locales, es económico, muy versátil en sus aplicaciones y resistente.

El concreto es un material heterogéneo o anisotrópico, mezcla de dos componentes básicos: La pasta de cemento hidratado y los agregados, y por lo tanto sus características están afectadas por las propiedades de éstos componentes.

En general se considera que la resistencia es la propiedad más importante del concreto, aunque en muchos casos pueden ser la durabilidad e impermeabilidad las más importantes. La imagen general de la calidad de un concreto por la resistencia viene que la misma es de una importancia significativa en el diseño y desempeño de las estructuras de concreto. Sabemos que la resistencia es afectada por las propiedades de la pasta de cemento hidratado, en especial la relación agua/cemento, también por la relación cemento/agregados; la granulometría, textura superficial, forma, resistencia y rigidez del agregado. Es importante también la adhesión pasta de cemento – agregado.

De lo anterior, resulta que tomando en cuenta que los agregados ocupan del 60% al 75% del volumen del concreto, su influencia en la resistencia del concreto es significativa.

Íntimamente relacionada con la resistencia está la deformación. A cualquier esfuerzo siempre hay asociada una deformación y viceversa. Asimismo, hay deformaciones que pueden ser causadas por otras causas como (humedad o temperatura) que las debidas a la aplicación de cargas y que la relación entre



el esfuerzo y la deformación en una forma integral es de sumo interés en el Análisis estructural.

El interés que involucra por investigar acerca del Módulo de Elasticidad Estático a Compresión del Concreto (Modulo de Young) producido en la Planta Concretera DINO – CHIMBOTE, radica en la falta de información sobre dicho valor para la ciudad de Chimbote.

Actualmente para el análisis de estructuras de Concreto se aplica la Norma ACI 318-11, 8.5.1 y el Reglamento Nacional de Edificaciones, Concreto Armado, E-060 Ítem 8.5.1, para obtener el Módulo de Elasticidad Estático a Compresión del concreto, que es un parámetro que varía con las diferentes resistencias del concreto, con la edad de éste, con el tipo de carga, con la esbeltez y tamaño del espécimen, velocidad de carga y con las características del cemento y los agregados.

El conocimiento y resultado de esta experiencia confirman que es una propuesta válida realizar un reajuste a la fórmula citada por el ACI 318-11, 8.5.1 para poderse aplicar en el análisis de estructuras en la Ciudad de Chimbote.

Indudablemente de la investigación realizada se modificará las ecuaciones propuestas por el ACI 318-11, 8.5.1 y del Reglamento Nacional de Edificaciones, Concreto Armado, E-060, Ítem 8.5.1 para la estimación del Módulo de Elasticidad Estático a Compresión del Concreto.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES



CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. ASPECTOS INFORMATIVOS

1.1.1. TÍTULO:

"DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

1.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN:

Investigación Experimental

1.1.3. UBICACION:

CIUDAD : CHIMBOTE
DISTRITO : NUEVO CHIMBOTE
PROVINCIA : SANTA
DEPARTAMENTO : ANCASH
REGION : ANCASH

1.2. PLAN DE INVESTIGACION.

1.2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

En Chimbote y Nuevo Chimbote, el principal proveedor de concreto premezclado es la empresa Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L (DINO S.R.L) el cuál es el principal abastecedor de concreto premezclado en la ciudad.

Dentro de los parámetros que se usan para cumplir con los requisitos especificados en el control de calidad del concreto tenemos: En estado fresco (Asentamiento, Temperatura, Densidad-Peso Unitario, Contenido de Aire, Otros) y en estado endurecido principalmente la resistencia a la compresión, siendo éste un indicador de la capacidad de resistencia que tiene el



concreto; sin embargo un parámetro importante también es el módulo de elasticidad del concreto, que es una medida de su rigidez y que es importante en el análisis de estructuras o construcciones en general.

Por lo general se emplea la fórmula propuesta por el ACI 318-11, 8.5.1 la cual es muy general y no se ajustan favorablemente a las condiciones del concreto de la Ciudad de Chimbote, y difiere dependiendo de las características físicas y mecánicas de los materiales intervinientes en la elaboración del concreto, por eso se plantea en la presente investigación determinar este parámetro según la norma ASTM C-469 para el concreto más comercial que DINO S.R.L abastece el cual es 210 kg/cm² , huso 67, Asentamiento 5", Antisalitre con Fortimax 3, y de este modo reajustar la fórmula citada en la Norma ACI 318-11, 8.5.1 respecto a el cálculo del Módulo de Elasticidad para concretos de peso normal ASTM C-469.

También es necesario conocer el diseño de mezcla del concreto producido en la planta Concretera DINO, para resistencia de 210 kg/cm² Antisalitre con Fortimax 3 y verificar que se cumplan con los parámetros contemplados en el diseño: peso unitario y rendimiento, extracción y curado de testigos de concreto en obra; y en estado endurecido: resistencia a la compresión y módulo de elasticidad.

Íntimamente relacionada con la resistencia está la deformación, a cualquier esfuerzo siempre hay asociada una deformación y



viceversa, asimismo existen deformaciones que pueden ser causadas por otras causas como: humedad o temperatura y que la relación entre el esfuerzo y la deformación en una forma integral es de sumo interés en el diseño estructural.

En la presente investigación se realizó un estudio del módulo de elasticidad estático a compresión del concreto de la planta Concretera Dino-Chimbote y se determinó un factor de corrección de la fórmula del módulo de elasticidad del concreto propuesta por el ACI 318-11, 8.5.1 para ser usado en el análisis de estructuras de Edificaciones en la Ciudad de Chimbote.

Es por ello que nos planteamos la siguiente interrogante:

¿En qué medida el valor del módulo de elasticidad estático a compresión del concreto según la norma ASTM C-469, en la planta Concretera DINO, tendrá una variación respecto de la Norma ACI 318-11, 8.5.1 en la ciudad de Chimbote?



1.2.2. OBJETIVOS

1.2.2.1. OBJETIVO GENERAL:

- Determinar la variación del módulo de elasticidad estático a compresión del concreto según la Norma ASTM C-469, respecto a la Norma ACI 318-11,8.5.1, en la Concretera DINO-CHIMBOTE.

1.2.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Calcular un factor de corrección "k" a la fórmula del Módulo de elasticidad estático a compresión (Módulo de Young) del concreto, según Norma ACI 318-11, 8.5.1 y del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Concreto Armado, Ítem 8.5.1.
- Realizar los ensayos de resistencia a la compresión, peso unitario y módulo de elasticidad estático a compresión del concreto de conformidad con las normas NTP (Norma Técnica Peruana) y ASTM respectivamente, de una muestra estadísticamente aceptable.
- Analizar una estructura, comparando el comportamiento estructural en función a los diferentes módulos de elasticidad obtenidos.



HIPOTESIS:

"SI usamos testigos cilíndricos de concreto extraídos de la Concretera DINO en la Ciudad de Nuevo Chimbote para determinar el valor Módulo de Elasticidad Estático a Compresión del Concreto según la norma ASTM C-469, **ENTONCES** se obtendrá un factor de corrección "k" del módulo de elasticidad estático a compresión respecto a la Norma ACI 318-11,8.5.1.

1.3. VARIABLES.

1.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.

- Resistencia a la Compresión del concreto.
- Peso Unitario del Concreto.

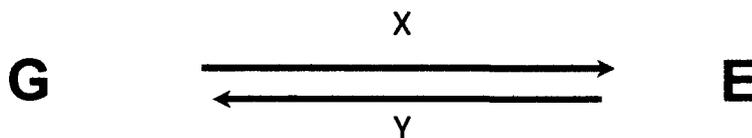
1.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE.

- Módulo de elasticidad estático a compresión de testigos cilíndricos de concreto extraídos de la Concretera Dino-Chimbote.



1.4. TIPO DE DISEÑO

Diseño -experimental.



Donde:

G: Determinación del Módulo de Elasticidad del Concreto Según Norma ASTM C-469 en Planta Concretera Dino - Chimbote

E: Determinación de un Factor de corrección "k" a la fórmula de la Norma ACI 318-11,8.5.1 y del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060 para determinación del módulo de elasticidad estático a compresión del concreto en la Ciudad de Chimbote.

X: Ensayos realizados para la determinación del módulo de elasticidad estático a compresión del concreto producido en la Concretera Dino S.R.L. en la Ciudad de Chimbote según la Norma ASTM C-469.

Y: Análisis de Estructuras con mejores aproximaciones y asemejándose mejor a las condiciones reales del concreto producido en Dino S.R.L.



1.5. ESTRATEGIA DE TRABAJO

1.5.1. MÉTODO DE ESTUDIO

- Para poder determinar que las fórmulas para la Obtención del Módulo de elasticidad Estático a Compresión del Concreto dadas por la Norma ACI 318-11,8.5.1 no se ajustan favorablemente a las condiciones del concreto de la ciudad de Chimbote; primero se realizó el muestreo de testigos cilíndricos de concreto de la Planta de Premezclados Dino S.R.L, posteriormente se procedió a ensayar las muestras a los 28 días según la Norma ASTM C-469 , finalmente aplicando las ecuaciones a una muestra estadísticamente aceptable se determinó un factor de corrección "k" para ser aplicado en el Análisis de Edificaciones en la Ciudad de Chimbote.

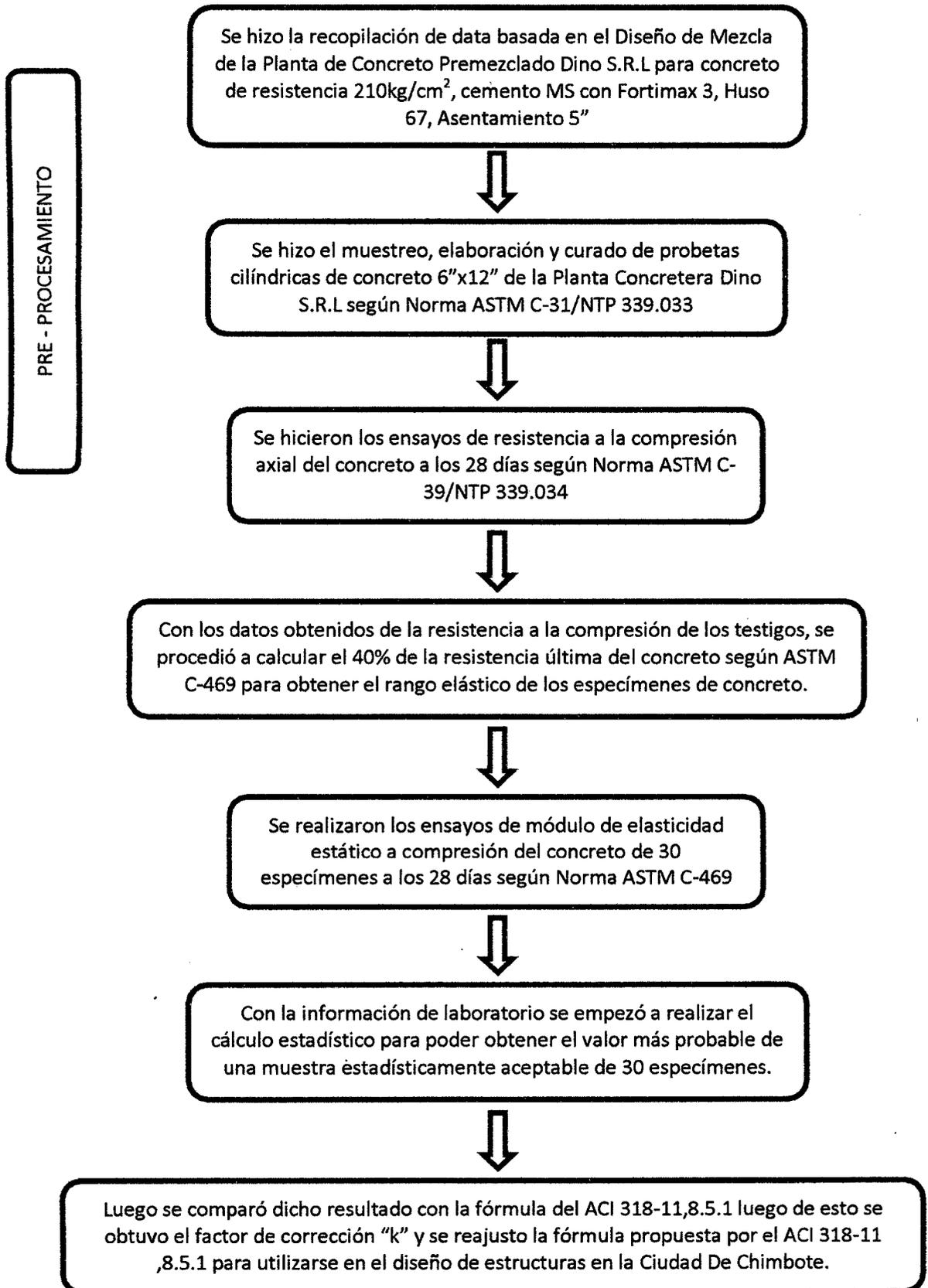
Paralelamente se realizó los ensayos de resistencia a la compresión y peso unitario del concreto, factores que intervienen en la determinación del módulo de elasticidad estático a compresión del concreto en DINO S.R.L.

Población:

Planta Concretera de DINO en la ciudad Nuevo Chimbote– Santa – Ancash.

Muestra:

30 cilindros de concreto estándar 6" x 12" extraídos en la planta de Premezclado de DINO en la ciudad Nuevo Chimbote– Santa – Ancash.





1.5.2. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En el presente Proyecto de investigación se realizaron ensayos para determinar el Modulo de Elasticidad Estático a Compresión del Concreto según la Norma ASTM C-469 a 30 muestras de testigos cilíndricos extraídos de la Planta de Premezclados Dino-Chimbote.

Se verificó el Diseño de Mezcla de concreto 210 kg/cm² Tipo MS Huso 67 del cual se extrajeron las muestras, para ello se hizo el muestreo en estado fresco del Concreto suministrado por Dino S.R.L.

Se empleó la estadística para determinar el valor más probable de un total de 30 resultados, luego se comparó este resultado con la fórmula dada por el ACI 318-11,8.5.1 Y Reglamento Nacional de Edificaciones, Concreto Armado, E-060.

Finalmente se obtuvo el factor de reajuste "k" a la fórmula del ACI 318-11,8.5.1 y el Reglamento Nacional de Edificaciones E-060, el cual se puede emplear en el Análisis Estructural de Edificaciones.



1.5.3. TECNICAS DE PROCEDIMIENTO DE DATOS, INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La metodología propuesta requirió el uso combinado de diferentes herramientas: Uso de laboratorios para Determinación del Módulo de Elasticidad Estático a Compresión del Concreto según Norma ASTM C-469, luego uso de software SPSS 15.0 para poder determinar los cálculos estadísticos descriptivos a manera de encontrar el valor promedio del Módulo de Elasticidad del Concreto y contrastarlo con la Norma ACI 318-11,8.5.1 para que posteriormente se encuentre un factor de corrección "k" y se pueda emplear en el Análisis Estructural de Edificaciones.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

CAPITULO II

MARCO TEORICO



CAPITULO II: MARCO TEORICO.

2.1. CEMENTO.

2.1.1. GENERALIDADES.

En los primeros años del siglo diecinueve, el Británico Joseph Aspdin fue el primero en obtener una patente para fabricar un cemento a base del calentamiento de una mezcla de caliza finamente molida y arcilla, cuyo producto en polvo se endurecía al mezclarse con agua. Dicho producto fue nombrado "**Cemento Portland**" debido a su similitud con las rocas que se encuentran en la Isla de Portland.

Lo anterior fue el inicio de la industria de los cementos hidráulicos, la que ha ido perfeccionando sus procesos de producción y mejorando la selección de los materiales necesarios para su fabricación, de tal manera que el producto cementante cumpla ciertas características químicas y físicas a partir de un cuidadoso control de calidad.

2.1.2. CEMENTOS HIDRAULICOS.

Son todos aquellos conglomerados que amasados con el agua, fraguan y endurecen, tanto expuestos al aire como sumergido en agua, presentando un proceso de reacción química que se conoce como hidratación.

El cemento Portland, se fabrica a partir de materiales minerales calcáreos tales como la caliza y materiales arcillosos con alto contenido de alúmina y sílice.



Con frecuencia es necesario adicionar productos como el óxido de hierro para mejorar la composición química de las materias primas principales. La mezcla de materias primas ha de hacerse de tal forma que cada uno de los componentes químicos básicos, se encuentren en proporciones previamente fijadas. El clínker que se obtiene calcinando la mezcla cruda, deberá poseer una cantidad correcta de los minerales fundamentales, es decir; de silicato tricálcico (C_3S), silicato dicálcico (C_2S), aluminato tricálcico (C_3A) y aluminoferrito tetracálcico (C_4AF).

En términos prácticos, se concede que los silicatos de calcio son los componentes más deseables, porque al hidratarse son los responsables de la resistencia mecánica y otras propiedades del concreto. El aluminato tricálcico es el compuesto que se hidrata con mayor rapidez, por lo que propicia mayor velocidad en el fraguado y en el desarrollo del calor de hidratación en el concreto. El aluminoferrito tetracálcico es un compuesto relativamente inactivo, pues contribuye poco a la resistencia del concreto.

Otro aspecto importante relativo a la composición química del clínker, se refiere a los álcalis, óxidos de sodio y potasio, cuyo contenido suele limitarse para evitar reacciones dañinas con ciertos agregados en el concreto (esto ha dado motivo para el establecimiento de un requisito químico opcional, aplicable a todos los tipos de cemento Portland, que consiste en ajustar el contenido de álcalis totales, expresado como Na_2O , a un máximo



de 0.60 % cuando se requiere emplear el cemento junto con agregados reactivos).

Al obtener el clínker, éste se enfría y se tritura hasta lograr un polvo fino, el cual es mezclado con yeso para tener como producto final el cemento Portland. En algunos casos, además del yeso, se suman otros materiales con características especiales como por ejemplo puzolanas, que son materiales eminentemente sílico-aluminosos, que carecen de toda actividad hidráulica y propiedades cementantes por sí solos, conteniendo constituyentes que a temperaturas ordinarias y en presencia de agua, se combinan con el hidróxido de calcio para formar compuestos permanentemente insolubles en agua y estables, los que se comportan como conglomerantes hidráulicos.

2.1.3. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS CEMENTOS.

A pesar de que el cemento representa solamente entre 6% y 15% en peso de la mezcla, sus propiedades influyen grandemente en el comportamiento del mismo en cuanto a trabajabilidad y resistencia.

Algunas de las propiedades físicas importantes de este material cementante son las presentadas a continuación:



- **Peso Específico:** El peso específico del cemento corresponde al material al estado mas compacto. Su valor suele variar, para los cementos Portland normales, entre 3.0 y 3.2. Las Normas Norteamericanas consideran un valor promedio de 3.15. En el caso de los cementos combinados el valor es menor de 3.0 y depende de la fineza del material adicionado.

En la planta de Premezclados de Dino el cemento usado en la conformación de la unidad cúbica de concreto y es materia de estudio en la presente investigación es el Cemento Antisalitre MS con Fortimax 3, el cual tiene un peso específico de 2.96 gr/cm^3 .

Cuando el cemento contiene adiciones minerales que lo convierten en un cemento combinado, con una densidad menor a la del clinker puro, los valores indicados descienden notablemente, al igual que en el caso de los cementos meteorizados. Usualmente en el Perú se considera un valor del orden de 2.97 para los cementos Tipo IP y IPM.

Su determinación es particularmente necesaria en relación con el control y Diseño de las mezclas de concreto y se sigue las recomendaciones de la Norma ASTM C-188.

- **Finura:** La fineza de un cemento es función del grado de molienda del mismo y se expresa por su superficie específica, la cuales definida como el área superficial total,



expresada en cm^2 , de todas las partículas contenidas en un gramo de cemento. Se asume que todas las partículas tienen un perfil esférico.

Dicha propiedad influye en el calor de hidratación, en la ganancia de resistencia y en la trabajabilidad de la mezcla de concreto. Los materiales cementantes más finos reaccionan de forma más rápida al contacto con el agua, con un correspondiente incremento en la ganancia de resistencias tempranas. También influye en la trabajabilidad, ya que a mayor finura del cemento se incrementa el área superficial. La finura del cemento estará definida por el tamaño de la partícula del material; esta propiedad se expresa como: Retenido en tamiz No.325 (45 μm); Blaine: Superficie específica cm^2/g .

- **Hidratación:** Es la reacción que se produce entre el agua y los componentes del cemento. Los factores determinantes en este proceso son el clinker, yeso, finura, temperatura y cantidad de agua.
- **Tiempo de Fraguado:** Se refiere al cambio que sufre la pasta de cemento del estado fluido al estado rígido. Dicho valor es un índice del rango en el cual la reacción de hidratación está ocurriendo y se desarrolla la resistencia. Los productos formados por la hidratación constituyen un gel formando inicialmente una pasta más o menos fluida o plástica. El fraguado se produce en dos fases:



-Fraguado inicial: Se da cuando la masa empieza a perder plasticidad, aun cuando incluso se nota cierta consolidación.

-Fraguado final: Cuando por si solo y sin que se someta la pasta a presiones o cargas, esta conserva su forma.

- **Resistencia Mecánica:** La resistencia del mortero o el concreto endurecido, esta con relación a las características del cemento usado. Dicha propiedad se determina a través de la resistencia a la compresión en cubos de mortero preparados, usando una arena de graduación estandarizada según la Norma ASTM C-109.

Clasificación de los cementos en función del desarrollo de su resistencia:

Alta resistencia inicial: en 72 horas alcanzan valores superiores a 4000 psi.

Endurecimiento rápido: son los que teniendo una resistencia considerable a 28 días, a la edad de 3 días han desarrollado al menos un 60% de su resistencia.

Endurecimiento lento: hasta los 7 días su crecimiento es lento, luego incrementa rápidamente pero de manera especial de los 28 a 90 días.

- **Calor de Hidratación:** El fraguado y endurecimiento de la pasta es un proceso químico por lo que, durante las reacciones que tienen lugar entre los compuestos del



cemento y el agua, la hidratación del cemento es acompañada por liberación de una cantidad de calor, la cual depende principalmente de la composición química y de la fineza del cemento.

De lo expuesto puede definirse al calor de hidratación como a la cantidad de calor, expresada en calorías por gramo de cemento no hidratado, desarrollada por hidratación completa a una temperatura determinada.

El calor de hidratación de los cementos normales es de 85 a 100 cal/gr., por lo que en las condiciones normales de construcción el calor se disipa rápidamente por radiación, siendo los cambios de temperatura dentro de la estructura relativamente pequeños y probablemente de pocas consecuencias.

Tabla N° 01. Normas para los cementos hidráulicos.

TIPO	ESPECIFICACION
Cemento Portland	AASHTO M 85
Cemento Hidráulico Mezclado	AASHTO M 240
Cemento para Mampostería	ASTM C 91

Así también, las Especificaciones de la American Society for Testing and Materials (ASTM), establecen ciertos requisitos que deben cumplir los



cementos hidráulicos para garantizar su calidad, las cuales se indican a continuación:

- a) ASTM C 91, Standar Specification for Masonry Cement.
- b) ASTM C 150, Standar Specification for Portland Cement.
- c) ASTM C 595, Standar Specification for Blended Hydraulic Cements.
- d) ASTM C 1157, Standar Performance Specification for Blended Hydraulic Cement:

Dichas normas, poseen dos tipos de especificación: las prescritas y las de comportamiento o desempeño. Las primeras, proporcionan límites en la composición química y restricciones en los ingredientes utilizados para la fabricación del cemento, que están indirectamente relacionados con el comportamiento. Mientras que las especificaciones por comportamiento o desempeño, únicamente limitan aspectos relacionados con las propiedades físicas, tales como tiempo de fraguado, resistencia y durabilidad, por lo que no restringen el uso de materiales o las proporciones de los mismos. Las normas ASTM C 150 y ASTM C 595 contienen ambos tipos de especificación. En cambio la norma ASTM C 1157, emitida en 1992, evalúa la calidad de los cementos combinados únicamente con base a su desempeño o comportamiento y en 1998 fue ampliada para evaluar los cementos Portland.



2.2. CEMENTANTES DEL CONCRETO HIDRAULICO.

Los cementantes que se utilizan para la fabricación del concreto son hidráulicos, es decir, fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua, aún estando inmersos en ella, característica que los distingue de los cementantes aéreos que solamente fraguan y endurecen en contacto con el aire.

Los principales cementantes hidráulicos son las cales y cementos hidráulicos, algunas escorias y ciertos materiales con propiedades puzolánicas. De acuerdo con el grado de poder cementante y los requerimientos específicos de las aplicaciones, estos cementantes pueden utilizarse en forma individual o combinados entre sí. Al referirse específicamente al concreto convencional, como se emplea en la construcción, resultan excluidas las cales hidráulicas, por lo cual, sólo procede considerar los cementos, las escorias, los materiales puzolánicos y sus respectivas combinaciones. Por otra parte, bajo la denominación genérica de cementos hidráulicos, existen diversas clases de cemento con diferente composición y propiedades, entre los cuales tenemos los siguientes:

- **Cementos Pórtland:** Son cementos que se obtienen por molienda conjunta de clínker y de la cantidad adecuada del regulador de fraguado.
- **Cementos Portland con Adiciones Hidráulicamente Activas:** Son los cementos que se obtienen por molienda conjunta de clínker de cemento Portland y regulador del fraguado, en proporción igual o superior al 80% en peso, y



escoria siderúrgica, puzolana o ambas en proporción igual o menor al 20% en peso.

- **Cementos Puzolánicos:** Son los cementos que se obtienen por la molienda conjunta de clínker de cemento Portland y regulador del fraguado, en proporción inferior al 80% en peso y puzolana en proporción superior al 20% en peso.
- **Cementos Aluminosos:** Son los cementos que se obtienen por la molienda de un clínker muy rico en aluminio.
- **Cementos de Mampostería:** Son los cementos que se obtienen por la molienda de clínker de cemento Portland y regulador del fraguado con o sin adiciones hidráulicamente activas en proporción igual o superior al 60% en peso; y materiales plastificantes, tales como caliza o cal hidratada y otros materiales que mejoren una o más propiedades tales como la trabajabilidad, la retención de agua y el contenido de aire del mortero.
- **Cementos Blancos:** Son cementos que, perteneciendo a los tipos de Portland o compuestos, presentan como propiedad adicional la de la blancura, determinada por la medida de su reflectancia luminosa direccional que no será menor del 70% del valor que corresponde al óxido magnésico en polvo, calidad reactiva para análisis. Su



característica principal radica, en la ausencia del óxido férrico y otros minerales minoritarios con poder colorante.

2.2.1. PROPIEDADES ESPECIALES DE LOS CEMENTOS

HIDRAÚLICOS.

En determinados casos el diseño de la obra podría requerir estructuras de concreto que para una mayor garantía, requiera de un cemento con propiedades especiales o adicionales, tales como: Alta resistencia inicial, Resistencia a los sulfatos, Bajo calor de Hidratación, etc.

El reporte del Comité ACI 225 define que las propiedades del Concreto dependen de la calidad y cantidad de sus constituyentes. En estos casos se justifica aún más la correcta selección del tipo de cemento. Dichos concretos pueden ser fabricados con: Cemento Portland, para lo cual es indispensable disponer de clínker especial; Cemento Portland con adiciones activas, que para el caso se debe tener en cuenta que las adiciones crecientes hacen que las resistencias iniciales a la compresión y el calor de hidratación descienda; por el contrario, las resistencias químicas aumentan.

La totalidad de los cementos empleados en el Perú son cementos Portland tal como lo especifica la Norma ASTM C-150, donde se clasifican en cinco tipos diferentes:

**Tabla N° 02. Clasificación de cementos según Norma ASTM C-150.**

TIPO	CARACTERÍSTICA
I	Uso General, no se requiere propiedades especiales.
II	Moderada Resistencia a los sulfatos y moderado calor de
III	Alta resistencia inicial (Resistencia a la compresión)
IV	Bajo Calor de Hidratación.
V	Alta Resistencia a los Sulfatos.

Fuente: American Society for Testing Materials.

Algunos cementos con adiciones activas regidos según la norma ASTM C-595 se describen en la siguiente tabla.

Tabla N° 03. Cementos con Adiciones activas bajo la Norma ASTM C-595.

TIPO	CARACTERÍSTICA
IS	Cemento Portland Siderúrgico, de uso general en la construcción de concreto.
S	Cemento Siderúrgico, de uso en construcciones de concreto donde no son requeridas altas resistencias a edades tempranas
IP(MS)	Cemento Portland Puzolánico con moderada resistencia a los sulfatos
IS(MS)	Cemento Portland Siderúrgico con moderada resistencia a los sulfatos.
I(PM)	Cemento Portland modificado con puzolana, de uso general
IP	Cemento Portland Puzolánico, de uso general
P	Cemento Puzolánico, de uso en construcciones donde no requiere altas resistencias
I(MS)	Cemento Portland Modificado con escoria de uso general en las construcciones de concreto.

Fuente: American Society for Testing Materials.



También se tienen otros tipos de cementos con adiciones activas, pero regidos bajo la norma ASTM C – 1157, los cuales se describen en la tabla N° 04.

Tabla N° 04. Cementos con Adiciones activas bajo la Norma ASTM C-1157.

TIPO	CARACTERÍSTICA
GU	De uso general en la construcción.
HE	De alta resistencia inicial.
MS	De moderada resistencia a los sulfatos.
MH	De moderado calor de hidratación
LH	De bajo calor de hidratación.

Fuente: American Society for Testing Materials.

2.2.2. CEMENTOS PRODUCIDOS ACTUALMENTE EN PERU.

En el proceso para definir y especificar el concreto potencialmente idóneo para cada aplicación en particular, es de trascendental importancia la selección del cemento apropiado, ya que de este dependerán significativamente las características y propiedades de la matriz cementante y por consiguiente del concreto.

De los cinco tipos de cemento según ASTM C-150 solo se fabrican los Tipo I, II y V.

Si a los cementos se les ha añadido el sufijo A significa que son cementos a los que se ha añadido incorporadores de aire en su composición, manteniendo las propiedades originales. En el Perú no se fabrica este Tipo de Cementos.

Los denominados "Cementos Adicionados" son mezclas de cemento y un material de características puzolánicas molidos en forma conjunta. En el Perú se fabrican los tipos IP, IPM, IS, ISM.



La justificación de la fabricación de los "Cementos Adicionados" es la necesidad, por una parte, de diluir la presencia del Clinker en el conglomerante, cuyos productos hidrolizados pueden ser atacados según las circunstancias por agentes agresivos diversos, y producir la destrucción del concreto.

Por otra parte, la conveniencia de reducir, con esta dilución, el calor desarrollado en la hidrólisis, que actúa desfavorablemente en la puesta en obra de grandes masas de concreto, elevando su temperatura como consecuencia del bajo grado de conductividad térmica del concreto, (entre 0.002 y 0.004 cal/cm²/°C). En el enfriamiento se producen contracciones importantes que pueden dar lugar a la formación de fisuras.

- El cemento Tipo IP es un cemento al cual se ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre el 15% y 40% del peso total.
- El cemento Tipo IPM es un cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje menor del 15% del peso total.
- El cemento tipo IS es un cemento al cual se le ha añadido entre 25% y 75% de escoria de altos hornos referido al peso total.
- El cemento Tipo ISM es un cemento al cual se le ha añadido menos del 25% de escoria de altos hornos referida al peso total.



El cemento utilizado en la Zona Norte del Perú en su mayoría es el de Cementos Pacasmayo, y el utilizado en la Ciudad de Chimbote por DINO S.R.L. para producción de concreto premezclado es el **Cemento Antisulfato con Fortimax 3**.

- **Cemento Antisulfato con Fortimax 3.**

El cemento portland TIPO MS (MH) (R) es un cemento de moderada resistencia a los sulfatos, de moderado calor de hidratación y de baja reactividad con agregados álcali-sílice reactivos que cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.082 y ASTM C 1157.

El cemento portland TIPO MS (MH) (R) se fabrica mediante la molienda conjunta de clínker y adiciones minerales activas (escoria de alto horno (BFS) y puzolana) que generan estructuras menos permeables y más durables.

Aplicaciones:

a) Por su moderada resistencia a los sulfatos.

- Concreto con exposición moderada a los sulfatos.
- Estructuras en contacto con ambientes y suelos húmedos y salinosos.

b) Por su resistencia al agua de mar.

- Estructuras en ambiente marino.
- Obras portuarias.

c) Por su moderado calor de hidratación.

- Concreto en clima cálido.



-Estructuras de concreto masivo.

-Concreto compactado con rodillo.

d) Por su baja reactividad álcali – sílice reactivos.

-Obras con presencia de agregados reactivos.

-Obras hidráulicas, canales, y alcantarillas.

-Pavimentos y losas.



Fig. N° 01. Cemento Antisalitre con Fortimax 3.

2.3. AGREGADOS.

2.3.1. CONCEPTO.

Generalmente se entiende por "agregado" a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. El concreto es un material compuesto básicamente por agregados y pasta cementicia, elementos de comportamientos bien diferenciados: Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.



Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente entre el 60% y el 75% de la unidad cubica de concreto.

Los agregados por su tamaño generalmente se dividen en dos grupos el cual son agregado fino y agregado grueso.

2.3.2. AGREGADO FINO.

2.3.2.1. DEFINICION:

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa el Tamiz NTP 9.4mm (3/8") y cumple con los límites establecidos en las normas NTP 400.037 ó ASTM C-33.

2.3.2.2. REQUISITOS:

El agregado podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias; de perfil preferentemente angular; duras; compacta y resistente; libre de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas para el concreto.

El agregado fino que se utiliza para la preparación de Concreto premezclado se extrae de la cantera La Carbonera.

027224



2.3.2.3. GRANULOMETRIA:

El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en las Normas NTP 400.037 ó ASTM C-33. La granulometría seleccionada será preferentemente uniforme y continua, con valores retenidos en las mallas N°04 a N°100 de la Serie Tyler. Se recomiendan para el agregado los siguientes límites.

Tabla N° 05. Husos Granulométricos para el agregado fino.

MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
3/8" (9.50mm)	100
N° 4 (4.75mm)	95 – 100
N° 8 (2.36mm)	80 – 100
N° 16(1.18mm)	50 - 85
N° 30 (600 micrones)	25 - 60
N° 50 (300 micrones)	10 – 30
N° 100 (150 micrones)	2 - 10

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037.

El agregado retenido en dos mallas sucesivas no excederá del 45%. Si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado y un contenido de cemento mayor de 255kg/m³; o si el concreto es sin aire incorporado y un contenido de cemento mayor de 300kg/m³; o si una adición mineral aprobada es empleada para suplir las deficiencias en el porcentaje que pasa dichas mallas, el porcentaje indicado para las mallas



N° 50 y N° 100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente.

Preferentemente el módulo de fineza no deberá ser menor de 2.3 ni mayor a 3.1 debiendo ser mantenido dentro de los límites de más o menos 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones de la mezcla o rechazar el agregado, para compensar las variaciones en la granulometría. Estos ajustes no deberán significar reducción en el contenido de cemento.

2.3.3. AGREGADO GRUESO.

2.3.3.1. DEFINICION:

Se define como agregado grueso el material retenido en el Tamiz NTP 4.75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C-33.

2.3.3.2. CARACTERISTICAS:

El agregado grueso puede consistir de piedra partida, grava natural o triturada, agregados metálicos naturales o artificiales, concreto triturado, o una combinación de ellos. Estará conformado por partículas cuyo perfil sea preferentemente angular o semiangular, limpias, duras, compactas, resistentes, de textura preferentemente rugosa, y libres de material escamoso o partículas blandas.

Las partículas deberán ser químicamente estables y estarán libres de escamas, tierra, polvo, limo, sales,



humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, u otras sustancias dañinas.

2.3.3.3. GRANULOMETRIA:

El agregado grueso estará graduado dentro de los límites especificados en las Normas NTP 400.037 o ASTM C-33.

La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de mezcla. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 1/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".

2.3.3.4. TAMAÑO MAXIMO:

De acuerdo con la Norma NTP 400.037 el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso.

Granulometrías muy disímiles pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso.

Ello debe tenerse presente en la selección del agregado de su granulometría y las proporciones de la mezcla.

2.3.3.5. TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:

De acuerdo con la Norma NTP 400.037 el tamaño máximo nominal corresponde al menor tamiz de la serie



utilizada que produce el primer retenido. El tamaño máximo nominal del agregado no deberá ser mayor de:

- a. Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; ó
- b. Un tercio del peralte de la losa; ó
- c. Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras, tendones, o ductos de presfuerzo.

En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura, se podrá disminuir el tamaño del agregado grueso siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad, se cumpla con el asentamiento requerido y se obtenga la resistencia especificada.

2.3.4. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS.

Existen muchas propiedades que deben cumplir los agregados, tales como propiedades físicas y mecánicas, asimismo térmicas, morfológicas, etc. A continuación detallamos alguna de ellas:

2.3.4.1. DENSIDAD:

La densidad de los agregados depende tanto de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es de especial importancia en todos aquellos casos en que, por resistencia o durabilidad, se requieren concretos con un peso por encima o debajo de aquel que corresponde a concretos usuales.



Las bajas densidades generalmente indican material poroso, poco resistente y de alta absorción. Tales características, cuando ello fuere necesario, deberán ser confirmadas por ensayos de laboratorio.

2.3.4.2. DUREZA:

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión, abrasión o, en general, el desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes.

Entre las mejores rocas a emplear en concretos que deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión, figuran el cuarzo, la cuarzita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.

La determinación de la dureza de un agregado se hace sometiéndolo a un proceso de desgaste por abrasión. El ensayo más empleado es el conocido como el Método de Los Ángeles, realizado de acuerdo con lo especificado en la Norma ASTM C-131. Este método combina procesos de desgaste por abrasión y frotamiento.

2.3.4.3. POROSIDAD.

La palabra "poro" define al espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado. Se considera a la porosidad como a una de las más importantes propiedades físicas del agregado, dada su influencia sobre las otras propiedades de éste y el papel que desempeña durante los procesos de congelación.



2.3.4.4. RESISTENCIA.

Por su propia naturaleza, la resistencia del concreto no puede ser mayor que la de sus agregados. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los concretos convencionales dista mucho de la que corresponde a la mayoría de las rocas empleadas como agregado, las mismas que se encuentran por encima de los 1,000 kg/cm².

La textura, estructura y composición de las partículas de agregado influyen sobre la resistencia de éste, la cual disminuye si sus granos constituyentes no están bien cementados unos a otros o si están compuestos de partículas inherentemente débiles.

La resistencia a la trituración o compresión del agregado deberá ser tal que permita desarrollar totalmente la resistencia potencial de la matriz cementante. Ello no es un problema dado que, en la actualidad, la resistencia del agregado suele ser más alta que la del concreto preparado con él, estando la resistencia del primero dentro de valores del orden de 700 a 3500 kg/cm².

La resistencia a la trituración de las principales rocas empleadas en construcción civil es:



Tabla N° 06. Resistencias de rocas más empleadas en construcción

FELSITA	3300kg/cm ²
ROCA TRAPEANA	2850kg/cm ²
CUARZITA	2250kg/cm ²
GRANITO	1850kg/cm ²
DIABASAS	1800kg/cm ²
ESQUISTO	1700kg/cm ²
CALIZA	1600kg/cm ²
GNEISS	1500kg/cm ²
GABRO	1500kg/cm ²
ARENISCA	1300kg/cm ²

Fuente: Naturaleza y Materiales del concreto-Enrique R.L.

2.3.4.5. MODULO DE ELASTICIDAD.

El módulo de elasticidad es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones.

El módulo de elasticidad de los agregados se determina en muy contadas ocasiones. Sin embargo, desde que la deformación que experimenta el concreto es, parcialmente, una deformación del agregado, es razonable pensar que mayor será el módulo de elasticidad del concreto conforme aumenta el de los agregados que lo integra. Es importante recordar que el valor del módulo de elasticidad del agregado tiene especial influencia sobre



la magnitud del escurrimiento plástico y la contracción que pueden presentarse en el concreto.

Tabla N° 07. Módulo de elasticidad de rocas más empleadas en construcción.

ROCA TRAPEANA	930,000 kg/cm ²
GABRO	860,000 kg/cm ²
DIABASAS	860,000 kg/cm ²
GRANITO	610,000 kg/cm ²
ARENISCA	310,000 kg/cm ²
CALIZA	280,000 kg/cm ²

Fuente: Naturaleza y Materiales del concreto-Enrique R.L.

2.3.4.6. PROPIEDADES TÉRMICAS.

El coeficiente de expansión térmica, el calor específico y la conductividad térmica son tres propiedades del agregado que, en determinados casos, pueden ser importantes para establecer la calidad del mismo en relación con el comportamiento del concreto.

El calor específico y la conductividad térmica son importantes en construcciones masivas en las que es necesario un cuidadoso control de la elevación de temperatura. Igualmente lo son cuando se requiere concretos con propiedades de aislamiento térmico.



2.3.5. ENSAYOS DE LOS AGREGADOS PARA DISEÑO DE MEZCLAS.

2.3.5.1. GRANULOMETRÍA.

Con este ensayo de granulometría para ambos agregados podemos determinar el módulo de fineza y el tamaño máximo, tanto para el agregado fino como para el grueso respectivamente. La granulometría es determinada mediante análisis de tamices (Norma ASTM C-136).

- a. **Módulo de Fineza:** Es la suma de los porcentajes retenidos acumulados en las mallas N° 4, 8, 16, 30,50 y posteriormente dividido entre 100. El módulo de fineza típico varía entre 2.3 y 3.1, representado el valor más alto una granulometría gruesa.
- b. **Tamaño máximo:** Es la primera malla donde por la que pasa todo el agregado grueso.
- c. **Tamaño máximo nominal:** Es la primera malla que produzca el primer retenido.

2.3.5.2. PESO UNITARIO.

Es el peso por unidad de volumen (aparente). Se determinan dos formas de peso unitario.

- a. **Peso Unitario Suelto:** En el que el recipiente se llena sin presión alguna.
- b. **Peso Unitario compactado:** En el que el recipiente se llena con tres capas compactando cada una con la varilla estándar.



2.3.5.3. PESO ESPECÍFICO.

El peso específico de los agregados, que se expresa también como densidad adquiere importancia en la construcción cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite. Además, el peso específico es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles, caso en que es recomendable efectuar pruebas adicionales.

2.3.5.4. CONTENIDO DE HUMEDAD Y ABSORCIÓN.

Se entiende por **absorción**, al contenido de humedad total interna de un agregado que está en la condición de saturado superficialmente seco.

La capacidad de absorción del agregado se determina por el incremento de peso de una muestra secada al horno, luego de 24 horas de inmersión en agua y de secado superficial. Esta condición se supone representa la que adquiere el agregado en el interior de una mezcla de concreto.

El **contenido de humedad** o agua total del agregado es la diferencia entre el estado actual de humedad del mismo y el estado seco.



La diferencia entre el contenido de humedad y el porcentaje de absorción da el aporte positivo o negativo del agregado al agua de la mezcla.

2.4. AGUA.

2.4.1. CONCEPTOS GENERALES.

El agua presente en la mezcla de concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr:

- a. La formación de gel.
- b. Permitir que el conjunto de la masa adquiera las propiedades que:

-En estado no endurecido faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma, y

-En estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas.

Como requisito de carácter general y sin que ello implique la realización de ensayos que permitan verificar su calidad, se podrá emplear como aguas de mezclado aquellas que se consideren potables, o las que por experiencia se conozca que pueden ser utilizadas en la preparación del concreto.

Debe recordarse que no todas las aguas que son adecuadas para beber son convenientes para el mezclado y que, igualmente, no todas las aguas inadecuadas para beber son inconvenientes para preparar concreto.

Adicionalmente, el agua empleada no deberá contener sustancias que puedan producir efectos desfavorables sobre el fraguado, la



resistencia o durabilidad, apariencia del concreto, o sobre los elementos metálicos embebidos en éste.

Previamente a su empleo, será necesario investigar y asegurarse que la fuente de provisión no está sometida a influencias que puedan modificar su composición y características con respecto a las conocidas que permitieron su empleo con resultados satisfactorios.

2.4.2. REQUISITOS DE CALIDAD.

El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia, potable.

No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse. A continuación se presenta, en partes por millón, los valores aceptados como máximos para el agua utilizada en el concreto:

Tabla N° 08. Valores aceptados en ppm del agua para concreto.

CLORUROS	300 ppm
SULFATOS	300 ppm
SALES DE MAGNESIO	150 ppm
SALES SOLUBLES TOTALES	500 ppm
PH	Mayor a 7
SOLIDOS EN SUSPENSION	1,500 ppm
MATERIA ORGANICA	10 ppm

Fuente: Naturaleza y Materiales del concreto-Enrique R.L.

La norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas



propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

- a. El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3mg/l (3 ppm)
- b. El contenido de residuo insoluble no será mayor de 5gr/l (5000 ppm)
- c. El PH estará comprendido entre 5.5 y 8.0.
- d. El contenido de sulfatos, expresado como ion SO_4 , será menor de 0.6 gr/l (600 ppm)
- e. El contenido de cloruros, expresado como ion Cl, será menor de 1 gr/l (1000 ppm)
- f. El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (Alcalinidad total) expresada en $NaHCO_3$, será menor de 1gr/l (1000 ppm)
- g. Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ion férrico, será de 1 ppm.

El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados.

Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio.

El agua empleada para la preparación de concreto en la Planta de Premezclados de DINO S.R.L. es potable y cumple con los límites permisibles según la NTP 339.088.



2.5. ADITIVOS Y ADICIONES.

2.5.1. DEFINICIÓN.

Un aditivo es definido, tanto por el comité 116R del American Concrete Institute como por la Norma ASTM C-125, como "Un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente, antes y durante su mezclado".

Los aditivos son materiales utilizados como componentes del concreto o el mortero, los cuales se añaden a éstos durante el mezclado a fin de:

- a. Modificar una o algunas de sus propiedades, a fin de permitir que sean más adecuados al trabajo que se esté efectuando;
- b. Facilitar su colocación.
- c. Reducir los costos de operación.

En la decisión sobre el empleo de aditivos debe considerarse en qué casos:

- a. Su utilización puede ser la única alternativa para lograr los resultados deseados.
- b. Los objetivos deseados pueden lograrse, con mayor economía y mejores resultados, por cambios en la composición o proporciones de la mezcla.



2.5.2. CLASIFICACION.

Una clasificación de aditivos en función de sus efectos no es fácil debido a que ellos pueden ser clasificados genéricamente o con relación a los efectos característicos derivados de su empleo; pueden modificar más de una propiedad del concreto; así como a que los diversos productos existentes en el mercado no cumplen las mismas especificaciones.

En las clasificaciones que a continuación se presentan, aquellos aditivos que poseen propiedades identificables con más de un grupo son considerados en aquel que identifica a sus efectos más importantes.

De acuerdo a la Norma ASTM C-494, los aditivos se clasifican en:

Tabla N° 09. Clasificación de aditivos según Norma ASTM C-494.

TIPO A	Reductores de agua.
TIPO B	Retardadores de fragua.
TIPO C	Acelerantes.
TIPO D	Reductores de agua – Retardadores de fragua.
TIPO E	Reductores de agua – Acelerantes.
TIPO F	Super reductores de agua.
TIPO G	Super reductores de agua – Acelerantes.

Fuente: Naturaleza y Materiales del concreto-Enrique R.L.

2.5.3. ADITIVOS USADOS EN PLANTA CONCRETERA DINO SRL.

Los aditivos usados para la preparación de concreto premezclado en la planta de concreto premezclado de DINO-PACASMAYO que de acuerdo a los efectos de su empleo o a los tipos de materiales constituyentes hacen del concreto más económico y trabajable son:



**a. ADITIVO TIPO D, REDUCTORES DE AGUA -
RETARDANTES DE FRAGUA:**

• **Sikament 290 N.**

Es un aditivo polifuncional para concretos que puede ser empleado como plastificante o superplastificante según dosificación utilizada.

Muy adecuado para plantas de concreto al obtener con único aditivo dos efectos diferentes sólo por la variación de la proporción del mismo.

No contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.

Sikament 290N está particularmente indicado para:

-Todo tipo de concretos fabricados en plantas concreteras con la ventaja de poder utilizarse como plastificante o superplastificante con sólo variar la dosificación.

-En concretos bombeados porque permite obtener consistencias adecuadas sin aumentar la relación agua/cemento.

-Transporte a largas distancias sin pérdidas de trabajabilidad.

-Concretos fluidos que no presentan segregación ni exudación.

Sikament 290N tiene las siguientes ventajas:

-Aumento de la resistencia mecánica.

-Terminación superficial de alta calidad.



-Mayor adherencia a las armaduras.

-Permite obtener mayores tiempos de manejabilidad de la mezcla a cualquier temperatura.

-Permite reducir hasta el 25% del agua de la mezcla.

Aumenta considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto.

-Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas.

-Proporciona una gran manejabilidad de la mezcla evitando segregación y la formación de cangrejeras.

-Reductores de agua.

2.6. CONCRETO.

2.6.1. CONCEPTO.

El concreto es un material compuesto constituido por un material cementante, agua y agregado. El cemento, normalmente tipo Portland, una vez hidratado genera la adhesión química entre los componentes. Por lo general el agregado representa entre el 60% al 75% del volumen total del concreto estructural, el cemento entre un 7 a 15% y el aire atrapado entre 1 al 3%. Para ciertos propósitos se puede incorporar hasta un 8% de aire, en forma de pequeñas burbujas en el mortero, agregando sustancias especiales. El aire incorporado es importante para concretos que van a estar sometidos a procesos de hielo – deshielo.



2.6.2. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO.

2.6.2.1. ESTRUCTURA INTERNA DEL CONCRETO.

Un aspecto sumamente importante en la estructura del concreto endurecido reside en la porosidad o sistema de vacíos. Gran parte del agua interviene en la mezcla, sólo cumple la función de lubricante en el estado plástico, ubicándose en líneas de flujo y zonas de sedimentación de los sólidos, de manera que al producirse el endurecimiento y evaporarse, quedan los vacíos o poros, que condicionan el comportamiento posterior del concreto para absorber líquidos y su permeabilidad o capacidad de flujo a través de él.

2.6.2.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO.

a. Trabajabilidad:

Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto.

Su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas circunstancias cambian.

Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una



suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa.

b. Segregación:

Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas desciendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es sólo un 20% menor que la de los gruesos (Agregados Normales) lo cual sumado a la viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz.

Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración de la pasta, mala distribución de las partículas o granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación. En los concretos con contenidos de piedra mayores del 55% en peso con respecto al peso normal de estos concreto, lo cual es muy simple de verificar obteniendo dos muestras de concreto fresco de sitios diferentes y comparar el contenido de gruesos por lavado, que no deben diferir en más del 6%.

**c. Exudación:**

Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto.

Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades.

Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina es la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla N° 100, la exudación será menor pues se retiene agua de mezcla.

La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener.

d. Contracción:

Es una de las propiedades en función de los problemas de figuración que acarrea con frecuencia.

Ya hemos visto que la pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción del



volumen original de agua por combinación química, y a esto se le llama contracción intrínseca que es un proceso irreversible.

Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento y es la llamada contracción por secado, que es la responsable de la mayor parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla.

2.6.2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO.

a. Elasticidad:

En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente.

El concreto no es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra definir un Módulo de elasticidad estático del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido normalmente en un porcentaje de la tensión última.

**b. Resistencia:**

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación agua-cemento en peso.

Los afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto.

c. Extensibilidad:

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones.

Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo.

El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperable estando relacionado también



con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes.

La microfisuración aparece normalmente alrededor del 60% del esfuerzo último, a una deformación unitaria de 0.0012, y en condiciones normales la fisuración visible aparece para 0.003 de deformación unitaria.

2.6.3. CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO.

2.6.3.1. REQUERIMIENTOS BÁSICOS PARA UN BUEN CONCRETO.

- **Resistencia:** Para obtener la capacidad de resistir cargas estructurales.
- **Durabilidad:** Capacidad para resistir la acción del ambiente.
- **Trabajabilidad:** Medida de la facilidad con la que el concreto puede ser colocado, consolidado y acabado.
- **Economía:** Los mayores beneficios con los menores costos.

El control de calidad del concreto es el conjunto de procedimientos técnicos planeados cuya práctica permite lograr y asegurar que el concreto cumpla con los requisitos especificados, al menor costo posible.

Se aplica en concretos en estado fresco como endurecido.



Debe tener carácter preventivo poniendo énfasis en el control de los componentes y del concreto fresco para minimizar los esfuerzos en los controles del concreto endurecido.

La aceptación del concreto está determinada por los resultados de ensayos en concreto fresco y endurecido.

Tabla N° 10. Ensayos del concreto en estado fresco y endurecido.

ENSAYOS DEL CONCRETO.	
CONCRETO FRESCO	CONCRETO ENDURECIDO
Asentamiento	Resistencia
Temperatura	Otros(Si se especifica)
Densidad(Peso Unitario)	
Contenido de aire	
Otros(Si se especifica)	

2.6.4. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO.

2.6.4.1. METODO ACI:

Este procedimiento considera nueve pasos para el proporcionamiento de mezclas de concreto normal, incluidos el ajuste por humedad de los agregados y la corrección a las mezclas de prueba.

- a. El primer paso contempla la selección del slump, cuando este no se especifica el informe del ACI incluye una tabla en la que se recomiendan diferentes valores de slump de acuerdo con el tipo de construcción que se requiera. Los valores son aplicables cuando se emplea el vibrado para compactar el concreto, en caso contrario dichos



valores deben ser incrementados en dos y medio centímetros.

- b. Se determina la resistencia promedio necesaria para el diseño; la cual está en función al f_c , la desviación estándar, el coeficiente de variación. Los cuales son indicadores estadísticos que permiten tener una información cercana de la experiencia del constructor. Cabe resaltar también que existen criterios propuestos por el ACI para determinar el f_{cr} , los cuales se explican a continuación:

-Mediante las ecuaciones del ACI.

$$f_{cr} = f_c + 1.34s$$

$$f_{cr} = f_c + 2.33s - 35$$

De las dos se asume la de mayor valor.

Donde "s" es la desviación estándar, que viene a ser un parámetro estadístico que demuestra la performance o capacidad del constructor para elaborar concretos de diferente calidad.

$$DS = \sqrt{\frac{(X_1 - X)^2 + (X_2 - X)^2 + \dots + (X_n - X)^2}{N - 1}}$$

X_1, X_2, \dots, X_n valores de las resistencias obtenidas en probetas estándar hasta la rotura. (Probetas cilíndricas de 15cm de diámetro por 30cm de altura).



X: Promedio de los valores de la resistencia de la rotura de las probetas estándar.

N: Es el número de probetas ensayadas, que son mínimamente 30.

-Cuando no se tiene registro de resistencias de probetas correspondientes a obras y proyectos anteriores.

f_c	f'_{cr}
Menos de 210	$f_c + 70$
210 - 350	$f_c + 84$
>350	$f_c + 98$

-Teniendo en cuenta el grado de control de calidad.

Nivel de Control	f'_{cr}
Regular o Malo	1.3 a 1.5 f_c
Bueno	1.2 f_c
Excelente	1.1 f_c

-Para determinar el f'_{cr} propuesto por el comité europeo del concreto.

$$f'_{cr} = \frac{f_c}{1 - t.V}$$



Donde:

V= coeficiente de variación de los ensayos de resistencia a las probetas estándar.

t= Coeficiente de probabilidad de que 1 de cada 5, 1 de cada 10, 1 de cada 20 tengan un valor menor que la resistencia especificada.

V entonces es un parámetro estadístico que mide la performance del constructor para elaborar diferentes tipos de concreto.

$$V = \frac{DS}{X}$$

- c. Como tercer paso, el informe presenta una tabla con los contenidos de agua recomendables en función del slump requerido y el tamaño máximo del agregado, considerando concreto sin y con aire incluido.
- d. Como cuarto paso, el ACI proporciona una tabla con los valores de la relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días que se requiera, por supuesto la resistencia promedio seleccionada debe exceder la resistencia especificada con un margen suficiente para mantener dentro de los límites especificados las pruebas con valores bajos. En una segunda tabla aparecen los valores de la relación agua/cemento para casos de exposición severa.



- e. El contenido de cemento se calcula con la cantidad de agua, determinada en el paso tres, y la relación agua cemento, obtenida en el paso cuatro; cuando se requiera un contenido mínimo de cemento o los requisitos de durabilidad lo especifiquen, la mezcla se deberá basar en un criterio que conduzca a una cantidad mayor de cemento, esta parte constituye el quinto paso del método.
- f. Para el sexto paso del procedimiento el ACI maneja una tabla con el volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto, los valores dependen del tamaño máximo nominal de la grava y del módulo de finura de la arena. El volumen de agregado se muestra en metros cúbicos con base en varillado en seco para un metro cúbico de concreto, el volumen se convierte a peso seco del agregado grueso requerido en un metro cúbico de concreto, multiplicándolo por el peso volumétrico de varillado en seco.
- g. Hasta el paso anterior se tienen estimados todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino, cuya cantidad se calcula por diferencia. Para este séptimo paso, es posible emplear cualquiera de los dos procedimientos siguientes: por peso o por volumen absoluto.



- h. El octavo paso consiste en ajustar las mezclas por humedad de los agregados, el agua que se añade a la mezcla se debe reducir en cantidad igual a la humedad libre contribuida por el agregado, es decir, humedad total menos absorción.
- i. El último paso se refiere a los ajustes a las mezclas de prueba, en las que se debe verificar el peso volumétrico del concreto, su contenido de aire, la trabajabilidad apropiada mediante el slump y la ausencia de segregación y sangrado, así como las propiedades de acabado. Para correcciones por diferencias en el slump, en el contenido de aire o en el peso unitario del concreto el informe ACI 211.1-91 proporciona una serie de recomendaciones que ajustan la mezcla de prueba hasta lograr las propiedades especificadas en el concreto.



2.7. PROPIEDADES MECÁNICAS Y MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO.

2.7.1. ELASTICIDAD Y LEY DE HOOKE.

2.7.1.1. LEY DE HOOKE:

La relación entre esfuerzo y deformación unitaria puede considerarse lineal para todos los materiales, esta generalización para todos los materiales se conoce como LEY DE HOOKE. Simbólicamente esta ley puede expresarse por la ecuación:

$$\sigma = E\varepsilon$$

Que simplemente significa que el esfuerzo es directamente proporcional a la deformación unitaria, donde la constante de proporcionalidad es E. esta constante E se llama módulo elástico, módulo de elasticidad o módulo de YOUNG. Como ε no tiene dimensiones, en la relación anterior E mayúscula tiene las unidades del esfuerzo. En el sistema inglés, esta constante se mide usualmente en lb/in² y en sistema de unidades S.I se mide en N/m² (o Pa, que significa pascal). Gráficamente, E se interpreta como la pendiente de una línea recta que va del origen al punto algo vago A sobre un diagrama de esfuerzo – deformación unitaria uniaxial. El esfuerzo correspondiente al último punto se denomina



límite elástico o límite proporcional del material, físicamente el módulo elástico representa la rigidez del material bajo una carga impuesta.

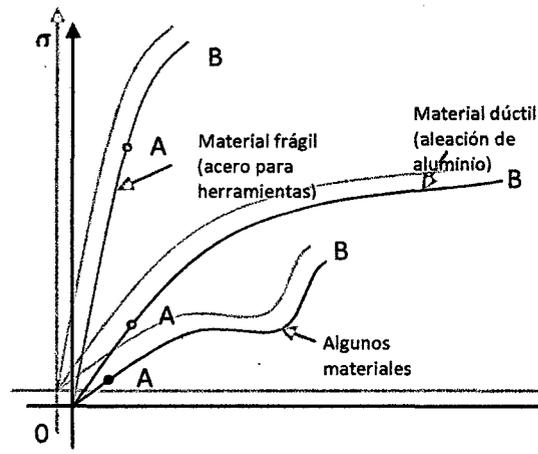


Fig. N° 02. Diagrama esfuerzo – deformación unitaria.

El valor del módulo elástico es una propiedad específica de un material por experimentos se sabe que ϵ es siempre una cantidad muy pequeña; por consiguiente E debe ser muy grande.

Cuando un cuerpo sufre una deformación, la fuerza deformadora es proporcional a la deformación del cuerpo siempre y cuando el estiramiento no supere el límite elástico.

En el caso particular de la deformación longitudinal de un resorte, la fuerza deformadora es proporcional a la deformación. Al resorte; en tal caso se dice que la deformación es elástica:

$$F = kx$$



Donde K es la constante de proporcionalidad, llamada constante de fuerza, constante elástica o módulo de Young que depende de la naturaleza del material y de la forma del resorte, y L es el desplazamiento medido desde la posición de equilibrio, llamado también elongación.

La ecuación se conoce como Ley de Hooke. es la que se utiliza en los resortes Como la ecuación representa la relación lineal entre la fuerza F y el desplazamiento. La constante K resulta ser la pendiente de la recta representativa de F vs ΔL .

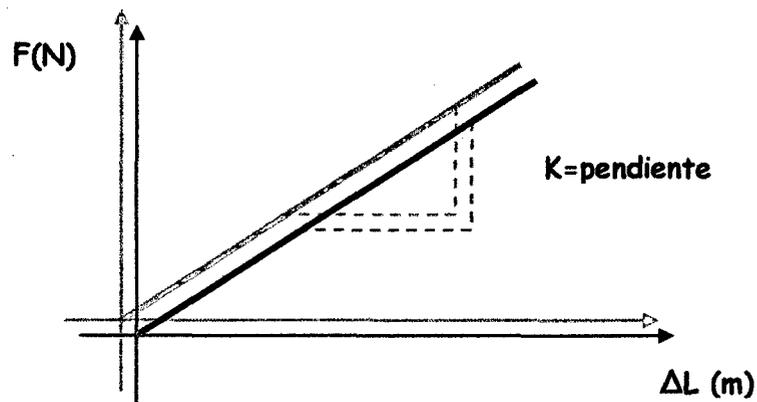


Fig. N° 03. Ley de Hooke.



2.7.1.2. LIMITE DE ELASTICIDAD.

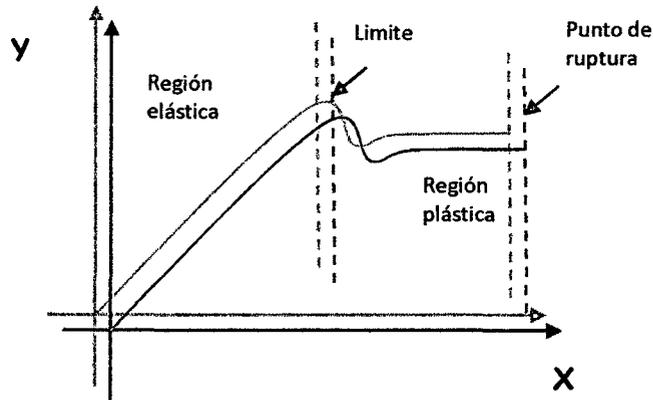


Fig. N° 04. Límites de Elasticidad.

El límite elástico, también denominado límite de elasticidad, es la tensión máxima que un material elástico puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes. Si se aplican tensiones superiores a este límite, el material experimenta deformaciones permanentes y no recupera su forma original al retirar las cargas. En general, un material sometido a tensiones inferiores a su límite de elasticidad es deformado temporalmente de acuerdo con la LEY DE HOOKE.

Los materiales sometidos a tensiones superiores a su límite de elasticidad tienen un comportamiento plástico. Si las tensiones ejercidas continúan aumentando el material alcanza su punto de fractura.



2.7.2. ASPECTOS GENERALES.

En su forma más simple, el Concreto es un material compuesto constituido por un material cementante, agua y agregado. El cemento, normalmente tipo Portland, una vez hidratado genera la adhesión química entre los componentes. Por lo general el agregado representa entre el 60 al 75% del volumen total del concreto estructural, el cemento entre un 7 a 15% y el aire atrapado entre 1 al 3%. Para ciertos propósitos se puede incorporar hasta un 8% de aire, en forma de pequeñas burbujas en el mortero, agregando sustancias especiales. El aire incorporado es importante para concretos que van a estar sometidos a procesos de hielo – deshielo.

El concreto tiene una alta resistencia en compresión, pero su resistencia en tracción es baja, de hecho en los cálculos se suele despreciar la resistencia en tracción.

En la tabla 1-1 se presenta una dosificación típica para un concreto de Resistencia a la compresión $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y un asentamiento (slump) comprendido entre 5" y 6". La intención de esta tabla es dar una idea de la cantidad de cada uno de los elementos presentes en una mezcla de concreto. Es interesante anotar que el contenido de pasta de cemento, constituido por la suma del cemento, el agua y el aire atrapado, constituye cerca del 30% del volumen.

Asumiendo que el cemento y los agregados son de buena calidad, los indicadores más importantes son la relación agua – cemento



(w/c) y el contenido total de pasta de cemento en la mezcla. Ambos indicadores, asumiendo que no se empleen aditivos, tienen que ver con la resistencia a la compresión y con la retracción por secado que experimentará la mezcla. La cantidad total de cemento presente en la mezcla, tiene que ver con el calor de hidratación que se genera durante la fragua y por consiguiente con el potencial de que se formen fisuras térmicas.

Tabla N° 11. Dosificación de una mezcla de concreto, Resistencia $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$.

	En peso. (kg/m³)	% en peso.	En volumen (m³)	% en volumen
Cemento	307	13%	0.098	10%
Agua	178	8%	0.178	18%
Aire atrapado			0.020	2%
Agregado grueso	1040	44%	0.385	39%
Agregado fino	825	35%	0.319	32%
Total	2350	100%	1.00	100%
Relación w/c	0.58		1.82	
Contenido de pasta			0.296	29.6%



2.7.3. RESISTENCIA A LA COMPRESION.

El valor de f_c (resistencia a la compresión) se utiliza generalmente como indicador de la calidad del concreto. Es claro que pueden existir otros indicadores más importantes dependiendo de las solicitaciones y de la función del elemento estructural o estructura.

Por ejemplo en el diseño de pavimentos la resistencia a la tracción por flexión es un indicador importante. Otro indicador importante puede ser la durabilidad.

Las Normas o Códigos relacionan muchas de las características mecánicas del concreto (módulo de elasticidad, resistencia a la tracción, resistencia al corte, adherencia, etc.) con el valor de f_c .

La resistencia a la compresión se determina a partir de ensayos de laboratorio en probetas estándar cargadas axialmente. Este ensayo se utiliza para monitorear la resistencia del concreto tanto para el control de la calidad como para la aceptación del concreto fabricado. La confección de las probetas y el ensayo están regulados por las Normas (ASTM) y en ellas se especifica:

- El proceso de confección de las probetas.
- El tamaño de las probetas. Normalmente se utilizan probetas cilíndricas 6"x12".
- El proceso de curado de las probetas ya sea en el laboratorio o en obra para las probetas denominadas curadas bajo condiciones reales de obra. Estas últimas permiten determinar la efectividad



de los procesos de curado utilizados y los plazos de desencofrado y puesta en servicio de la estructura.

- El proceso de ensayo a compresión de las probetas. El ensayo puede estar controlado por carga o por deformación. Cuando el ensayo es realizado controlando la carga, normalmente la velocidad es tal que se alcanza la falla de la probeta en 2 a 3 minutos, lo cual equivale a un incremento de esfuerzo entre 2.1 y 2.8 kg/cm² por segundo aproximadamente. Cuando el control es por deformación, la velocidad de deformación unitaria es de 0.001 por minuto aproximadamente.

En otros países (Europa) se utilizan probetas cúbicas de 0.15, 0.20 ó 0.30 m de lado (la arista debe ser mayor que tres veces el tamaño máximo del árido empleado). La resistencia de las probetas cúbicas, por el efecto del confinamiento que producen las aristas y los cabezales de las máquinas de ensayo en contacto con la probeta, es mayor que las cilíndricas. El CEB recomienda la siguiente equivalencia (valor medio) entre probetas cilíndricas y cúbicas:

$-f_c$ (cilíndrica) \approx 0.80 f_c (cúbica de 0.15 m de arista). Valores límites entre 0.70 y 0.90.

$-f_c$ (cilíndrica) \approx 0.83 f_c (cúbica de 0.20 m de arista). Valores límites entre 0.75 y 0.90.

$-f_c$ (cilíndrica) \approx 0.90 f_c (cúbica de 0.30 m de arista). Valores límites entre 0.80 y 1.00.



Es necesario resaltar que las probetas de concreto curadas y ensayadas bajo condiciones estándar, miden, en teoría, el potencial resistente del concreto al cual representan.

2.7.4. PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION.

- a. En todos los concretos de buena calidad, la resistencia de las partículas de agregado es mayor que la de los demás componentes del concreto, de modo que los elementos importantes en la resistencia del concreto son, la resistencia del propio cemento hidratado (matriz) y la resistencia de la interfase matriz - agregado.
- b. La relación agua - cemento (w/c). Esta es tal vez la variable más importante, una relación w/c baja, reduce la porosidad de la matriz o pasta de cemento y mejora la traba entre los sólidos aumentando la resistencia. Por el contrario una relación alta aumenta la porosidad de la matriz y de la zona de transición entre la matriz y los agregados, reduciendo la resistencia. La figura N° 05 (ACI) muestra la clara influencia que tiene la relación w/c en la resistencia a la compresión a los 28 días de un grupo de mezclas de concreto sin aire incorporado. También se observa que para una misma relación el rango de resistencias es amplio. Para una relación w/c de 0.45 el rango de resistencia varía entre 350 y 450 kg/cm^2 aproximadamente, mientras que para una relación de 0.65 el rango de variación es entre los 175 y los 280 kg/cm^2 .



La figura N° 06 muestra la influencia de la relación agua – cemento en la resistencia y en forma de la curva esfuerzo – deformación del concreto. Nótese que a medida que se reduce la relación w/c aumenta la resistencia y la rigidez axial (módulo de elasticidad). Los concretos de baja resistencia muestran deformaciones de rotura (ϵ_{cu}) mayores que los de alta resistencia y la pendiente de la rama descendente de la curva es suave.

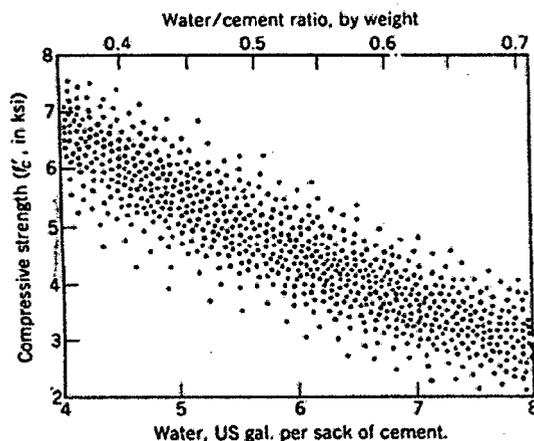


Fig. N° 05. Influencia de la Relación w/c .

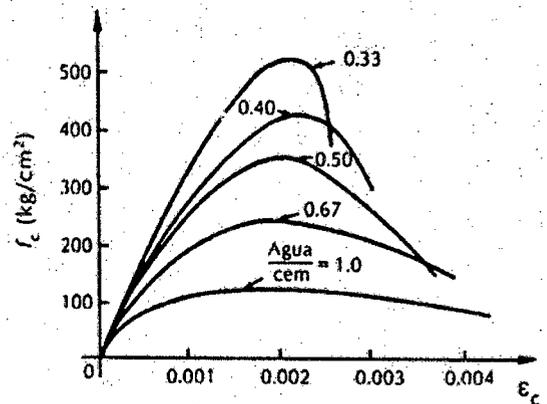


Fig. N° 06. Influencia de la relación w/c en la resistencia y la forma de la curva.

La figura N° 07 muestra curvas aproximadas que permiten apreciar el efecto de la relación w/c sobre la resistencia del concreto. Ya hemos mencionado que para una misma relación pueden obtenerse varias resistencias por lo tanto las curvas deben tomarse como tendencias globales y no como valores exactos. Se muestran las curvas para mezclas confeccionadas



con y sin aire incorporado, curadas por vía húmeda a 21°C hasta el día del ensayo.

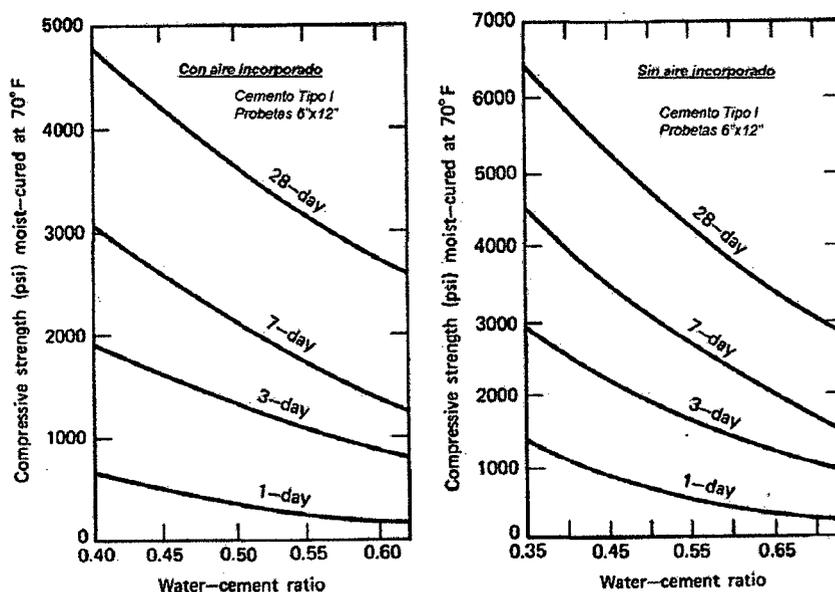


Fig. N° 07. Efecto de w/c en concretos con y sin aire incorporado.

- c. El aire incorporado (aire incluido o incorporado) en la mezcla a través de aditivos, tiende a reducir la resistencia en compresión. También el aire que queda atrapado (aire atrapado) por una consolidación no adecuada del concreto dentro de los encofrados, tiende a reducir la resistencia.

Las burbujas de aire incluido son del orden de 0.05 mm mientras que las de aire atrapado suelen ser mucho mayores, algunas de ellas tan grandes que se les denomina "marcas de viruela" como aquellas que se aprecian en la superficie de algunos elementos de concreto, principalmente muros, luego de desencofrar.



En la figura N° 07 se puede apreciar el efecto del aire incluido por medio de aditivos en la mezcla. Es claro que para una misma relación w/c las mezclas con aire incluido (a la izquierda de la figura) presentan resistencias menores.

La figura N° 08 muestra la reducción de la resistencia del concreto por el efecto del aire incluido y el atrapado. La figura demuestra que la presencia de aire, sin ningún otro cambio en las proporciones de la mezcla, genera una reducción en la resistencia que es prácticamente proporcional al volumen del aire incluido. También muestra el efecto del aire atrapado como producto de una mala compactación.

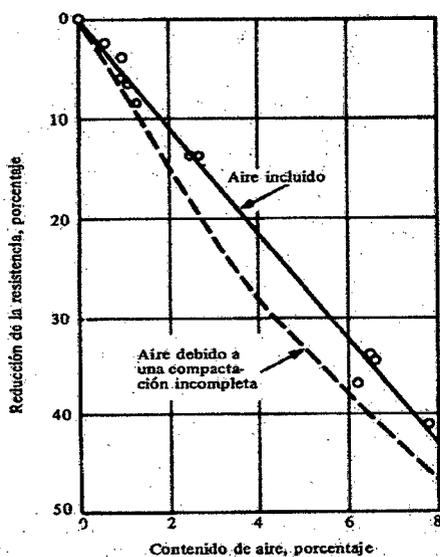


Fig. N° 08. Efecto del contenido de aire en el concreto.



d. El tipo de cemento. El tipo de cemento normalmente afecta la velocidad con la cual se logra f_c . El Cemento Tipo III, por ejemplo, es de una alta resistencia inicial o de rápido endurecimiento. A la edad de un día los concretos fabricados con Cemento Tipo III exhiben, aproximadamente, una resistencia dos veces mayor que los fabricados con Cemento Tipo I y a los 7 días una resistencia entre 1.2 y 1.5 veces mayor.

Los Cementos Tipo II (calor de hidratación moderado y resistencia moderada a los sulfatos) el Tipo IV (de bajo calor de hidratación) y el Tipo V (resistente a los sulfatos) desarrollan resistencia en el tiempo mas lentamente que el Tipo I. A partir los dos o tres meses de edad aproximadamente, los concretos fabricados con cualquiera de los cinco tipos de cemento definidos por la Norma ASTM C-150, exhiben prácticamente la misma resistencia.

e. La gradación, textura y origen de los agregados. La gradación influye en la porosidad y la textura superficial afecta la adherencia entre el agregado y la matriz y el tamaño del área adherida.

Los concretos de resistencia normal fabricados con agregados gruesos resistentes, fallan en compresión por el agrietamiento del mortero (matriz) y muestran un curva esfuerzo – deformación con una amplia rama descendente. En contraste



si el agregado falla antes que el mortero, la falla tiende a ser súbita con una rama descendente corta y muy inclinada.

f. Las condiciones de humedad y temperatura durante el curado.

Debido al proceso continuo de hidratación del cemento, el concreto aumenta su resistencia en el tiempo dependiendo de las condiciones de intercambio de humedad con el ambiente, por ello las condiciones de humedad durante el curado afectan fuertemente la resistencia. Periodos prolongados de curado aumentan significativamente la resistencia.

La figura N° 09 muestra la influencia de las condiciones y tiempo de curado en la resistencia del concreto. Las diferencias en la resistencia por el efecto del curado son notables entre los concretos curados al aire (curva inferior) y los curados por vía húmeda. La figura N° 10 muestra las curvas esfuerzo – deformación de probetas fabricadas con un mismo concreto y ensayadas a distintas edades, todas las probetas fueron curadas bajo las mismas condiciones hasta el día del ensayo.

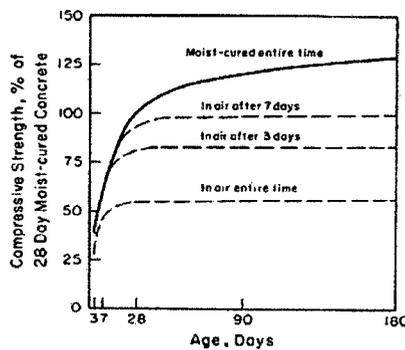


Fig. N° 09. Influencia de las condiciones de curado en la resistencia.

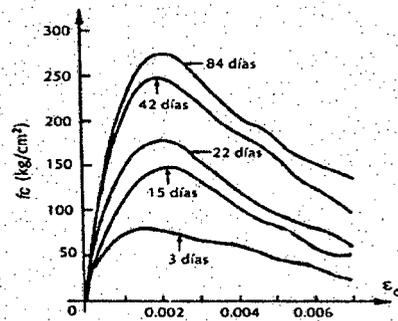


Fig. N° 10. Efecto de la edad y del curado en la resistencia.

- g. La edad del concreto. Con Cemento Tipo I la resistencia a los 7 días es aproximadamente el 65% a 70% de la resistencia a los 28 días. En la figura N° 07 se nota claramente el efecto de la edad en la resistencia para probetas curadas permanentemente hasta el día del ensayo.

En la figura N° 09 es posible apreciar que una probeta curada durante 7 días, que suele ser el plazo mínimo recomendado de curado para cementos Portland normales, aumenta poco su resistencia luego de un mes. En consecuencia, en estructuras reales curadas durante plazos convencionales, no es de esperarse un aumento importante en la resistencia con el tiempo.

- h. La velocidad de carga o de deformación. Los ensayos de probetas se realizan a una velocidad especificada por la Norma especificada, sin embargo en las estructuras reales la velocidad con la cual se aplica la carga es distinta a la del ensayo. Este suele ser el caso de las cargas vivas, de las



cargas de impacto y de las cargas inducidas por las acciones sísmicas. A velocidades de carga muy altas, f_c puede aumentar en un 15% a 20% o más. Por ejemplo cuando la probeta se lleva a la falla en 0.1 a 0.15 segundos, lo que corresponde a una velocidad de carga de unos 2,000 kg/cm² por segundo, la resistencia del concreto se incrementa en un 15%. Esta velocidad de carga es la que podría esperarse en una estructura rígida durante un sismo intenso.

La figura N° 11 y N° 12 muestran la influencia de la velocidad de aplicación del esfuerzo de compresión sobre la resistencia del concreto. Es clara la influencia de las cargas (esfuerzos) aplicadas rápidamente, también el hecho de que a velocidades de carga muy bajas f_c se reduce hasta en un 15%. Este fenómeno probablemente se deba a que con velocidades de carga muy bajas, puede producirse un mayor creep o flujo plástico en el concreto. Como resultado, las deformaciones en el concreto se incrementan más rápidamente y la falla ocurre cuando se alcanza una cierta deformación límite, independiente de la magnitud del esfuerzo aplicado en ese instante.

En la figura N° 12 no ha sido posible obtener la rama descendente de la curva, por lo menos para cargas lentas, ya que el ensayo fue controlado por carga.

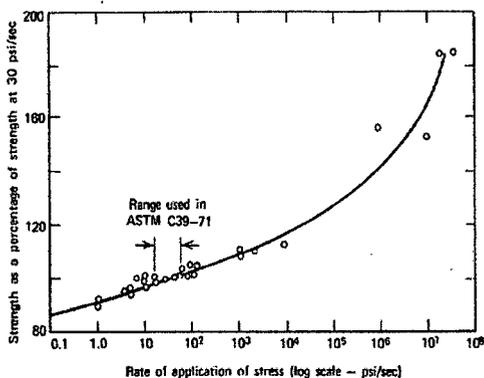


Fig. N° 11. Influencia de la velocidad de carga.

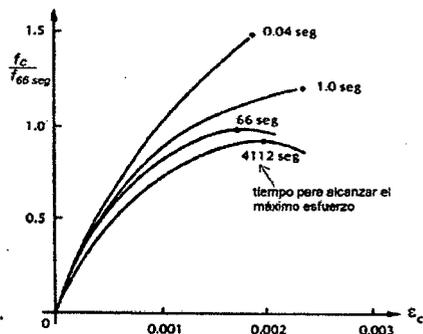


Fig. N°12. Efecto de la velocidad de Carga en curva esf - def.

La figura N° 13 muestra las curvas esfuerzo – deformación de probetas cargadas axialmente para distintas velocidades de deformación. En este caso el ensayo se hace controlando la deformación longitudinal (axial) de la probeta y, a diferencia de los ensayos controlados por velocidad de carga, sí es posible obtener la rama descendente de la curva. La velocidad de deformación, por lo menos en el rango presentado en la figura, no tiene una marcada influencia en la resistencia máxima, la influencia fuerte está en la forma de las curvas. La diferencia en las formas de las curvas para velocidades lentas, se debe al efecto del creep o flujo plástico.

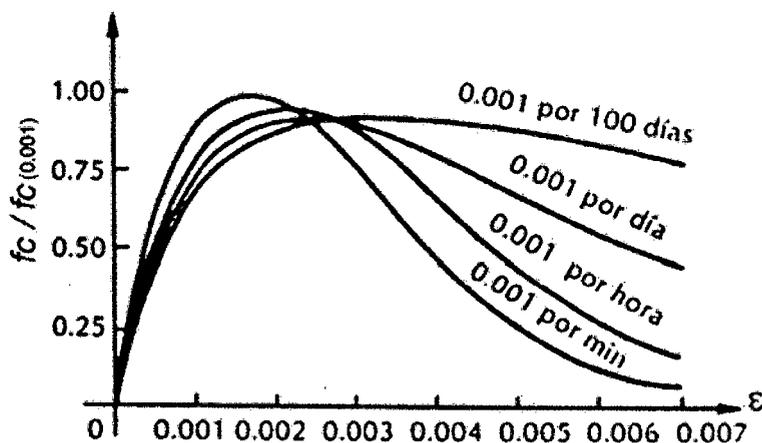


Fig. N° 13. Efecto de la velocidad de deformación.

2.7.5. RESISTENCIA DEL CONCRETO EN LA ESTRUCTURA REAL.

En general, la resistencia del concreto en la estructura real, tiende a ser menor que la resistencia f_c obtenida en laboratorio a partir de las probetas fabricadas y ensayadas de acuerdo a las normas. Recuerde que, en teoría, las probetas miden el **potencial resistente** del concreto al cual representan. Las siguientes son algunas de las razones por las cuales se producen las diferencias:

- Las diferencias en la colocación y compactación entre el concreto colocado y compactado (vibrado) en la estructura real y el concreto colocado y compactado en una probeta.
- Las diferencias en el curado. Es clara la diferencia notable en las condiciones de curado entre una probeta de laboratorio y una estructura real.
- El efecto de la migración hacia arriba del agua en el concreto colocado en una estructura real. Esto genera que la relación



w/c no sea uniforme a lo largo de la altura del elemento. En elementos peraltados el concreto de la parte superior suele ser menos resistente que el de la parte inferior. Esto debido a un aumento en la relación w/c por la migración del agua luego de colocado el concreto, y por la mayor compactación del concreto de la parte inferior producto del peso del concreto por encima.

- d. El efecto de la segregación de los agregados que se produce durante el llenado de las columnas. Este efecto genera un concreto no uniforme.
- e. El efecto de la segregación de los agregados que se produce durante el llenado de las columnas. Este efecto genera un concreto no uniforme.
- f. Las diferencias entre los regímenes de esfuerzos en una probeta y en el elemento real. En una probeta la sollicitación es prácticamente de compresión uniforme, con algunas distorsiones o concentraciones de esfuerzos cerca de las zonas de aplicación de las cargas, mientras que en el elemento estructural real pueden existir fuertes gradientes de esfuerzos. Por ejemplo en la zona comprimida de una viga sometida a flexión, las fibras menos esforzadas, las cercanas al eje neutro, tienden a estabilizar a las fibras más esforzadas.

La resistencia del concreto en una estructura real se puede estimar mediante la extracción de testigos perforados (Norma Peruana artículo 4.6.6, ACI-11 artículo 5.6.5).



La uniformidad del concreto en la estructura real se puede determinar con la ayuda de un instrumento denominado Esclerómetro, con el cual se determina la dureza superficial del concreto.

Aunque algunos de los Esclerómetros incluyen tablas de correlación entre la dureza superficial y la resistencia del concreto, estos valores deben tomarse con suma prudencia, los resultados deben interpretarse como una medida de la uniformidad del concreto y no como una medida directa de la resistencia del concreto.

2.7.6. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DEL CONCRETO.

La resistencia en tracción directa o en tracción por flexión del concreto, es una magnitud muy variable. La resistencia a la tracción directa (f_t) del concreto varía entre el 8% y el 15% de la resistencia en compresión (f_c).

La resistencia a la tracción del concreto es importante ya que la resistencia al corte del concreto, la adherencia entre el concreto y el acero y la fisuración por retracción y temperatura, dependen mucho de esta.

La resistencia en tracción directa, depende mucho del tipo de ensayo utilizado para su determinación. El ensayo en tracción directa no es simple de ejecutar por el tamaño de la probeta, por la baja resistencia en tracción del concreto, por su fragilidad ante esta sollicitación y por la dificultad de aplicar cargas sin producir



concentraciones de esfuerzos que distorsionen los resultados de los ensayos.

La figura N° 14 muestra un ensayo en tracción directa sobre una probeta de sección variable. Es un ensayo difícil de ejecutar y no está normalizado.

Nótese que la curva esfuerzo – deformación se puede aproximar bastante bien mediante una parábola. También es importante hacer notar la pequeña deformación axial asociada al valor máximo del esfuerzo de tracción (0.00001) y al esfuerzo de rotura. La deformación de rotura en este caso, es del orden de la vigésima parte de la deformación de rotura en compresión del concreto especificada por el ACI (0.003). La resistencia a la tracción del concreto depende también del tipo de agregado y de la presencia de esfuerzos transversales a los de tracción (estados biaxiales o triaxiales). Se desarrolla más rápidamente en el tiempo que la resistencia a la compresión.

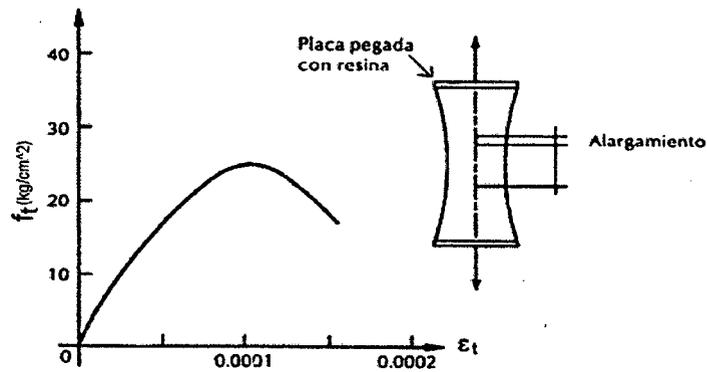


Fig. N° 14. Ensayo de tracción directa.

Los principales ensayos utilizados para determinar, de manera indirecta, la resistencia a la tracción del concreto son:

- a. Módulo de Rotura fr (ensayo de tracción por flexión) es una medida indirecta de f_t . Se obtiene ensayando hasta la rotura una probeta prismática de concreto simple de 6"x6"x18" simplemente apoyada, con cargas a los tercios. Para calcular el esfuerzo de rotura f_r se asume una distribución lineal de los esfuerzos internos y se aplica la fórmula de resistencia de materiales:

$$f_r = \frac{6M}{bh^2} \quad (1-1)$$

El ajuste de un gran número de resultados experimentales, arroja un promedio (con mucha dispersión) de:

$$f_r \approx 2.2\sqrt{f_c} \quad (\text{Kg/cm}^2) \quad (1-2)$$



EL ACI y la Norma Peruana, definen el Módulo de Rotura del concreto mediante la ecuación 1-3. El ACI utiliza esta ecuación para el cálculo de deflexiones en elementos de concreto armado. Sin embargo para elementos de concreto simple (sin armadura) sometidos a flexión el ACI-11 (artículo 22.5.1) especifica el valor dado por la ecuación 1-4.

$$f_r \approx 2.0 \sqrt{f_c} \quad (\text{Kg/cm}^2) \quad (1-3) \text{ ACI} - 11 \text{ 9.5.2.3}$$

$$f_r \approx 1.3 \sqrt{f_c} \quad (\text{Kg/cm}^2) \quad (1-4) \text{ ACI} - 11 \text{ 22.5.1}$$

- b. Split Test fsp. También llamado también llamado Ensayo Brasileño o Ensayo de Compresión Diametral.

Se ensaya hasta la rotura una probeta cilíndrica de estándar 6"x12" cargada diametralmente, tal como se ilustra en la figura 1-10. Los esfuerzos a lo largo del diámetro vertical varían de compresiones transversales muy altas cerca de las zonas de aplicación de cargas a esfuerzos de tracción prácticamente uniformes en aproximadamente las dos terceras partes del diámetro. El esfuerzo de rotura se calcula con la fórmula 1-5 deducida de la teoría de la elasticidad para materiales homogéneos.

$$f_{sp} = \frac{2P}{\pi ld} \quad (1-5)$$



El ajuste de un gran número de resultados experimentales, arroja un promedio (con mucha dispersión) de:

$$f_{sp} \approx 1.7\sqrt{f_c} \quad (1-6)$$

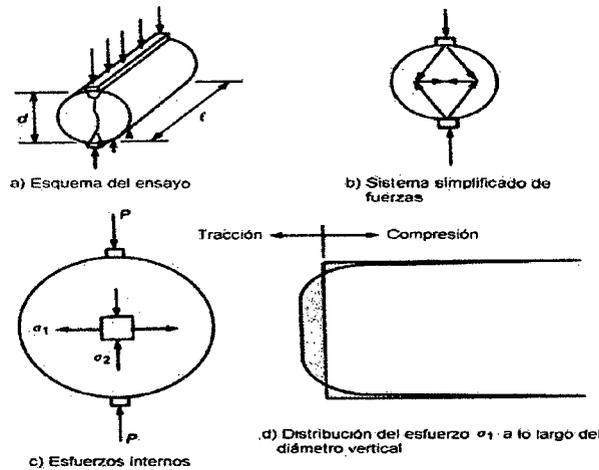


Fig. N° 15. Ensayo de compresión diametral (Split test).

La figura N° 15 (MacGregor) muestra los resultados de un gran número de ensayos de compresión diametral (f_{sp}) con relación a la resistencia a la compresión f'_c . La curva (ajuste) superior corresponde al promedio representado por la ecuación 1-6 en unidades inglesas. Es notoria la fuerte dispersión de los resultados en todos los rangos de resistencia, en consecuencia los valores promedio deben utilizarse con criterio.

En general las resistencias obtenidas de los ensayos, se ordenan del siguiente modo:

$$f_r > f_{sp} > f_t \quad (1-7)$$



El CEB (Jiménez Montoya) admite las siguientes relaciones

entre los resultados de los ensayos:

$$f_r \approx 0.9 f_{sp} \quad (1-8)$$

$$f_t \approx 0.5 f_r \quad (1-9)$$

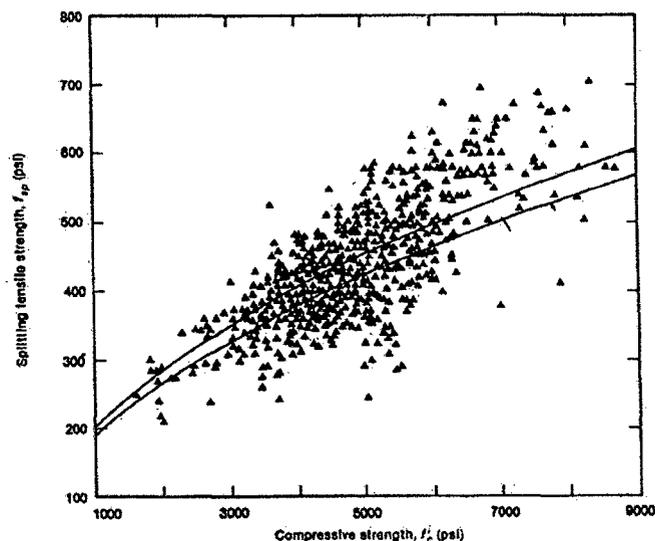


Fig. N° 16. Relación entre el ensayo Split test y la resistencia en compresión.

Tal como se mencionó, las deformaciones de rotura medidas en los ensayos de tracción son pequeñas, los siguientes son valores referenciales (MacGregor):

Flexión axial (ft): $\epsilon_{rotura} = 0.0001$ a 0.00015

Tracción por flexión (fr): $\epsilon_{rotura} = 0.00014$ a 0.0002

El ensayo de tracción por flexión o módulo de rotura (fr) presenta mayor dispersión que el ensayo de compresión diametral. Esto se debe a que en la probeta utilizada, la hipótesis de secciones planas que se utiliza para calcular la resistencia f_r no es válida y al gradiente de esfuerzos que existe en la zona traccionada de la probeta, gradiente que



origina que las fibras menos esforzadas, las cercanas al eje neutro, tiendan a estabilizar a las más esforzadas. La correlación entre la resistencia a tracción por flexión y la resistencia a la tracción directa no es buena. Si fuera necesario estimar la resistencia a la tracción directa del concreto, es preferible utilizar el ensayo de compresión diametral.

Debido a la baja resistencia en tracción del concreto, esta generalmente se desprecia en los cálculos de resistencia en flexión y flexocompresión. Sin embargo el comportamiento de los elementos de concreto armado bajo cargas de servicio (fisuración y deflexiones por flexión) es fuertemente dependiente de la resistencia a tracción del concreto.

Además existen situaciones en las cuales el diseño del concreto se realiza en estado elástico y está controlado por la resistencia en tracción del concreto, como por ejemplo en cimentaciones sin armar, estanques o reservorios impermeables, pavimentos.

Si fuese necesario contar con un modelo simplificado (diagrama σ - ϵ) del comportamiento en tracción directa del concreto, por ejemplo para el diseño de tirantes en los cuales no se acepta fisuración, puede suponerse un diagrama lineal hasta la deformación de rotura en tracción, o hasta un esfuerzo máximo aproximado de $0.1 f'c$, con una pendiente aproximadamente igual a la del módulo de elasticidad del



concreto en compresión. Esta última suposición relativa al módulo de elasticidad en tracción del concreto, se ha comprobado experimentalmente que es aceptable.

2.7.7. MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO SIMPLE PARA CARGAS DE CORTA DURACION.

Para estimar las deformaciones en elementos o estructuras de concreto armado, debidas a las cargas de corta duración, donde es posible asumir para el concreto una relación lineal entre esfuerzos y deformaciones sin errores importantes, es necesario definir un valor del módulo de elasticidad. Las curvas esfuerzo - deformación del concreto no son lineales (ver figuras 6,10,11,12) por lo tanto el concepto convencional de módulo de elasticidad, como el que empleamos para el acero, no es correcto. Sin embargo para esfuerzos bajos de hasta 0.4 a 0.5 f_c el suponer un comportamiento lineal no conlleva a errores importantes.

La figura N° 16 (Harmsen) muestra las distintas definiciones que puede adoptar el módulo de elasticidad del concreto simple: el módulo tangente inicial, el módulo tangente en un punto determinado de la curva y el módulo secante entre dos puntos de la misma. Esta última definición es la más utilizada para cargas de corta duración y se suele calcular para un esfuerzo cercano a 0.5 f_c . El módulo de elasticidad tangente inicial, normalmente es un 10% mayor que el secante. Las Normas ASTM (C469-94)



especifican la manera de calcular el módulo secante a partir de los ensayos de compresión en probetas estándar de concreto.

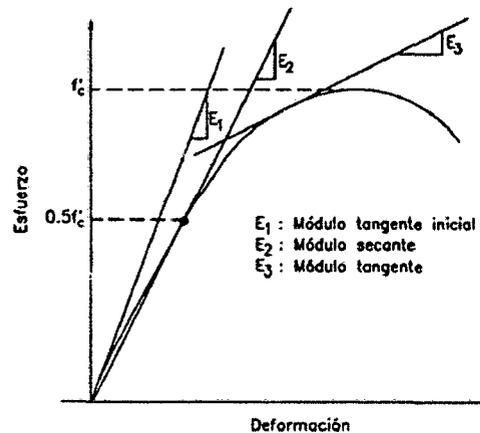


Fig. N° 17. Módulo de elasticidad del concreto.

Para tomar en cuenta los efectos de las cargas sostenidas (cargas de larga duración) es necesario corregir el módulo de elasticidad determinado para cargas de cortas duración, ya que el flujo plástico del concreto modifica las deformaciones internas. Una posibilidad es utilizar el Coeficiente de Flujo Plástico del concreto C_t el cual es dependiente del tiempo, con lo cual el módulo de elasticidad puede aproximarse mediante la ecuación 1-10 (Park - Paulay).

$$E_c(t) = \frac{E_c}{1+C_t} \quad (1-10)$$

El módulo de elasticidad del concreto depende de muchas variables, entre las principales están:



- a. El módulo de elasticidad de la pasta de cemento (matriz). Un incremento en la relación w/c aumenta la porosidad de la pasta reduciendo el módulo de elasticidad (E_c) en consecuencia hay dependencia entre E_c y f_c .
- b. El módulo de elasticidad de los agregados. Los agregados de peso normal tienen un módulo que varía entre 1.5 a 5 veces el módulo de elasticidad de la pasta. Por lo tanto el tipo de agregado y la cantidad presente en la mezcla influyen fuertemente en el valor de E_c .

El ACI permite estimar el valor E_c para concretos de peso específico entre 1,400 y 2,500 kg/m³ mediante la ecuación 1-11:

$$E_c = 0.14 (\gamma)^{1.5} \sqrt{f_c} \quad (1-11) \text{ ACI} - 11, 8.5.1$$

Siendo γ el peso específico del concreto en kg/m³. Este valor corresponde al módulo de elasticidad secante del concreto, medido al 45% de f_c aproximadamente, en ensayos de corta duración.

Para Concretos de Peso Normal (aproximadamente 2,300 kg/m³) el ACI y la Norma Peruana permiten estimar E_c mediante:

$$E_c = 15,000 \sqrt{f_c} \quad (\text{Kg/cm}^2) \quad (1-12) \text{ E-060, 8.5.1}$$

Ya que estas ecuaciones ignoran el tipo de agregado utilizado, su dispersión es amplia, los valores medidos en ensayos varían entre 0.8 y 1.2 del predicho por las ecuaciones.



Cuando sea necesario una mejor estimación del módulo de elasticidad para cargas de corta duración, por ejemplo para el caso en que las deflexiones o vibraciones sean determinantes en el diseño, se recomienda obtener mediante ensayos el módulo de Elasticidad del concreto a utilizarse.

2.7.8. MÓDULO DE POISSON DEL CONCRETO.

Por debajo del esfuerzo crítico (75% a 80% de f'_c) el Módulo de Poisson - μ - varía entre 0.11 y 0.21. Normalmente está en el rango de 0.15 a 0.20 y permanece aproximadamente constante bajo cargas sostenidas. En la práctica se suele adoptar $\mu = 0.15$, con lo cual el Módulo de Rigidez al Esfuerzo Cortante es:

$$G_c = \frac{E_c}{2(1+\mu)} \quad (1-13)$$

$$G_c = \frac{E_c}{2.3} \quad (1-14)$$



2.7.9. MECANICA DE LA FRACTURA DEL CONCRETO EN COMPRESIÓN.

La figura N° 17 muestra el comportamiento en compresión de la pasta de cemento hidratada y de los agregados utilizados para fabricar concreto. El comportamiento de ambos es frágil y prácticamente lineal hasta la falla, sin embargo, el concreto que es un material compuesto por la mezcla de los dos anteriores, muestra un comportamiento en compresión no lineal con algo de ductilidad.

Este fenómeno de comportamiento no lineal y de ductilidad aparente, se puede explicar si se observa en la figura N° 18, en la cual se muestra el estado de microfisuración interna en la interfase entre la pasta y el agregado (fisuras de adherencia) y en la misma pasta de cemento (fisuras en el mortero). El estado de microfisuración interna depende del nivel del esfuerzo aplicado, cerca del esfuerzo máximo (f_c) la fisuración interna es muy pronunciada tanto en la interfase como en la pasta misma.

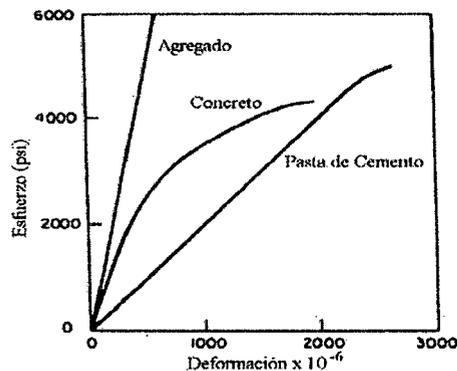


Fig. N° 18. Curvas esfuerzo – deformación del concreto.

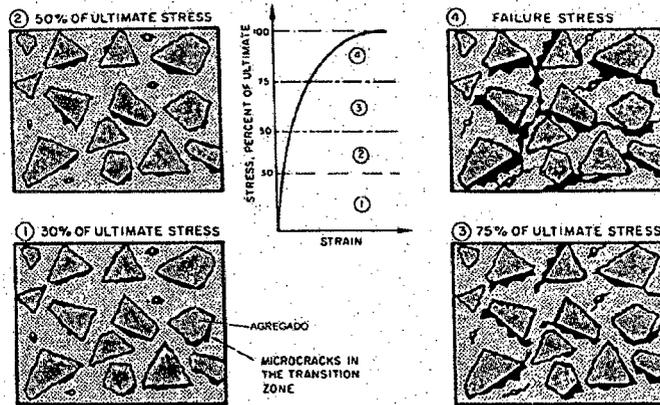


Fig. N° 19. Fisuración interna en el concreto sometido a esfuerzos.

Las deformaciones longitudinales ϵ_1 y transversales ϵ_3 (por efecto Poisson) que se producen en un ensayo de compresión, son como se muestran en la figura N° 19.

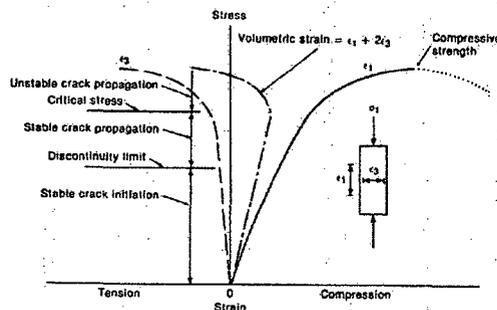


Fig. N° 20. Curva esfuerzo – deformación para el concreto sometido a compresión.

Cuando los esfuerzos exceden del 30% a 40% de f_c , se empiezan a formar las fisuras de adherencia en la interfase entre la pasta y los agregados, este agrietamiento es estable y se propaga solamente si se aumenta el esfuerzo axial. Al aumentar la carga los esfuerzos internos se redistribuyen hacia las zonas de



interfase que aún no se han agrietado y hacia el mortero (pasta).

Esta redistribución origina que el diagrama esfuerzo - deformación empiece a curvarse a partir de un esfuerzo cercano a $0.4, 0.5 f_c$.

La propagación del agrietamiento interno es estable hasta el denominado Esfuerzo Crítico (entre 0.75 a 0.8 de f_c). Al alcanzar este esfuerzo la estructura interna del concreto se convierte en inestable, se incrementa el agrietamiento en el mortero y aumenta el comportamiento global no lineal. La deformación lateral (ϵ_3) y la deformación volumétrica crece fuertemente.

Los gradientes de esfuerzos que se producen en las situaciones reales, por ejemplo en la zona comprimida de una viga en flexión, atenúan el efecto de la propagación inestable ya que las fibras menos comprimidas estabilizan a las más comprimidas.

La figura N° 20 muestra el efecto que tienen las cargas sostenidas de compresión en un elemento de concreto sin armaduras de refuerzo (el denominado efecto de la permanencia de la carga). En esta figura, la curva inferior denominada límite de deformación, muestra las deformaciones máximas que se obtendrían al aplicar indefinidamente esfuerzos de compresión, inferiores al esfuerzo crítico. Es claro que bajo cargas constantes las deformaciones aumentan con el tiempo por el efecto del flujo plástico del concreto. La curva superior, denominada límite de falla, indica las deformaciones a la falla correspondientes a las cargas superiores al valor crítico.



La intersección entre las dos curvas mencionadas en el párrafo anterior, representa teóricamente el porcentaje de la resistencia del concreto por debajo del cual el elemento puede resistir la carga de compresión indefinidamente. Si se carga en compresión un elemento de concreto sin armar hasta cerca del esfuerzo crítico y se mantiene la carga en el tiempo, el concreto fallará.

En teoría, un elemento de concreto sin armar, puede soportar cargas indefinidamente sin fallar, hasta para un esfuerzo en el orden del 60% de su resistencia. Cargas mayores, aplicadas de modo permanente, que produzcan esfuerzos mayores al 70 – 80% de su capacidad, provocarán la falla del elemento.

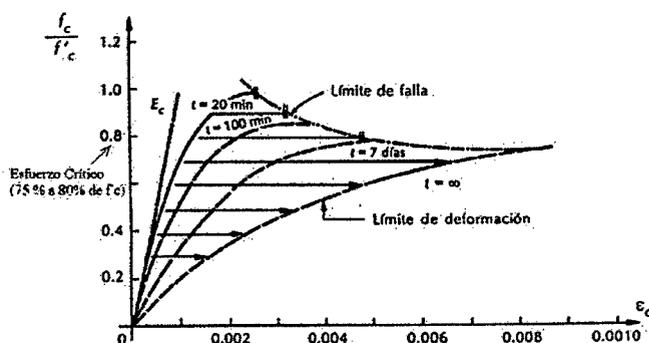


Fig. N° 21. Efectos de las cargas sometidas a compresión.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS



CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS.

3.1. METODO DE ESTUDIO

El presente trabajo esta referido a la determinación del módulo de elasticidad estático a compresión del concreto producido en la planta Concretera DINO – CHIMBOTE, con el fin de obtener un factor de corrección a las fórmulas de la norma ACI 318 – 11, 8.5.1. y a la norma E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones, para lo cual se utilizaron métodos estadísticos para determinar el valor promedio del módulo de elasticidad del concreto.

Para obtener esta información se realizaron 30 testigos cilíndricos obtenidos de la planta de concreto premezclado DINO – CHIMBOTE, los cuales fueron posteriormente ensayados en el laboratorio de estructuras antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Población:

Planta Concretera de DINO en la ciudad Nuevo Chimbote– Santa
– Ancash.

Muestra:

30 cilindros de concreto estándar 6" x 12" extraídos en la planta
de Premezclado de DINO en la ciudad Nuevo Chimbote– Santa –
Ancash.



3.2. MATERIALES:

a) Materiales.

- 01 millar de papel periódico.
- 03 millares de papel bond Atlas A4 80 gr.
- 01 kit de útiles de escritorio.
- 01 cartucho de tinta para impresora EPSON L350 Color y negro.
- 02 Discos duros externos TOSHIBA 1 TB c/u.
- 02 Calculadoras científicas HP 50G.

b) Equipos.

- 01 Laptop TOSHIBA INTEL® CORE™ i7-3630QM CPU@2.4 GHz, , 8.00 GB de RAM, HD 40 Gb. FD 1.44
- 01 Impresora EPSON L350 Color y negro.
- Camioneta VOLKSWAGEN 4x4 TUAREG.
- 02 Cámaras digitales marca Canon.
- 04 Moldes de acero A-36 para muestras de concreto.

c) Servicios.

- Servicio de ensayo de resistencia a la compresión y módulo de elasticidad del concreto en la PUCP.
- Típo e impresiones.
- Fotocopiado y empastados.
- Movilidad y viáticos.
- internet y correo electrónico.
- Desarrollo, asesoría y co-asesoría del Proyecto.



d) **Locales.**

- Biblioteca de la Universidad Nacional Del Santa.
- Planta de concreto premezclado DINO-CHIMBOTE.
- Laboratorio de estructuras antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

**CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES.****4.1. RESULTADOS.**

- Se obtuvo un factor de corrección a la fórmula propuesta por el ACI 318-11,8.5.1 de "k" = **1.0577** y respecto al Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Concreto Armado, Ítem 8.5.1, un valor de "k" = **1.1985**.
- Se obtuvo estadísticamente un valor para el Peso Unitario del concreto producido en DINO – CHIMBOTE que es de **2450 kg/m³**.
- Se obtuvo estadísticamente un valor para el módulo de elasticidad del concreto producido en DINO – CHIMBOTE que es de **260,217.4 kg/cm²**.
- Se modificaron las fórmulas del módulo de elasticidad según ACI 318-11,8.5.1 y del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Concreto Armado, Ítem 8.5.1; de la siguiente manera para la ciudad de Chimbote:

NORMA	FORMULA INICIAL	FORMULA REAJUSTADA
ACI 318-11, 8.5.1	$E_{ct} = 0.14 (\gamma)^{1.5} \sqrt{f'_c}$	$E_{cr} = 0.15 (\gamma)^{1.5} \sqrt{f'_c}$
RNE E-060, 8.5.1	$E_{ct} = 15,000 \sqrt{f'_c}$	$E_{cr} = 18,000 \sqrt{f'_c}$

- Se obtuvo un mejor resultado con respecto a la fórmula propuesta por el ACI 318-11,8.5.1 y del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Concreto Armado, Ítem 8.5.1, debido a que el concreto producido por Dino SRL tiene mayores propiedades elásticas.



- Se realizaron los ensayos de determinación del módulo de elasticidad estático a compresión del concreto en los laboratorios de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- La dosificación del concreto suministrado por Dino SRL fue de:

Cemento MS	:	293 kg
Agua	:	196 kg
Agregado fino	:	888 kg
Agregado grueso	:	1039 kg
Sikament 290N	:	3.52 kg
Total	:	2419 kg

- De acuerdo al análisis estructural efectuado en el programa SAP 2000 V16.0 se obtuvo que las deformaciones y esfuerzos al aplicar distintos módulos de elasticidad en el modelamiento estructural, difieren de la siguiente manera:

CUADRO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA			
PARÁMETROS DE COMPARACIÓN	VALORES R.N.E	PARÁMETROS ACI 318-11	VALORES INVESTIGADOS
MÓD. DE ELAST. (KG/CM ²)	217370.7	246029.3	260217.4
F. CORTANTE MÁX. EN VIGA (TN)	2.9	2.9	2.9
F. CORTANTE MÍN. EN VIGA (TN)	0.06	0.06	0.05
M. FLECTOR MÁX. EN VIGA (TN-M)	7.57	7.65	7.63
M. FLECTOR MÍN. EN VIGA (TN-M)	-9.91	-9.76	-9.63
DESP. X-X (CM)	2.16	2.04	1.98
DESP. Y-Y (CM)	2.00	1.87	1.80



4.2. DISCUSIONES.

- La determinación del módulo de elasticidad estático a compresión del concreto se realizó teniendo como base la norma ASMT C-469.
- De acuerdo a los resultados de análisis estructural se tiene que las deformaciones y esfuerzos producidos en la estructura, teniendo como variante el módulo de elasticidad del concreto, no afectara significativamente el diseño estructural que se pueda realizar posteriormente.
- Se debe tener sumo cuidado durante el muestreo de concreto, para la elaboración de los cilindros de concreto, para que se puedan ensayar todos bajos las mismas condiciones y no tener dispersión de resultados.
- El uso del programa SAP 2000 v16.0, es para comprobar las deformaciones máximas a las que estará sometido la estructura utilizando el valor del módulo de elasticidad según la Norma ACI 318-11,8.5.1 y del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Concreto Armado, Ítem 8.5.1.
- De los resultados obtenidos en las probetas realizadas en el laboratorio, se escogió el valor promedio para determinar el Modulo de elasticidad estático a compresión del concreto.
- La fórmula de la Norma ACI 318-11,8.5.1 y del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Concreto Armado, Ítem 8.5.1, no considera la procedencia de los agregados ni del cemento, así como sus propiedades mecánicas, las cuales influyen directamente en el Módulo de elasticidad del concreto, por ende no se debe considerar como un valor universal.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES.

- El Módulo de Elasticidad del Concreto en la Planta de DINO, presentó una variación promedio del +5.77% respecto a la fórmula del ACI 318-11, 8.5.1 y +19.85% con respecto a la Formula del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Concreto Armado, Ítem 8.5.1, por lo tanto la hipótesis es aceptada.
- Se obtuvo un factor de corrección a la Fórmula del ACI 318-11, 8.5.1 de "k₁" = 1.0577 y de "k₂" = 1.1985 a la Formula del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Concreto Armado, Ítem 8.5.1.
- En base a los análisis efectuados se proponen las siguientes ecuaciones para la determinación del módulo de elasticidad del concreto para la Ciudad de Chimbote:

$$E_{cr} = 0.15 (\gamma)^{1.5} \sqrt{f_c} \quad \text{kg/cm}^2 \quad \text{ACI 318-11, 8.5.1}$$

$$E_{cr} = 18,000 \sqrt{f_c} \quad \text{kg/cm}^2 \quad \text{RNE, E-060, 8.5.1}$$

- Se obtuvo un valor promedio del peso unitario del concreto de 2450 kg/m³ en la Planta Concretera de DINO-CHIMBOTE.
- Se obtuvo un valor promedio del módulo de elasticidad del concreto de 260,217.4 kg/cm² en la Planta Concretera de DINO-CHIMBOTE.
- Se realizó el estudio comparativo del comportamiento de una estructura bajo diferentes valores del módulo de elasticidad y peso específico del concreto de acuerdo a la Norma ACI 318-11,8.5.1 y del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Concreto Armado, Ítem 8.5.1, y a la investigación realizada, obteniéndose que el concreto producido en la



Planta Dino-Chimbote posee un mayor valor del módulo de elasticidad respecto a las Normas indicadas anteriormente, lo cual significa que estructuras construidas con concreto suministrado por Dino-Chimbote tendrá mejores propiedades elásticas.

- Con esta nueva propuesta de modificación de la fórmula del ACI 318-11, 8.5.1, y del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Ítem 8.5.1 se demuestra que el valor del módulo de elasticidad del concreto según Norma ASTM C-469 sobreestima las fórmulas teóricas.



5.2. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda que estudios similares se realicen en otras regiones del Perú, para garantizar mejores diseños y reevaluar las ecuaciones propuestas por los códigos de cada país.
- Realizar diseños y elaboración de pruebas en laboratorio a fin de encontrar menos dispersión en los resultados.
- Estudiar la evolución en el tiempo de los módulos de elasticidad y resistencias a la compresión del concreto.
- Se recomienda usar estos valores obtenidos de nuestro estudio en el Análisis de Estructuras en la ciudad de Chimbote.
- Se recomienda realizar ensayos del módulo de elasticidad dinámico del concreto producido en la ciudad de Chimbote.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. **ACI 318-11.** *Reglamento del American Concrete Institute*
Cap. 8.5.1
2. **Antonio Blanco Blasco.** "ESTRUCTURACIÓN Y DISEÑO DE EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO"-
Colección del Ingeniero Civil – Libro 2. Perú. Mayo 1997.
3. **Enrique Pasquel Carbajal;** "TÓPICOS DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO".
4. **Enrique Rivva López;** "NATURALEZA Y MATERIALES DEL CONCRETO"; Perú 2000.
5. **Enrique Rivva López;** "DISEÑO DE MEZCLAS" 1era Edición – Diciembre 2010. Perú.
6. **Jack C. Mc Cormac.** "DISEÑO DE CONCRETO REFORZADO". 4ª Edición. Clemson University.
7. **Jorge Días Mosto.** "RESISTENCIA DE MATERIALES". Perú. Julio 1966.
8. **Norma ASTM C-469** American Society for Testing Materials.
9. **Roberto Morales Morales;** "DISEÑO EN CONCRETO ARMADO". Perú. Junio 2012.
10. **Teodoro Harmsen;** "DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO". 3era edición, Perú, PUCP, 2002.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA
CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

ANEXOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA
CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

ANEXO N° 01.

ADITIVO SIKAMENT 290N



Construcción

Hoja Técnica
Edición 9, 03.09.14, JA
Sikament® 290N

Sikament® 290N

Aditivo Polifuncional para Concreto

Descripción

General

Sikament® 290N es un aditivo polifuncional para concretos que puede ser empleado como plastificante o superplastificante según la dosificación utilizada.

Muy adecuado para plantas de concreto al obtener con un único aditivo dos efectos diferentes sólo por la variación de la proporción del mismo.

Sikament® 290N no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.

Campos de aplicación

Sikament® 290N está particularmente indicado para:

- Todo tipo de concretos fabricados en plantas concretoras con la ventaja de poder utilizarse como plastificante o superplastificante con sólo variar la dosificación.
- En concretos bombeados porque permite obtener consistencias adecuadas sin aumentar la relación agua/cemento.
- Transporte a largas distancias sin pérdidas de trabajabilidad.
- Concretos fluidos que no presentan segregación ni exudación.

Ventajas

- Aumento de las resistencias mecánicas.
- Terminación superficial de alta calidad.
- Mayor adherencia a las armaduras.
- Permite obtener mayores tiempos de manejabilidad de la mezcla a cualquier temperatura.
- Permite reducir hasta el 25% del agua de la mezcla.
- Aumenta considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto.
- Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas.
- Proporciona una gran manejabilidad de la mezcla evitando segregación y la formación de cangrejeras.
- Reductor de agua.

Datos Básicos

Aspecto

Líquido.

Color

Pardo oscuro.

Presentación

Cilindro x 200 L
Balde x 20 L
Dispenser x 1000 L

Almacenamiento

Un año en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.

Datos Técnicos

Densidad

1,20 kg/L +/- 0,02

Norma

Como plastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo D y como superplastificante con la Norma ASTM C 494, tipo G.





Construcción

Aplicación**Consumo**

- Como plastificante: del 0,3 % – 0,7 % del peso del cemento.
- Como superplastificante: del 0,7 % - 1,4 % del peso del cemento.

Método de aplicación

Como Plastificante.

Debe incorporarse junto con el agua de amasado.

Como Superplastificante.

Debe incorporarse preferentemente una vez amasado el concreto y haciendo un re-amasado de al menos 1 minuto por cada m³ de carga de la amasadora o camión concretero.

Instrucciones de Seguridad**Precauciones de manipulación**

Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.

Observaciones

La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado.
Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe

Nota Legal

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

"La presente Edición anula y reemplaza la Edición Nº8 la misma que deberá ser destruida"

Sika Perú S.A., Centro Industrial "Las Praderas de Lurin" S/N, MZ
"B" Lote 5 y 6 Lurin, Lima - Perú
Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070
E-mail: construccion@pe.sika.com / Web: www.sika.com.pe





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

ANEXO N° 02.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO Y GRUESO.



 DINO	Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L. Gestión de la Calidad y Mejora Continua	 ISO 9001
Pág. 1 de 1	ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADOS	560-REG-06-01035

Planta: Premezclados Chimbote	Fecha: 21-abr-14
Ubicación:	Técnico: Hitler Rodríguez Perea
Proyecto:	Responsable: Ing. José Antonio Rodríguez Ríos

Imprimir

S

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO (Norma de ensayo: NTP 400.022)						
MUESTRA			III F/LCB		III F/LCB	
Identificación de la Muestra: Descripción de la muestra: Procedencia (cantera):			Arena Natural Zarandeada La Carbonera		Arena Natural Zarandeada La Carbonera	
ENSAYO			R1	R2	R1	R2
A	Peso material SSS (Al aire)	[g]	500.0	500.0		
B	Peso frasco con agua	[g]	1431.0	1431.0		
C	Peso frasco con agua + (A)	[g]	1931.0	1931.0		
D	Peso del frasco con agua y material	[g]	1748.5	1748.5		
E	Vol de masa + vol de vacío = [C-D]	[cm ³]	182.5	182.5		
F	Peso de material seco al horno	[g]	496.9	496.9		
RESULTADOS			R1	R2	R1	R2
Individual	PE (Base seca)		2.72 g/cm ³	2.72 g/cm ³		
	PE (SSS)		2.74 g/cm ³	2.74 g/cm ³		
	% de absorción		0.6 %	0.6 %		
promedio	PE (Base seca)		2.72 g/cm ³			
	PE (SSS)		2.74 g/cm ³			
	% de absorción		0.6 %			

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO (Norma de ensayo: NTP 400.021)						
MUESTRA			III G/PLZ		III G/PLZ	
Identificación de la Muestra: Descripción de la muestra: Procedencia (cantera):			Piedra Zarandeada - Huso 67 Piedra Liza		Piedra Chanoada - Huso 57 Piedra Liza	
ENSAYO			R1	R2	R1	R2
A	Peso material SSS (Al aire)	[g]	3214.2	3214.3	4918.2	4918.3
B	Peso material SSS + canastilla (Sumergido)	[g]	2881.5	2881.5	4002.8	4000.4
C	Peso de canastilla (Sumergido)	[g]	815.5	815.6	814.9	815.1
D	Peso material SSS (Sumergido) = [B-C]	[g]	2066	2065.9	3187.9	3185.3
E	Vol. de masa + vol de vacíos = [A-D]	[cm ³]	1148.2	1148.4	1730.3	1733
F	Peso del material seco en horno	[g]	3177.3	3177.1	4866.5	4865.1
RESULTADOS			R1	R2	R1	R2
Individual	PE (Base seca)		2.77 g/cm ³	2.77 g/cm ³	2.81 g/cm ³	2.81 g/cm ³
	PE (SSS)		2.80 g/cm ³	2.80 g/cm ³	2.84 g/cm ³	2.84 g/cm ³
	% de absorción		1.2 %	1.2 %	1.1 %	1.1 %
promedio	PE (Base seca)		2.77 g/cm ³		2.81 g/cm ³	
	PE (SSS)		2.80 g/cm ³		2.84 g/cm ³	
	% de absorción		1.2 %		1.1 %	



	Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L. Gestión de la Calidad y Mejora Continua	
Pág. 1 de 1	ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADOS	-SGC-REG-06- D1035

Planta: Premezolados Chimbote **Fecha:** 21-abr-14
Ubicación: **Técnico:** Hitler Rodriguez Perea
Proyecto: **Responsable:** Ing. José Antonio Rodríguez Ríos

Imprimir 5

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO (Norma de ensayo: NTP 400.022)						
MUESTRA			III F/LCB		III F/LCB	
Identificación de la Muestra: Descripción de la muestra: Procedencia (cantera):			Arena Natural Zarandeada La Carbonera		Arena Natural Zarandeada La Carbonera	
ENSAYO			R1	R2	R1	R2
A	Peso material SSS (Al aire)	[g]	500.0	500.0		
B	Peso frasco con agua	[g]	1431.0	1431.0		
C	Peso frasco con agua + (A)	[g]	1931.0	1931.0		
D	Peso del frasco con agua y material	[g]	1748.5	1748.5		
E	Vol de masa + vol de vacío = [C-D]	[cm ³]	182.5	182.5		
F	Peso de material seco al horno	[g]	496.9	496.9		
RESULTADOS			R1	R2	R1	R2
Individual	PE (Base seca)		2.72 g/cm ³	2.72 g/cm ³		
	PE (SSS)		2.74 g/cm ³	2.74 g/cm ³		
	% de absorción		0.6 %	0.6 %		
promedio	PE (Base seca)		2.72 g/cm ³			
	PE (SSS)		2.74 g/cm ³			
	% de absorción		0.6 %			

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO (Norma de ensayo: NTP 400.021)						
MUESTRA			III G/PLZ		III G/PLZ	
Identificación de la Muestra: Descripción de la muestra: Procedencia (cantera):			Piedra Zarandeada - Huso 67 Piedra Liza		Piedra Chancada - Huso 57 Piedra Liza	
ENSAYO			R1	R2	R1	R2
A	Peso material SSS (Al aire)	[g]	3214.2	3214.3	4918.2	4918.3
B	Peso material SSS + canastilla (Sumergido)	[g]	2881.5	2881.5	4002.8	4000.4
C	Peso de canastilla (Sumergido)	[g]	815.5	815.6	814.9	815.1
D	Peso material SSS (Sumergido) = [B-C]	[g]	2066	2065.9	3187.9	3185.3
E	Vol. de masa + vol de vacíos = [A-D]	[cm ³]	1148.2	1148.4	1730.3	1733
F	Peso del material seco en horno	[g]	3177.3	3177.1	4866.5	4865.1
RESULTADOS			R1	R2	R1	R2
Individual	PE (Base seca)		2.77 g/cm ³	2.77 g/cm ³	2.81 g/cm ³	2.81 g/cm ³
	PE (SSS)		2.80 g/cm ³	2.80 g/cm ³	2.84 g/cm ³	2.84 g/cm ³
	% de absorción		1.2 %	1.2 %	1.1 %	1.1 %
promedio	PE (Base seca)		2.77 g/cm ³		2.81 g/cm ³	
	PE (SSS)		2.80 g/cm ³		2.84 g/cm ³	
	% de absorción		1.2 %		1.1 %	



	Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L. Gestión de la Calidad y Mejora Continua	
Pág. 1 de 1	ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADOS	SGC-REG-06-01035

Planta: Premezclados Chimbote	Fecha: 21-abr-14
Ubicación:	Técnico: Hiler Rodríguez Perea
Proyecto:	Responsable: Ing. José Antonio Rodríguez Ríos

Imprimir

S

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO (Norma de ensayo: NTP 400.022)				
MUESTRA		III F/LCB		III F/LCB
Identificación de la Muestra: Descripción de la muestra: Procedencia (cantera):		Arena Natural Zarandeada La Carbonera		Arena Natural Zarandeada La Carbonera
ENSAYO		(R1)	(R2)	(R1)
A	Peso material SSS (Al aire) [g]	500.0	500.0	
B	Peso frasco con agua [g]	1443.7	1443.7	
C	Peso frasco con agua + (A) [g]	1943.7	1943.7	
D	Peso del frasco con agua y material [g]	1761.8	1761.8	
E	Vol de masa + vol de vacío = [C-D] [cm ³]	181.9	181.9	
F	Peso de material seco al horno [g]	494.6	494.6	
RESULTADOS		(R1)	(R2)	(R1)
Individual	PE (Base seca)	2.72 g/cm ³	2.72 g/cm ³	
	PE (SSS)	2.75 g/cm ³	2.75 g/cm ³	
	% de absorción	1.1 %	1.1 %	
promedio	PE (Base seca)	2.72 g/cm ³		
	PE (SSS)	2.75 g/cm ³		
	% de absorción	1.1 %		

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO (Norma de ensayo: NTP 400.021)				
MUESTRA		III G/PLZ		III G/PLZ
Identificación de la Muestra: Descripción de la muestra: Procedencia (cantera):		Piedra Zarandeada - Huso 67 Piedra Liza		Piedra Chancada - Huso 57 Piedra Liza
ENSAYO		(R1)	(R2)	(R1)
A	Peso material SSS (Al aire) [g]	4725.8	4725.8	5745.7
B	Peso material SSS + canastilla (Sumergido) [g]	3258.6	3258.6	4925.3
C	Peso de canastilla (Sumergido) [g]	815.5	815.6	814.7
D	Peso material SSS (Sumergido) = [B-C] [g]	2443.1	2443	4110.6
E	Vol. de masa + vol de vacíos = [A-D] [cm ³]	2282.7	2282.8	1635.1
F	Peso del material seco en horno [g]	3636.6	3636.6	4750.4
RESULTADOS		(R1)	(R2)	(R1)
Individual	PE (Base seca)	1.59 g/cm ³	1.59 g/cm ³	2.91 g/cm ³
	PE (SSS)	2.07 g/cm ³	2.07 g/cm ³	3.51 g/cm ³
	% de absorción	30.0 %	30.0 %	21.0 %
promedio	PE (Base seca)	1.59 g/cm ³		2.91 g/cm ³
	PE (SSS)	2.07 g/cm ³		3.55 g/cm ³
	% de absorción	30.0 %		21.8 %



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA
CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

ANEXO N° 03.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO.



Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE

SGC-REG-D6-D1036

Versión 00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

Planta : CHIMBOTE

Fecha : 12-may-14

Imprimir S

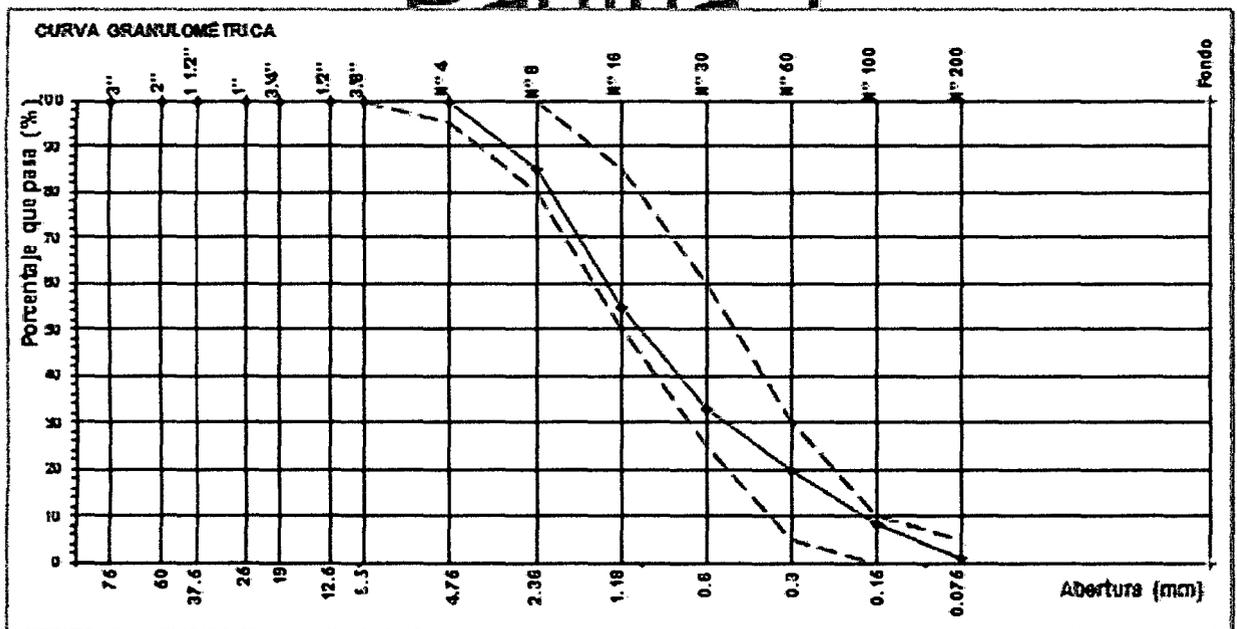
Ubicación : Urb. Los Alamos Mz PRO SIN - Nvo. Chimbote

Técnico : HRP/JPCH

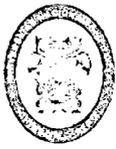
Proyecto : Atención de la demanda local

Responsable : Ing. José Rodríguez Ríos

Tamaño x Escala mm	Abert. (mm)	Porc. Ret. (%)	% Retención (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.012		Detalle de la muestra	
						Mínimo	Máximo		
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Identificación: VII-F2/LCB Descripción: Arena natural zarandeada Procedencia: La Carbonera Nueva Chimbote Acapic en Planta Masa seca original: 1180.0 g Masa total: 1178.2 g Diferencia: 0.2 x	
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100		
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100		
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100		
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100		
1/2"	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100		
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100		
Nº 4	4.750	6.0	0.5	0.5	99.5	95	100		
Nº 8	2.360	170.8	14.5	15.0	85.0	80	100		
Nº 16	1.180	356.4	30.2	45.2	54.8	50	85		
Nº 30	0.600	259.8	22.0	67.2	32.8	25	60		
Nº 50	0.300	156.8	13.3	80.5	19.5	5	30		
Nº 100	0.150	135.4	11.5	92.0	8.0	0	10		
Nº 200	0.075	82.1	7.0	98.9	1.1	0	5		
Fondo	-	10.9	0.9	99.8	0.2				
Módulo Finura						3.00	3.45	2.15	



Nota: Verificar el cumplimiento a la para la toma que involucra el hmo granulométrico



Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE

SGC-REG-D6-D1036

Versión 00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

Planta: CHIMBOTE

Fecha: 12-may-14

Imprimir S

Ubicación: Urb. Los Alamos Ma PRO S/N - Nvo. Chimbote

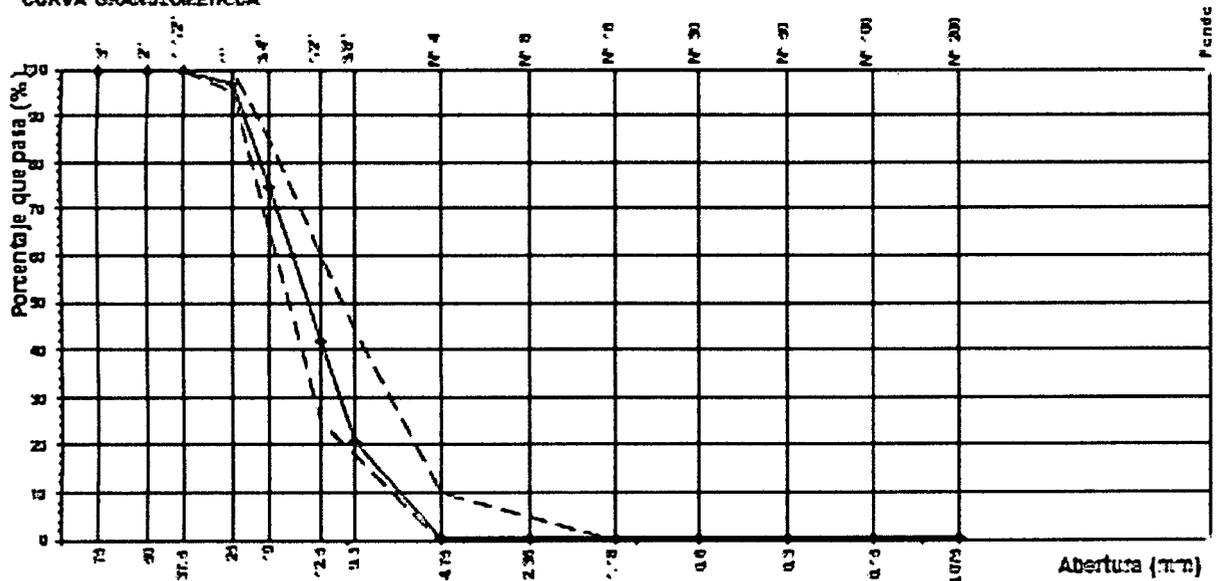
Técnico: HRP/JPCH

Proyecto: Atención de la demanda local

Responsable: Ing. José Rodríguez Ríos

Tamaño x Entero	Abert. (mm)	Porc. Ret. (g)	% Retenido (x)	% Ret. Acum. (x)	% Que Pasa (x)	NTP 400.037		Datos de la muestra	
						Hera 57			
						Mínimo	Máximo		
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Identificación: VII-G2/PL2 (H57)	
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Descripción: Piedra Zerrado	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Procedencia: Piedra Liza	
1"	25.000	400.5	3.1	3.1	96.9	95	100	Nueva Chimbote	
3/4"	19.000	2865.9	22.3	25.4	74.6	65	85	Acapion Planta	
1/2"	12.500	4236.5	33.0	58.4	41.6	25	60	Masa seca original: 12840.7 g	
3/8"	9.500	2659.8	20.7	79.1	20.9	18	44	Masa total: ##### g	
Nº 4	4.750	2648.5	20.6	99.8	0.2	0	10	Diferencia: 0.0 x	
Nº 8	2.360	19.5	0.2	99.9	0.1	0	5		
Nº 16	1.180	0.0	0.0	99.9	0.1			Características Físicas	
Nº 30	0.600	0.0	0.0	99.9	0.1			Tamaño Máx. Nominal: 1"	
Nº 50	0.300	0.0	0.0	99.9	0.1			Ret. a Malla 200: 0.2 %	
Nº 100	0.150	0.0	0.0	99.9	0.1			Contenido de Humedad 0.2 %	
Nº 200	0.075	0.0	0.0	99.9	0.1			Abreviaciones	
Fondo	-	8.7	0.1	100.0	0.0				
Módulo Finura						7.04	7.17	6.66	

CURVA GRANULOMÉTRICA



Nota: Verificar el cumplimiento a la para los tamices que involucra el curva granulométrica



Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE

SGC-REG-06-D1036

Versión 00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

Planta : CHIMBOTE

Fecha : 12-may-14

Imprimir S

Ubicación : Urb. Los Alamos Miz PR0 S/N - Nvo. Chimbote

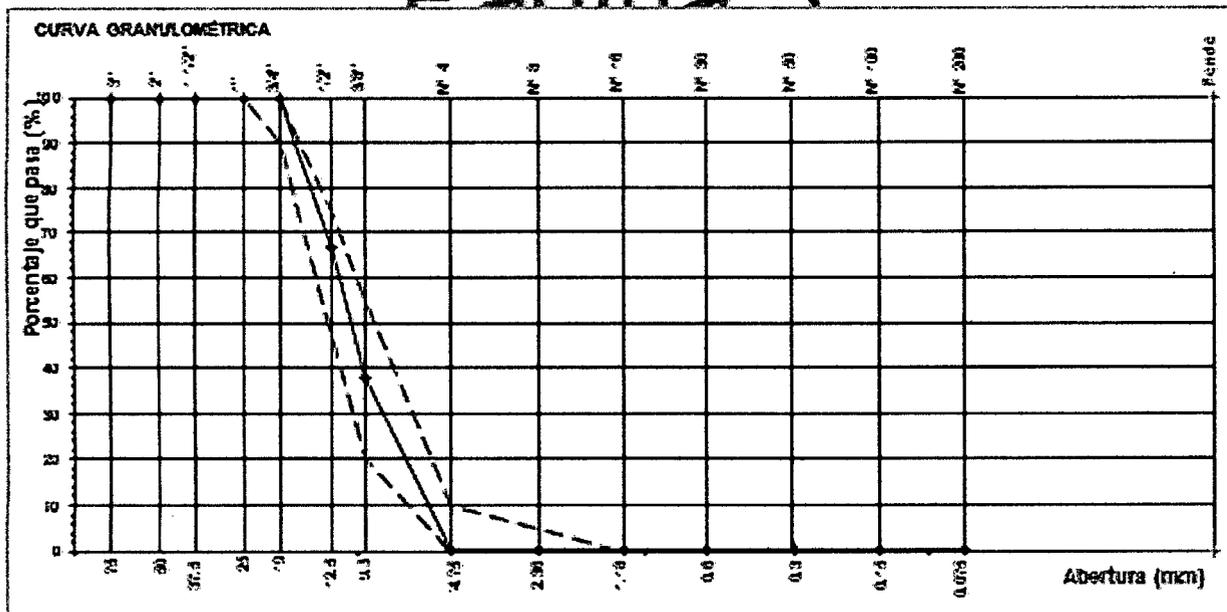
Técnico : HRP/JPCH

Proyecto : Atención de la demanda local

Responsable : Ing. José Rodríguez Ríos

Tam. x Estén	Abert. (mm)	Pasa Ret. (%)	% Retenido (x)	% Ret.Acum. (x)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037		Detalle de la muestra	
						Hera C7	Hera C7		
						Máximo	Máximo		
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Identificación: VII-G2/PL2(H67)	
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Descripción: Piedra Zarandeada	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Procedencia: Piedra Liza	
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Nueva Chimbote	
3/4"	19.000	10.6	0.2	0.2	99.8	90	100	Acapisa en Planta	
1/2"	12.500	2256.8	33.0	33.1	66.9	47	75	Masa seca original: 6845.8 g	
3/8"	9.500	1987.5	29.0	62.2	37.8	20	55	Masa total: 6841.5 g	
Nº 4	4.750	2548.9	37.2	99.4	0.6	0	10	Diferencia: 0.1 %	
Nº 8	2.360	26.8	0.4	99.8	0.2	0	5		
Nº 16	1.180	0.0	0.0	99.8	0.2				
Nº 30	0.600	0.0	0.0	99.8	0.2				
Nº 50	0.300	0.0	0.0	99.8	0.2				
Nº 100	0.150	0.0	0.0	99.8	0.2				
Nº 200	0.075	0.0	0.0	99.8	0.2				
Fondo	-	10.9	0.2	99.9	0.1				
Módulo Finura						6.61	6.90	6.30	

Características Físicas
 Tamaño Máx. Nominal: 3/4"
 Mat. c Malla 200: 0.3 %
 Contenido de Humedad 0.2 %



Nota: Verificar el cumplimiento a la para las tamices que involucra el hora granulométrica



Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE

SGC-REG-D6-D1036

Versión 00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

Planta : CHIMBOTE

Fecha : 19-may-14

Imprimir \$

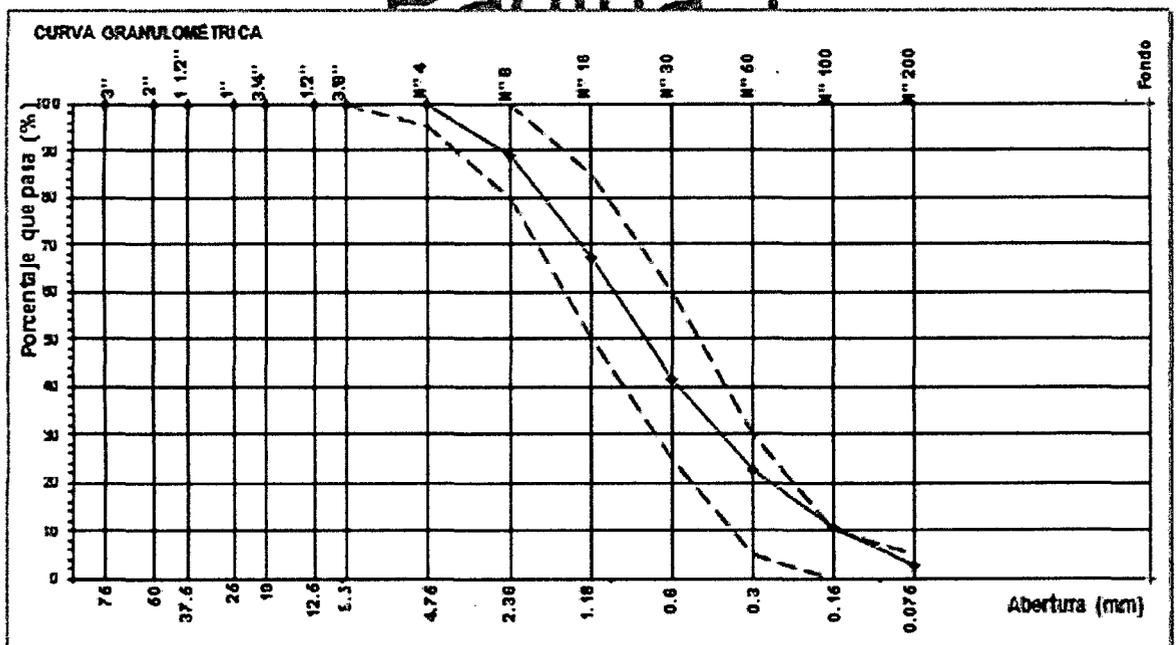
Ubicación : Urb. Los Alamos Mz PR0 S/N - Nvo. Chimbote

Técnico : HRP/JPCH

Proyecto : Atención de la demanda local

Responsable : Ing. José Rodríguez Ríos

Tamaño Estándar	Abertura (mm)	Para Ret. (g)	% Retenido (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	MTP 400.037		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Identificación: VII-F2/LCB Descripción: Arena natural zarandeada Procedencia: La Carbonera Nueva Chimbote Acapian en Planta Masa seca original: 523.4 g Masa total: 522.7 g Diferencia: 0.1 g
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
1/2"	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
Nº 4	4.750	2.6	0.5	0.5	99.5	95	100	
Nº 8	2.360	56.1	10.7	11.2	88.8	80	100	
Nº 16	1.180	114.2	21.8	33.0	67.0	50	85	
Nº 30	0.600	134.3	25.7	58.7	41.3	25	60	
Nº 50	0.300	98.2	18.8	77.5	22.5	5	30	
Nº 100	0.150	62.4	11.9	89.4	10.6	0	10	
Nº 200	0.075	42.5	8.1	97.5	2.5	0	5	
Fondo	-	12.4	2.4	99.9	0.1	-	-	
Módulo Finura						2.70	3.45	2.15



Nota: Verificar el cumplimiento para la toma que involucra el huro granulométrico



Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE

SGC-REG-D6-01036

Versión 00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

Planta : CHIMBOTE

Fecha : 19-may-14

Imprimir \$

Ubicación : Urb. Los Alamos Mz PRO SIN - Nvo. Chimbote

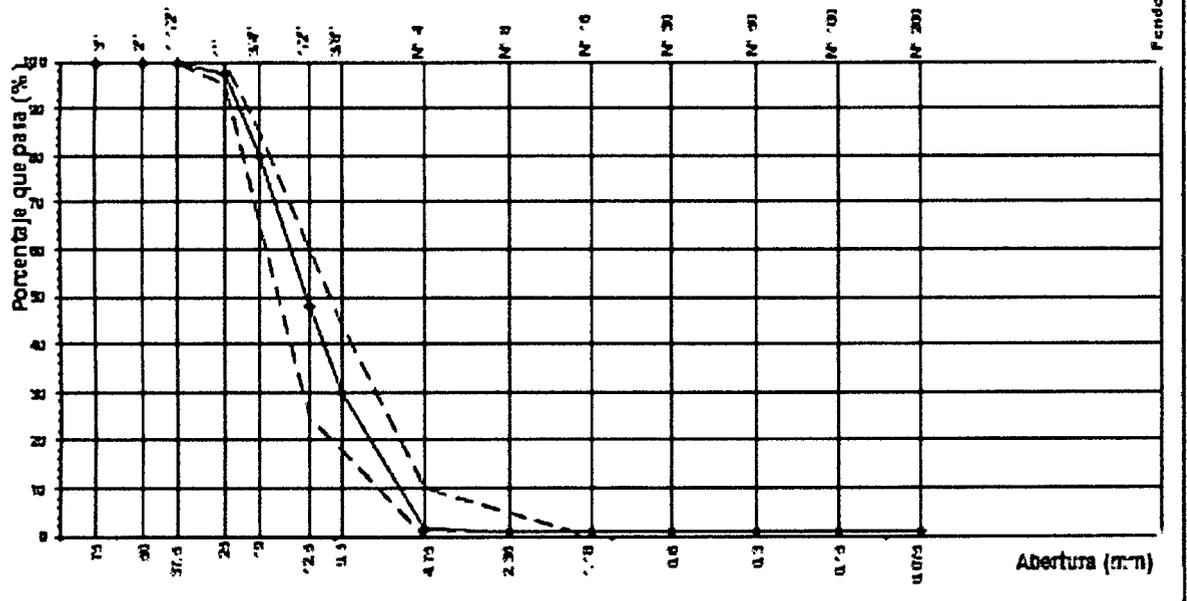
Técnico : HRP/JPCH

Proyecto : Atención de la demanda local

Responsable : Ing. José Rodríguez Ríos

Table with columns: Tam. x Estén, Abert. (mm), Para Ret. (g), % Retenido (%), % Ret. Acum. (%), % Que Para (%), NTP 400.037 (Mínima, Máxima), and Detar de la muestra. Includes rows for sieve sizes from 3" to Fondo and summary statistics like Módulo Finura.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Nota: Verificar el cumplimiento a la para las tamices que involucra el hura granulométrico



Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE

SGC-REG-D6-D1036

Version 00

ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

Planta : CHIMBOTE

Fecha : 19-may-14

Imprimir S

Ubicación : Urb. Los Alamos Ma PRO S/N - Nvo. Chimbote

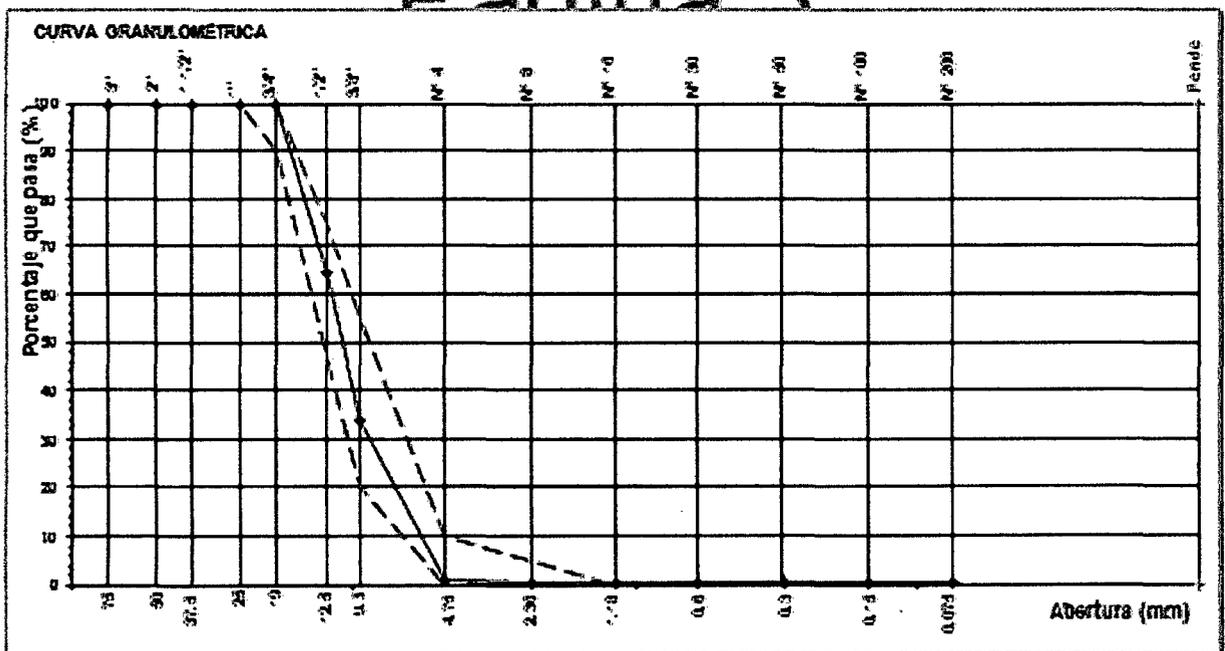
Técnico : HRP/JPCH

Proyecto : Atención de la demanda local

Responsable : Ing. José Rodríguez Ríos

Table with columns: Tam. x Ertón, Abert. (mm), Para Ret. (g), % Retenido (x), % Ret. Acum. (x), % Que Pasa (x), NTP 400.037 (Mínimo, Máximo), and Data de la muestra. Includes rows for sieve sizes from 3" to Fondo and summary statistics like Masa seca original and Masa total.

Módulo Finura 6.64, 6.90, 6.80



Nota: Verificar el cumplimiento a la para las tamices que involucra el curva granulométrica



Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE

SGC-REG-D6-D1036

Versión 00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

Planta : CHIMBOTE

Fecha : 26-may-14

Imprimir \$

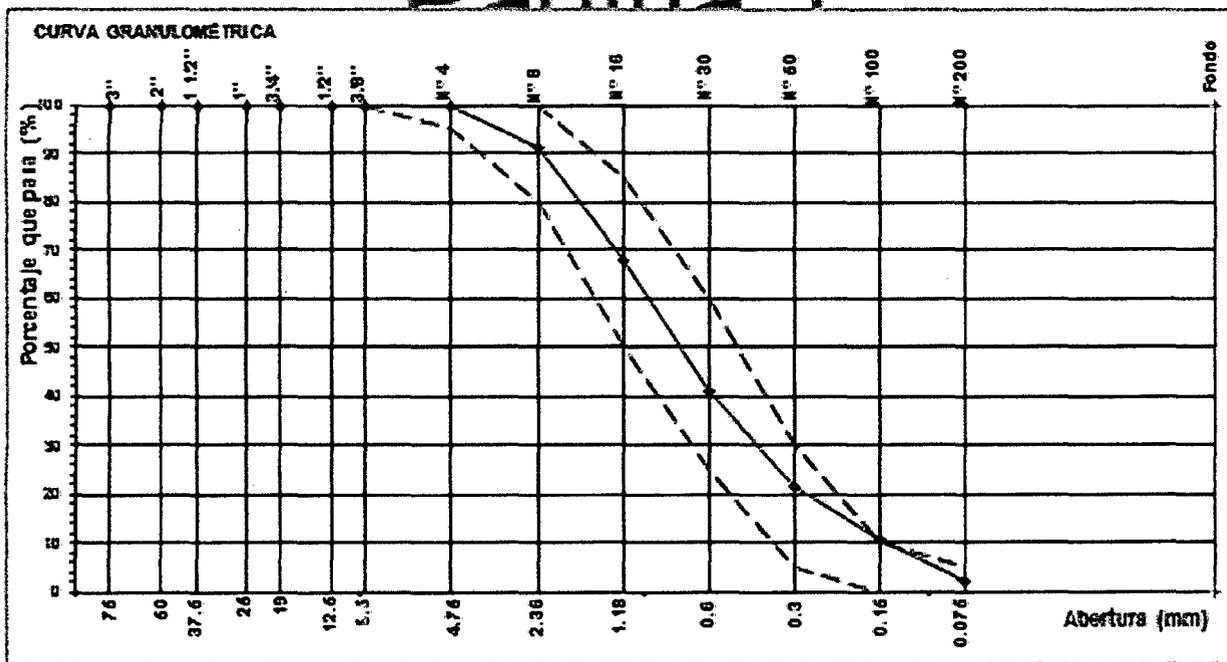
Ubicación : Urb. Los Alamos Ma PRO S/N - Nvo. Chimbote

Técnico : HRP/JPCH

Proyecto : Atención de la demanda local

Responsable : Ing. José Rodríguez Ríos

Tamaño x Extensión mm	Abert. (mm)	Pesa Ret. (g)	% Retenido (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037 Agregado Fino		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Identificación: VII-F2/LCB Descripción: Arena natural zarandeada Procedencia: La Carbonera Nueva Chimbote Acapicen Planta Masa seca original: 690.2 g Masa total: 689.5 g Diferencia: 0.1 % Características Físicas Tamaño Máx. Nominal: A. Fino Met. c Malla 200: 2.3 % Contenido de Humedad 0.2 % Observaciones
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
1/2"	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
Nº 4	4.750	2.5	0.4	0.4	99.6	95	100	
Nº 8	2.360	58.2	8.4	8.8	91.2	80	100	
Nº 16	1.180	163.8	23.7	32.5	67.5	50	85	
Nº 30	0.600	185.2	26.8	59.4	40.6	25	60	
Nº 50	0.300	131.4	19.0	78.4	21.6	5	30	
Nº 100	0.150	77.8	11.3	89.7	10.3	0	10	
Nº 200	0.075	57.0	8.3	97.9	2.1	0	5	
Fondo	-	13.6	2.0	99.9	0.1			
Módulo Finura						2.69	3.45	2.15





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"



Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE

SGC-REG-D6-D1036

Versión 00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

Planta : CHIMBOTE

Fecha : 26-may-14

Imprimir S

Ubicación : Urb. Los Alamos Ma PRO S/N - Nvo. Chimbote

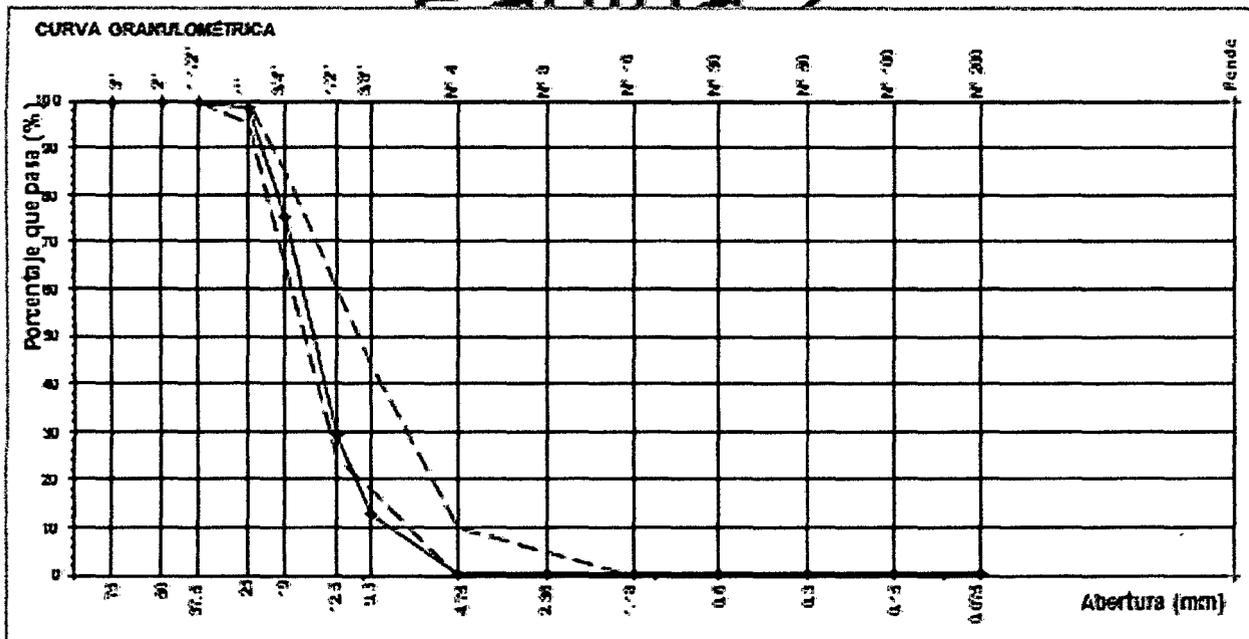
Técnico : HRP/JPCH

Proyecto : Atención de la demanda local

Responsable : Ing. José Rodríguez Ríos

Tamaño x Extensión (mm)	Abert. (mm)	Porc. Ret. (%)	% Retenido (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037		Datos de la muestra	
						Hera 57 Mínimo	Máximo		
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Identificación: VII-G2/PL2 (H57) Descripción: Piedra Zarandeada Proveniencia: Piedra Liza Nueva Chimbote Acapicón Planta	
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100		
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100		
1"	25.000	146.2	1.2	1.2	98.8	95	100		
3/4"	19.000	2823.0	23.6	24.3	75.1	65	85		
1/2"	12.500	5451.2	45.7	70.5	29.5	25	60		
3/8"	9.500	1959.5	16.4	87.0	13.0	18	44		
Nº 4	4.750	1514.0	12.7	99.6	0.4	0	10		
Nº 8	2.360	15.1	0.1	99.8	0.2	0	5		
Nº 16	1.180	0.0	0.0	99.8	0.2				
Nº 30	0.600	0.0	0.0	99.8	0.2				
Nº 50	0.300	0.0	0.0	99.8	0.2				
Nº 100	0.150	0.0	0.0	99.8	0.2				
Nº 200	0.075	0.0	0.0	99.8	0.2				
Fondo	-	26.4	0.2	100.0	0.0				
Módulo Finura						7.10	7.17	6.66	

Características Físicas
 Tamaño Máx. Nominal: 1"
 Mat. a Malla 200: 0.3 %
 Contenido de Humedad 0.3 %
Observaciones



Nota: Verificar el cumplimiento a la para las tamices que invalora el hora granulométrica



Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE

SGC-REG-D6-D1036

Vozriam.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

Planta : CHIMBOTE

Fecha : 26-may-14

Imprimir \$

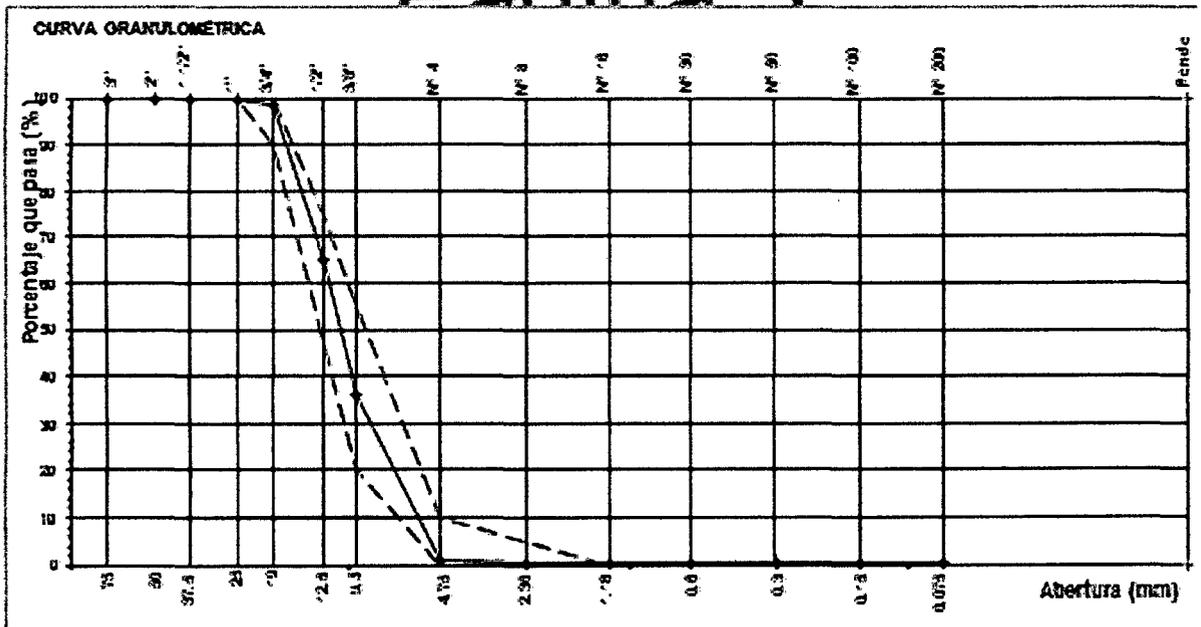
Ubicación : Urb. Los Alamos Ma PRO S/N - Nvo. Chimbote

Técnico : HRP/JPCH

Proyecto : Atención de la demanda local

Responsable : Ing. José Rodríguez Ríos

Tamaño x Estrés mm	Abert. (mm)	Pasa Ret. (g)	% Retenido (%)	% Ret.Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037		Detalle de la muestra	
						Hora 67			
						Mínimo	Máximo		
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Identificación: VII-G2/PL2(H67)	
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Descripción: Piedra Zarandeada	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Procedencia: Piedra Liza	
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Nueva Chimbote	
3/4"	19.000	175.4	1.5	1.5	98.5	90	100	Acapila en Planta	
1/2"	12.500	3803.5	33.1	34.6	65.4	47	75	Masa seca original: 11496.6 g	
3/8"	9.500	3395.0	29.5	64.1	35.9	20	55	Masa total: 11490.1 g	
Nº 4	4.750	4040.9	35.1	99.3	0.7	0	10	Diferencia: 0.1 %	
Nº 8	2.360	60.4	0.5	99.8	0.2	0	5		
Nº 16	1.180	0.0	0.0	99.8	0.2				
Nº 30	0.600	0.0	0.0	99.8	0.2			Características Físicas	
Nº 50	0.300	0.0	0.0	99.8	0.2			Tamaño Máx. Nominal: 3/4"	
Nº 100	0.150	0.0	0.0	99.8	0.2			Met. e Malla 200: 0.5 %	
Nº 200	0.075	0.0	0.0	99.8	0.2			Contenido de Humedad 0.1 %	
Fondo	-	14.9	0.1	99.9	0.1			Abreviaciones	
Módulo Finura						6.64	6.90	6.30	



Nota: Verificar el cumplimiento a la para las tamices que involucra el hora granulométrica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA
CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

ANEXO N° 04.

PORCENTAJE DE FINOS Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS.



CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS

% DE FINOS QUE PASAN EL TAMIZ N° 200

Norma de Ensayo NTP 339.185

Norma de Ensayo NTP 400.018

PLANTA: PREMEZCLADOS CHIMBOTE

UBICACIÓN: ,Mz.PR. Lt.s/n Urb. Los Alamos -NVO CHIMBOTE

RESPONSABLE: Ing. José Rodríguez Ríos

FECHA	DESCRIPCIÓN DEL AGREGADO	Peso muestra húmeda (g)	Peso muestra seca (g)	Peso Agua (g)	Peso muestra seca lavada (g)	Peso perdido por lavado (g)	Contenido de humedad (%)	pasan el tamiz N° 200 (%) Máx:3%	Diferencia respecto al ensayo vigente	OBSERVACIONES
3 de enero de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1768.6	1763.2	5.4	1750.9	12.3	0.31	0.70		
6 de enero de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1235.0	1233.0	2.0	1225.4	7.6	0.16	0.62	0.14	No ajustar dosificación
13 de enero de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	2059.0	2054.0	5.0	2027.8	26.2	0.24	1.28	0.06	No ajustar dosificación
20 de enero de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1550.0	1548.6	1.4	1534.7	13.9	0.09	0.90	0.22	No ajustar dosificación
27 de enero de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1756.7	1754.3	2.4	1742.3	12.0	0.14	0.68	0.05	No ajustar dosificación
3 de febrero de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1343.8	1339.7	4.1	1330.4	9.3	0.31	0.69	0.22	No ajustar dosificación
10 de febrero de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1965.4	1960.3	5.1	1941.3	19.0	0.26	0.97	0.05	No ajustar dosificación
17 de febrero de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1568.7	1562.5	6.2	1549.3	13.2	0.40	0.84	0.09	No ajustar dosificación
24 de febrero de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1018.0	1015.5	2.5	995.4	20.1	0.25	1.98	0.06	No ajustar dosificación
3 de marzo de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1060.5	1057.8	2.7	1035.2	22.6	0.26	2.14	0.05	No ajustar dosificación
10 de marzo de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1098.5	1092.2	6.3	1068.7	23.5	0.58	2.15	0.27	No ajustar dosificación
17 de marzo de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1056.9	1052.1	4.8	1031.4	20.7	0.46	1.97	0.15	No ajustar dosificación
24 de marzo de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1084.6	1080.7	3.9	1059.8	20.9	0.36	1.93	0.05	No ajustar dosificación
31 de marzo de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1099.5	1095.5	4.0	1070.9	24.6	0.37	2.25	0.06	No ajustar dosificación
7 de abril de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1124.5	1119.4	5.1	1096.7	22.7	0.46	2.03	0.15	No ajustar dosificación
14 de abril de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1265.3	1260.5	4.8	1235.5	25.0	0.38	1.98	0.07	No ajustar dosificación
21 de abril de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1136.5	1132.5	4.0	1110.5	22.0	0.35	1.94	0.05	No ajustar dosificación
28 de abril de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1058.5	1053.9	4.6	1028.5	25.4	0.44	2.41	0.13	No ajustar dosificación
5 de mayo de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1158.6	1154.5	4.1	1134.5	20.0	0.36	1.73	0.05	No ajustar dosificación
12 de mayo de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	1245.8	1240.5	5.3	1217.5	23.0	0.43	1.85	0.12	No ajustar dosificación
19 de mayo de 2014	Arena Zarandeada - La Carbonera	828.3	824.9	3.4	806.2	18.7	0.41	2.27	0.11	No ajustar dosificación



Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.
Gestión de la Calidad y Mejora Continua



CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS
Norma de Ensayo HTP 339.185

% DE FINOS QUE PASAN EL TAMIZ N° 200
Norma de Ensayo HTP 400.018

PLANTA: PREMEZCLADOS CHIMBOTE

UBICACIÓN: Mz. PR. Lt. sh Ub. Los Alamos - NYO CHIMBOTE

RESPONSABLE: Ing. José Rodríguez Ríos

FECHA	DESCRIPCIÓN DEL AGREGADO	Peso muestra húmeda (g)	Peso muestra seca (g)	Peso Agua (g)	Peso muestra seca lavada (g)	Peso perdido por lavado (g)	Contenido de humedad (%)	pasan el tamiz N° 200 (%) Máx 1%	Diferencia respecto al ensayo vigente	OBSERVACIONES
3 de enero de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	5659.4	5652.1	7.3	5624.5	27.6	0.13	0.49		
6 de enero de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	6582.5	6579.5	3.0	6563.9	15.6	0.05	0.24	0.08	No ajustar dosificación
13 de enero de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	5829.0	5823.0	6.0	5805.5	17.5	0.10	0.30	0.03	No ajustar dosificación
20 de enero de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	7002.4	6993.5	8.9	6975.2	18.3	0.13	0.26	0.00	No ajustar dosificación
27 de enero de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	6349.5	6340.5	9.0	6322.3	18.2	0.14	0.29	0.01	No ajustar dosificación
3 de febrero de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	6563.4	6553.7	9.7	6535.5	18.2	0.15	0.28	0.01	No ajustar dosificación
10 de febrero de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	5493.2	5481.2	12.0	5468.7	12.5	0.22	0.23	0.07	No ajustar dosificación
17 de febrero de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	5968.7	5953.2	15.5	5941.2	12.0	0.26	0.20	0.11	No ajustar dosificación
24 de febrero de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	5079.8	5057.5	22.3	5049.4	8.1	0.44	0.16	0.29	No ajustar dosificación
3 de marzo de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	5134.4	5109.3	25.1	5081.1	28.2	0.49	0.55	0.34	No ajustar dosificación
10 de marzo de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	5128.5	5110.4	18.1	5085.3	25.1	0.35	0.49	0.21	No ajustar dosificación
17 de marzo de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	5260.0	5244.5	15.5	5233.7	10.8	0.30	0.21	0.15	No ajustar dosificación
24 de marzo de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	5131.5	5113.4	18.1	5104.3	9.1	0.35	0.18	0.21	No ajustar dosificación
31 de marzo de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	5207.0	5188.7	18.3	5184.2	4.5	0.35	0.09	0.20	No ajustar dosificación
7 de abril de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	5160.4	5145.0	15.4	5134.1	10.9	0.30	0.21	0.05	No ajustar dosificación
14 de abril de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	6396.5	6380.5	16.0	6352.5	28.0	0.25	0.44	0.10	No ajustar dosificación
21 de abril de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	5896.6	5881.5	15.1	5857.2	24.3	0.26	0.41	0.11	No ajustar dosificación
28 de abril de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	5124.5	5108.5	16.0	5097.6	10.9	0.31	0.21	0.17	No ajustar dosificación
5 de mayo de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	5741.5	5726.9	14.6	5713.6	13.3	0.25	0.23	0.11	No ajustar dosificación
12 de mayo de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	6125.5	6110.8	14.7	6100.8	10.0	0.24	0.16	0.09	No ajustar dosificación
19 de mayo de 2014	Piedra H57- Piedra Lisa	5151.2	5128.2	23.0	5118.4	9.8	0.45	0.19	0.30	No ajustar dosificación



CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS
Norma de Ensayo NTP 339.185

% DE FINOS QUE PASAN EL TAMIZ N° 200
Norma de Ensayo NTP 400.018

PLANTA: PREMEZCLADOS CHIMBOTE

UBICACIÓN: Mz. P.R.LI sh Urb. Los Alamos - NVO CHIMBOTE

RESPONSABLE: Ing. José Rodríguez Ríos

FECHA	DESCRIPCIÓN DEL AGREGADO	Peso muestra húmeda (g)	Peso muestra seca (g)	Peso Agua (g)	Peso muestra seca lavada (g)	Peso perdido por lavado (g)	Contenido de humedad (%)	pasan el tamiz N° 200 (%) Máx 1%	Diferencia respecto al ensayo vigente	OBSERVACIONES
3 de enero de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	4345.6	4340.5	5.1	4331.5	9.0	0.12	0.21		
6 de enero de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	4687.5	4682.7	4.8	4668.6	14.1	0.10	0.30	0.01	No ajustar dosificación
13 de enero de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	4163.7	4153.4	10.3	4140.0	13.4	0.25	0.32	0.13	No ajustar dosificación
20 de enero de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	4968.5	4960.5	8.0	4943.2	17.3	0.16	0.35	0.04	No ajustar dosificación
27 de enero de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	5345.6	5338.6	7.0	5327.3	11.3	0.13	0.21	0.03	No ajustar dosificación
3 de febrero de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	5213.4	5206.2	7.2	5192.3	13.9	0.14	0.27	0.01	No ajustar dosificación
10 de febrero de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	4756.7	4743.5	13.2	4733.5	10.0	0.28	0.21	0.14	No ajustar dosificación
17 de febrero de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	4563.2	4555.6	7.6	4542.3	13.3	0.17	0.29	0.03	No ajustar dosificación
24 de febrero de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	3196.2	3186.7	9.5	3176.7	10.0	0.30	0.31	0.16	No ajustar dosificación
3 de marzo de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	3068.3	3060.4	7.9	3039.3	21.1	0.26	0.69	0.12	No ajustar dosificación
10 de marzo de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	3324.5	3309.6	14.9	3296.5	13.1	0.45	0.40	0.31	No ajustar dosificación
17 de marzo de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	3231.8	3227.2	4.6	3216.1	11.1	0.14	0.34	0.00	No ajustar dosificación
24 de marzo de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	3235.0	3227.9	7.1	3222.1	5.6	0.22	0.18	0.08	No ajustar dosificación
31 de marzo de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	3212.0	3203.3	8.7	3198.0	5.3	0.27	0.17	0.13	No ajustar dosificación
7 de abril de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	3187.9	3181.2	6.7	3173.8	7.4	0.21	0.23	0.07	No ajustar dosificación
14 de abril de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	5263.5	5251.0	12.5	5238.6	12.4	0.24	0.24	0.10	No ajustar dosificación
21 de abril de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	4963.5	4952.5	11.0	4939.3	13.2	0.22	0.27	0.08	No ajustar dosificación
28 de abril de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	6320.3	6308.6	11.7	6290.3	18.3	0.19	0.29	0.05	No ajustar dosificación
5 de mayo de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	4986.3	4973.6	12.7	4957.5	16.1	0.26	0.32	0.12	No ajustar dosificación
12 de mayo de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	4156.8	4148.7	8.1	4138.5	10.2	0.20	0.25	0.06	No ajustar dosificación
19 de mayo de 2014	Piedra H67- Piedra Lisa	3178.7	3166.9	11.8	3158.1	8.8	0.37	0.28	0.23	No ajustar dosificación



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

ANEXO N° 05.

DISEÑO DE MEZCLA 210 MS H67 A5.



Dosificación de Mezclas de Concreto Gestión de la Calidad y Mejora Continua



Pag. 1/2

CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN Y AJUSTES

SGC-REG-06-01042

Requisitos:	Resistencia	Edad	Cemento	Piedra	Asentamiento	Otros especiales
	C210		MS	H67	A5	

Código Concreto:

Descripción: **C210-MS-H67-A5**Fecha: **JUNIO**Tipo de Suministro: **Bombeado**Aplicación (Elementos): **---**

Propiedades Físicas de los Insumos

Descripción de Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	T. Máximo A. G.	PUS (kg/m ³)	Incidencia por tipo agregado	Procedencia
Cemento Tipo MS - Pacasmayo	2960					1501		Fabricante: CPSSA
Microsilice	3000					1501		Fabricante: CPSSA
Filler	3000					1501		Fabricante: CPSSA
Agua	1000					1000		Proveedor: Red Pública
Agregado Fino - La Carbonera	2750	0.7	0.3	2.90	4.75 mm	1621	100.0%	Cantera: La Carbonera
Agregado Fino --	2750	0.7	0.3	2.90	4.75 mm	1621	0.0%	Cantera: -
Agregado Grueso - H57 Piedra Liza	2730	1.2	0.3	7.03	1 pulg	1586	0.0%	Cantera: H57 Piedra Liza
Agregado Grueso - H67 Piedra Liza	2720	1.5	0.3	6.70	3/4 pulg	1515	100.0%	Cantera: H67 Piedra Liza
Agregado Grueso - H8 Piedra Liza	2690	0.0	0.0	0.00	3/8 pulg	1450	0.0%	Cantera: H8 Piedra Liza



Materiales	%	Dosificación del Concreto				Tanda 40 L	Corrección Por Peso Unitario C.F.				
		Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)		Peso Seco (kg/m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Volume n (m ³)	
MS		293	0.0990	293	293	11.72	293	293	293	0.09899	
Microsilice											
Filler											
Agua		196	0.1963	212	196	8.48	168	184	168	0.16794	
La Carbonera		881	0.3205	884	888	35.36	881	884	888	0.32049	
Agregado Fino - -											
H57 Piedra Liza											
H67 Piedra Liza		1023	0.3762	1026	1039	41.06	1023	1026	1039	0.37623	
H8 Piedra Liza											
Plastiment® TM12	1180										
Sikament® 290N	1180	1.20%	3.52	0.0030	3.52	3.52	0.141	3.516	3.516	3.52	0.00298
Sikament® TM 150	1220										
Sikament® TM140	1200										
Sikaer	1020										
Sikafiber	910										
Aire Atrapado		1.50%		0.0150							
Total	1.01		2398	1.0100	2419	2419	96.762	2369	2391	2391	0.9666



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA
CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

ANEXO N° 06.

PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"



PACASMAYO

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002
Versión 01

CEMENTO ANTISALITRE NUEVA FÓRMULA **FORTIMAX3**

Cemento Portland Tipo MS(MH)(R)

Conforme a la NTP 334.082 / ASTM C1157
Pacasmayo, 11 de junio 2014.

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157
Contenido de Aire	%	6	NO ESPECIFICA
Expansión en Autoclave	%	0.06	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	4380	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	5.4	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	2.97	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3 días	MPa (kg/cm ²)	23.9 (243)	Mínimo 11.0 (Mínimo 112)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (kg/cm ²)	32.3 (329)	Mínimo 18.0 (Mínimo 184)
Resistencia Compresión a 28 días (*)	MPa (kg/cm ²)	43.2 (440)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	136	Mínimo 45
Fraguado Final	min	297	Máximo 420

Expansión Barra de Mortero a 14 días	%	0.003	Máximo 0.020
Expansión por Sulfato a 6 meses	%	0.04	Máximo 0.10
Calor de Hidratación a 7 días	kcal/kg	69	Máximo 70

Opción R: Baja reactividad con agregados álcali-sílice reactivos

Expansión a 14 días	%	0.013	Máximo 0.020
Expansión a 56 días	%	0.020	Máximo 0.060

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-05-2014 al 31-05-2014.

La resistencia a compresión a 28 días corresponde al mes de abril 2014.

La expansión de la barra del mortero corresponde al mes de abril 2014.

La expansión por sulfatos a 6 meses corresponde al mes de noviembre 2013.

El calor de hidratación corresponde al mes de abril 2014.

Opción R corresponden al mes de marzo 2014.

(*) Requisito opcional.

Ing. Ivanoff Rojas

SuperIntendente de Control de Calidad

Solicitado por : **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA
CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

ANEXO N° 07.

ENSAYOS DE LABORATORIO.

LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS
ANTISISMICAS



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

INFORME DE ENSAYOS

SOLICITANTE

EDUARDO A. BRUNO CASTILLO/ JUAN C. PERALTA LOPEZ
Urb. El Bosque Zona 5A, Nuevo Chimbote, Santa, Ancash.

TITULO

DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD DE
PROBETAS ESTANDAR DE CONCRETO

FECHA

08 DE SETIEMBRE DEL 2014

Ing. Gladys Villa Garcia M.
Jefe de Laboratorio de
Estructuras Antisismicas



**LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS
ANTISISMICAS**



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ**

SOLICITANTE **EDUARDO A. BRUNO CASTILLO/ JUAN C. PERALTA LOPEZ**
 Urb. El Bosque Zona 5A, Nuevo Chimbote, Santa, Ancash.
 PROCEDENCIA **DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD DE
PROBETAS ESTANDAR DE CONCRETO**
 ENSAYO **MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO**
 MUESTRA **PROBETAS DE CONCRETO**
 NORMA DE ENSAYO **ASTM C469**
 FECHA **08 de setiembre del 2014**

Probeta N°	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad días	Diam (mm)	Carga máxima		R'c		E		Tipo
					(KN)	(Kg)	Mpa	Kg/cm2	Mpa	Kg/cm2	
P-1	2014-06-06	2014-07-04	28	151.5	406.8	41467	22.57	230	23556	240122	2
P-2	2014-06-07	2014-07-05	28	151.5	420.6	42877	23.33	237.9	28243	287900	2
P-3	2014-06-09	2014-07-07	28	151.5	409.1	41702	22.69	231.3	24869	253505	2
P-4	2014-06-10	2014-07-08	28	151.5	415.6	42365	23.05	235	27253	277808	2
P-5	2014-06-13	2014-07-11	28	151.5	408.2	41611	22.64	230.8	23488	239420	2
P-6	2014-06-14	2014-07-12	28	151.5	412.7	42069	22.89	233.4	29324	298915	2
P-7	2014-06-16	2014-07-14	28	151.5	411.6	41957	22.83	232.8	25045	255291	2
P-8	2014-06-18	2014-07-16	28	151.5	415.1	42314	23.03	234.7	27483	280147	2
P-9	2014-06-19	2014-07-17	28	151.5	408.7	41662	22.6	231.1	23525	239804	2
P-10	2014-06-21	2014-07-19	28	151.5	412.6	42059	22.89	233.3	27089	276132	2
P-11	2014-06-25	2014-07-23	28	151.5	410.2	41814	22.7	231.9	25006	254898	2
P-12	2014-06-27	2014-07-25	28	151.5	414.9	42294	23.02	234.6	27468	279993	2
P-13	2014-07-02	2014-07-30	28	151.5	407.5	41539	22.61	230.4	23502	239570	2
P-14	2014-07-03	2014-07-31	28	151.5	409.4	41733	22.71	231.5	26537	270508	2
P-15	2014-07-05	2014-08-02	28	151.5	410.8	41876	22.79	232.3	26340	268493	2
P-16	2014-07-07	2014-08-04	28	151.5	412.9	42090	22.9	233.5	26558	270716	2
P-17	2014-07-08	2014-08-05	28	151.5	422.3	43048	23.43	238.8	24656	251333	2
P-18	2014-07-10	2014-08-07	28	151.5	418.4	42650	23.21	236.6	24181	246490	2
P-19	2014-07-11	2014-08-08	28	151.5	405.6	41345	22.5	229.4	25939	264406	2
P-20	2014-07-14	2014-08-11	28	151.5	416.9	42497	23.13	235.7	26107	266117	2
P-21	2014-07-16	2014-08-13	28	151.5	405.8	41366	22.51	229.5	23079	235256	2
P-22	2014-07-18	2014-08-15	28	151.5	407.3	41519	22.59	230.3	23048	234938	2
P-23	2014-07-19	2014-08-16	28	151.5	408.5	41641	22.66	231	23939	244019	2
P-24	2014-07-22	2014-08-19	28	151.5	411.3	41927	22.82	232.6	24940	254222	2
P-25	2014-07-24	2014-08-21	28	151.5	409.4	41732	22.71	231.5	25021	255048	2
P-26	2014-07-30	2014-08-27	28	151.5	416.8	42487	23.12	235.7	27438	279689	2
P-27	2014-07-31	2014-08-28	28	151.5	418.4	42650	23.21	236.6	25723	262203	2
P-28	2014-08-02	2014-08-30	28	151.5	407.6	41549	22.61	230.5	25045	255294	2
P-29	2014-08-04	2014-09-01	28	151.5	409.4	41733	22.71	231.5	23646	241030	2
P-30	2014-08-05	2014-09-02	28	151.5	422.8	43099	23.45	239	27788	283256	2

[Handwritten Signature]

Ing. Gladys Villa Garcia M.
 Jefe de Laboratorio de
 Estructuras Antisismicas

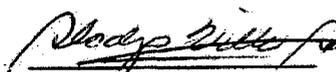


Donde:

- Pmáx: Carga máxima aplicada, expresada en kilo newton (KN) y en kilogramos (kg)
R'c: Resistencia a compresión de la probeta de concreto, expresada en MPa y en kg/cm²
E: Módulo de elasticidad de la probeta, expresada en MPa y en kg/cm².
Falla: 1:Conos bien formados en ambas bases/2:Cono en una base con grietas verticales/3:Grietas verticales columnares/4:Corte 5: Fractura a un lado de la base inferior o superior/6:Fractura en todo el perímetro de una base.
Prom: Promedio de los valores R'c individuales, en los sistemas de unidades indicados.
D.E.: Desviación estándar de los valores de R'c, en los sistemas de unidades correspondientes.
C.V(%): Coeficiente de Variación expresado en porcentaje.

Notas:

- Las probetas fueron moldeadas, identificadas y curadas por el solicitante.
Los ensayos de compresión fueron realizados en una Máquina de Ensayos de Celda con Carga, calibrada contra Celda Patrón, trazable internacionalmente.
Los resultados presentados, son válidos únicamente para las probetas ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con el producto.



Ing. Gladys Villa Garcia M.
Jefe de Laboratorio de
Estructuras Antisismicas

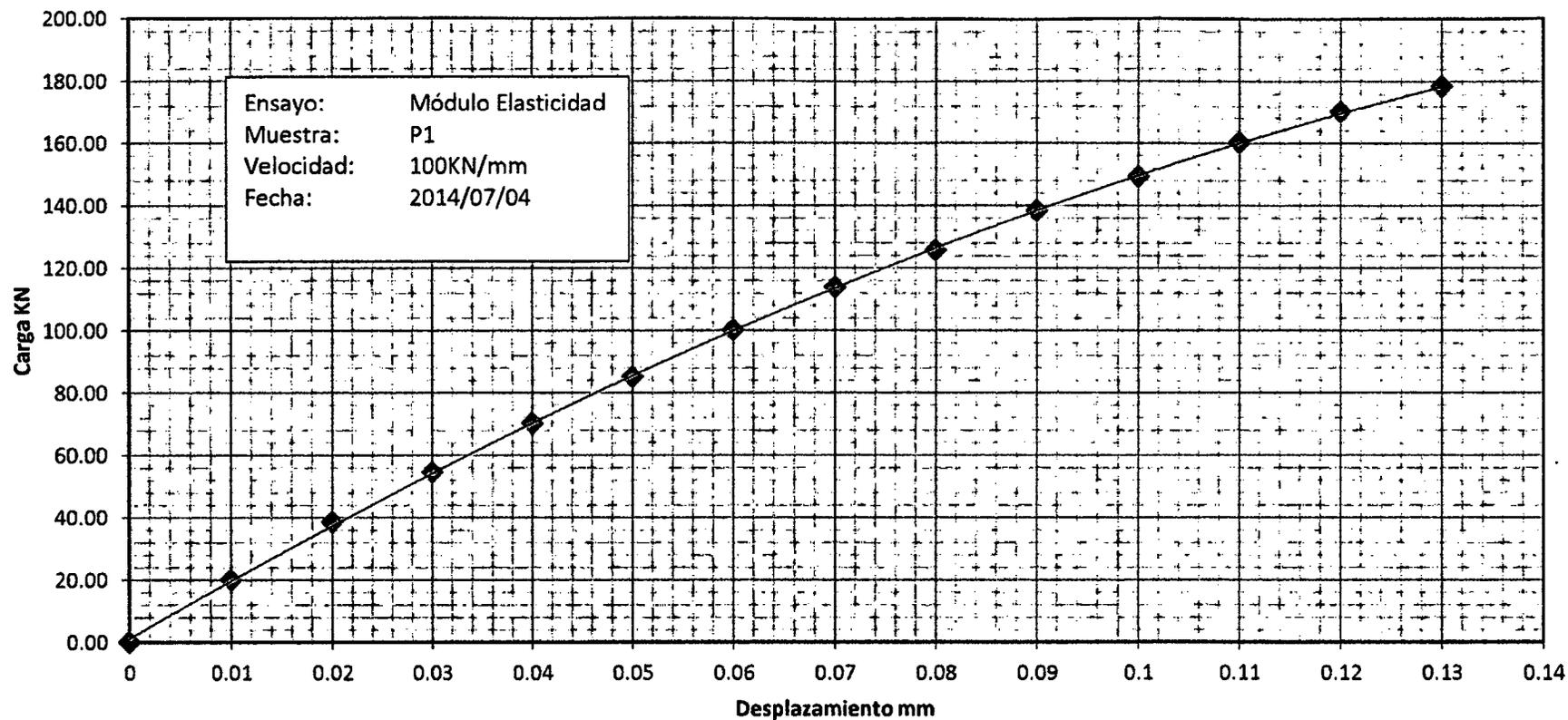


El presente Informe consta de 33 páginas en total, incluyendo carátula y 30 registros gráficos locales Carga (KN) – Desplazamiento (mm). Se prohíbe su reproducción parcial, sin autorización expresa del Laboratorio.

LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS
ANTISISMICAS

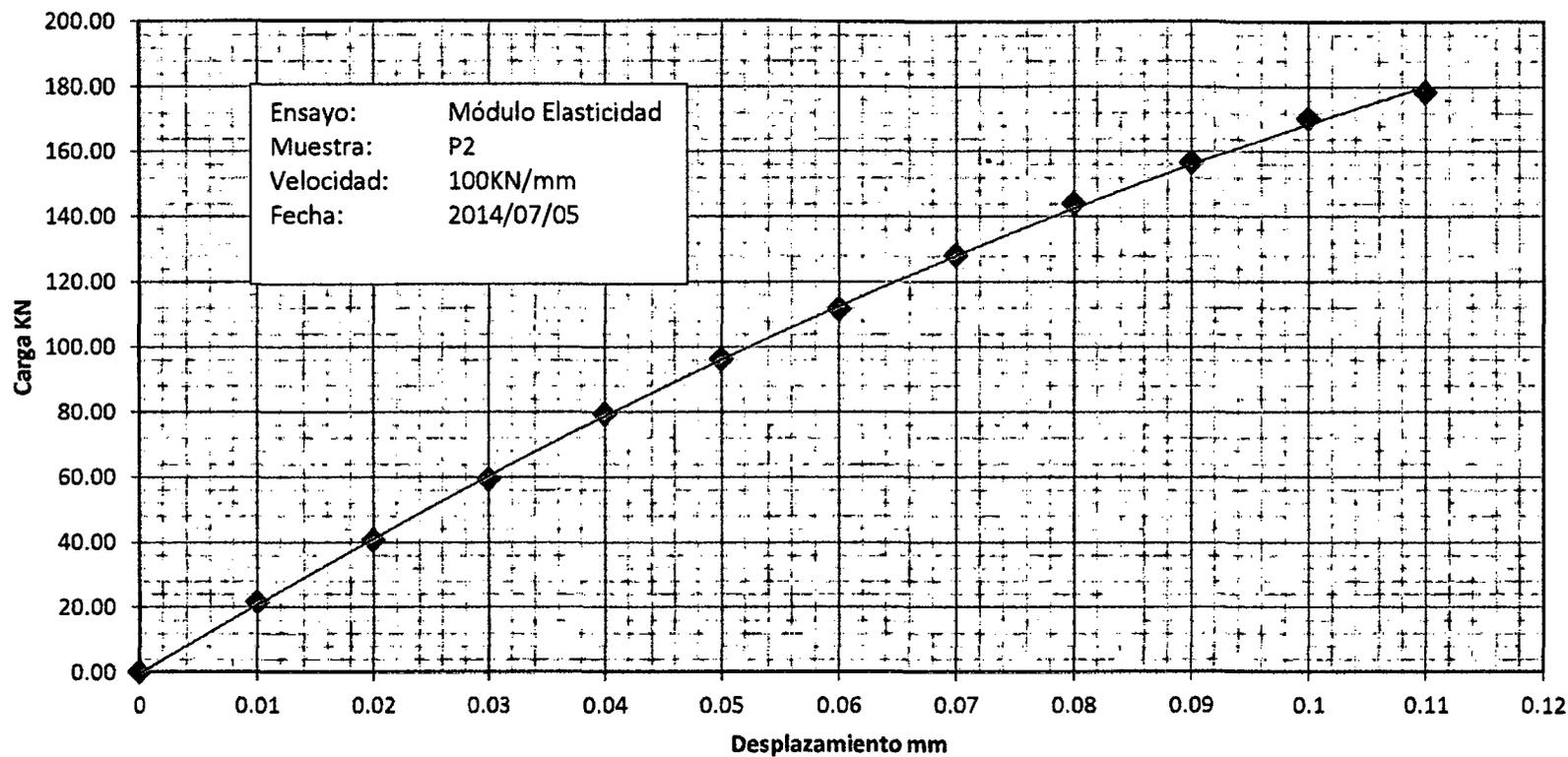


PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ



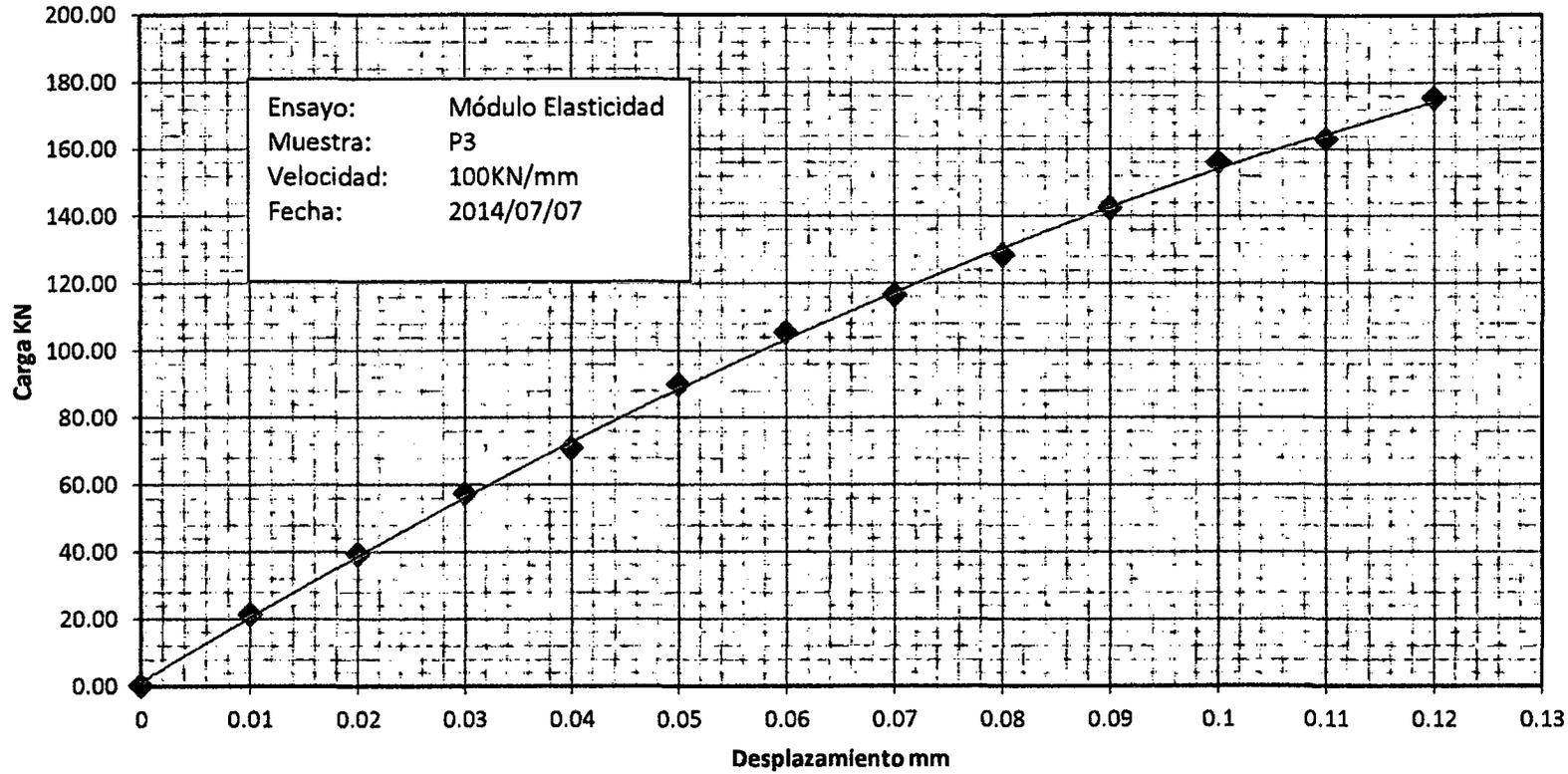
Registro Carga-Desplazamiento





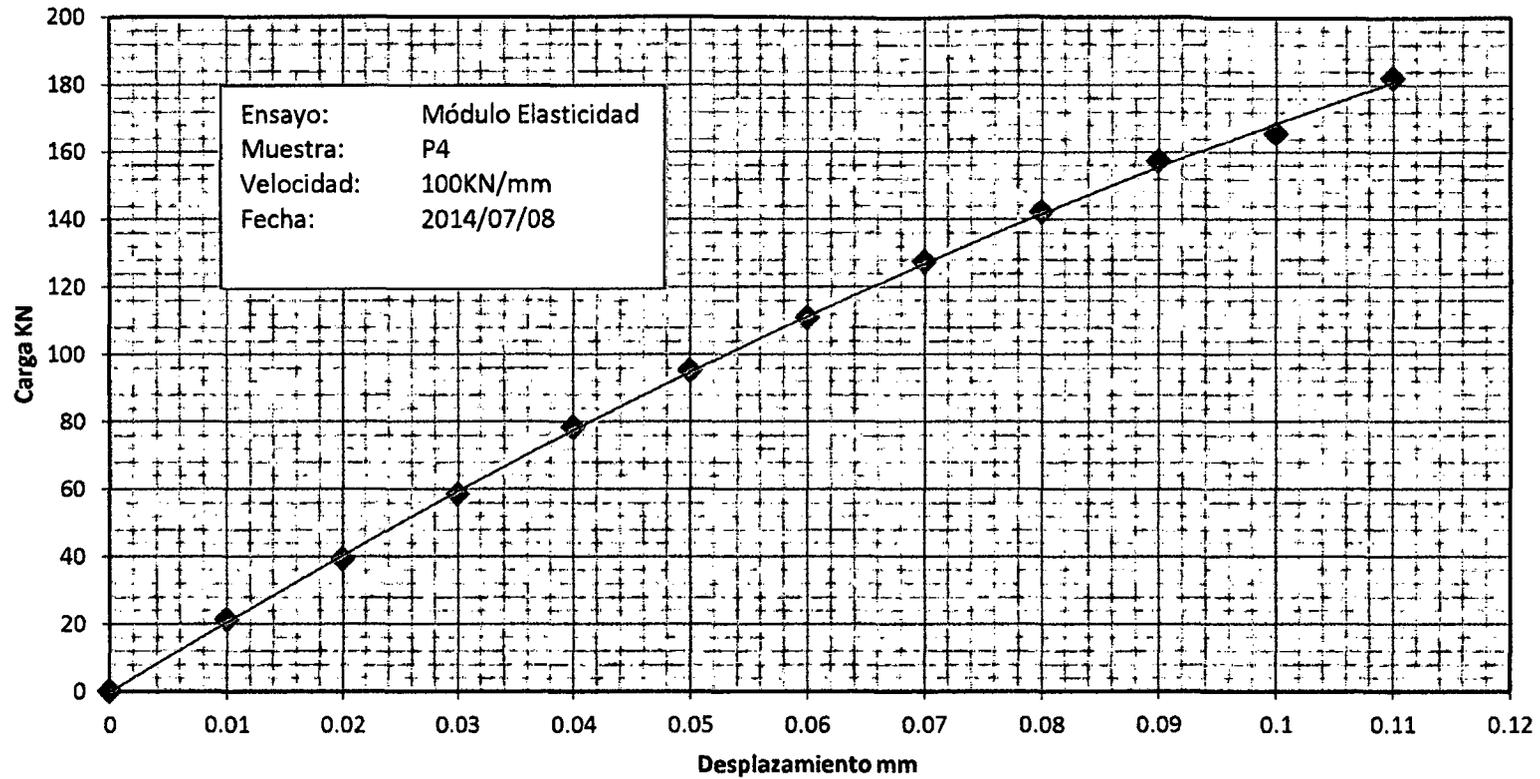
Registro Carga-Desplazamiento





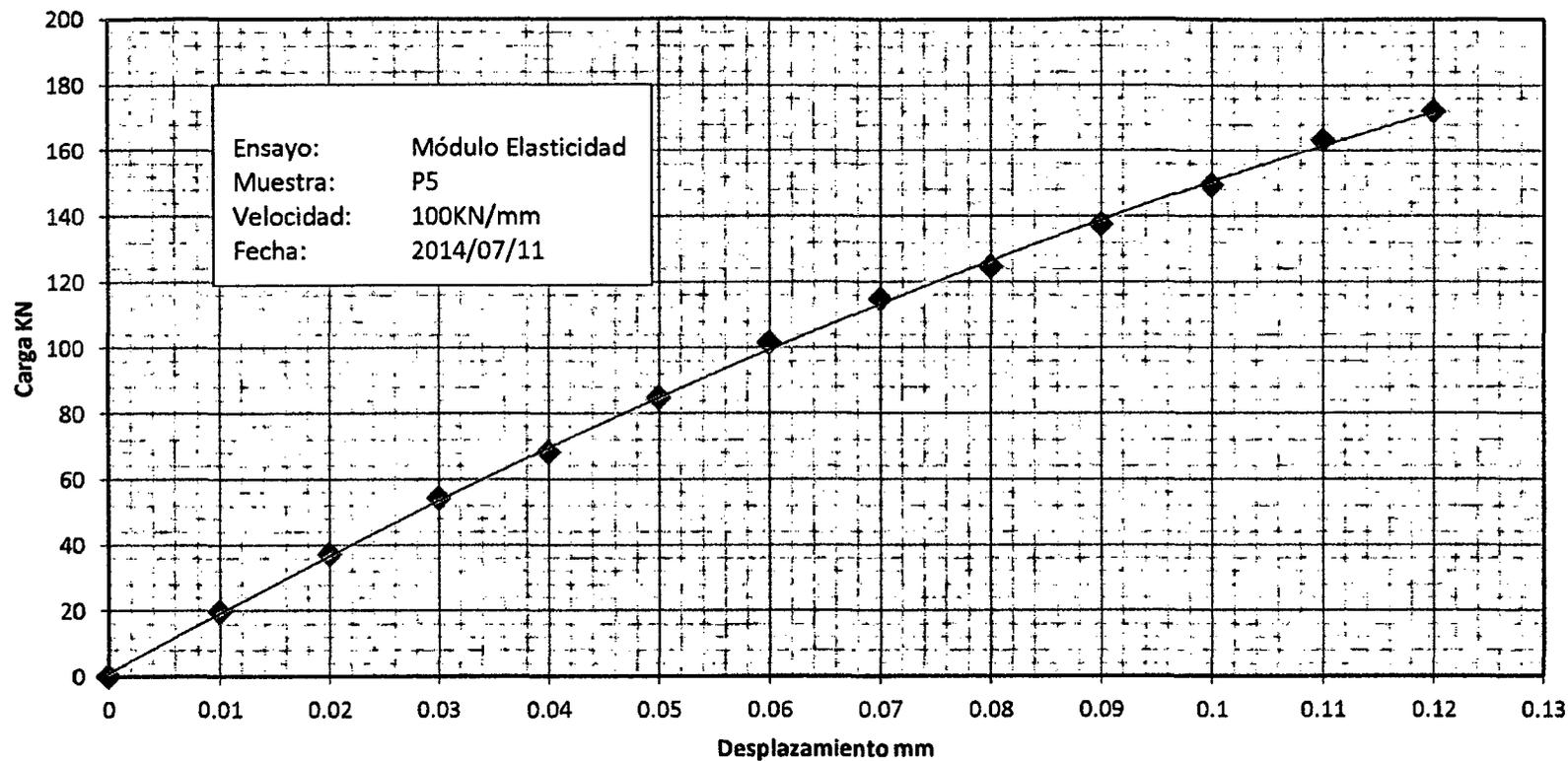
Registro Carga-Desplazamiento





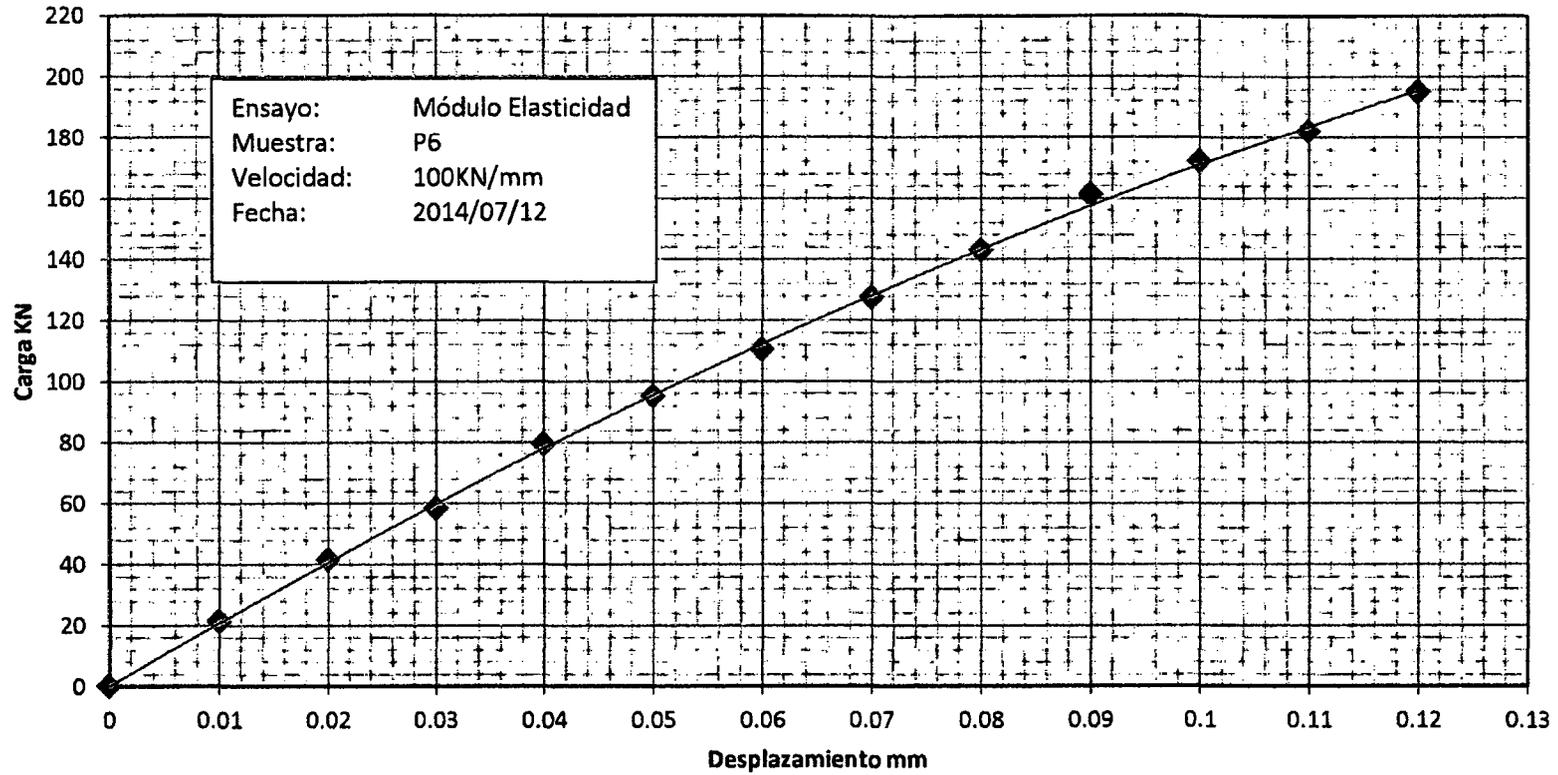
Registro Carga-Desplazamiento





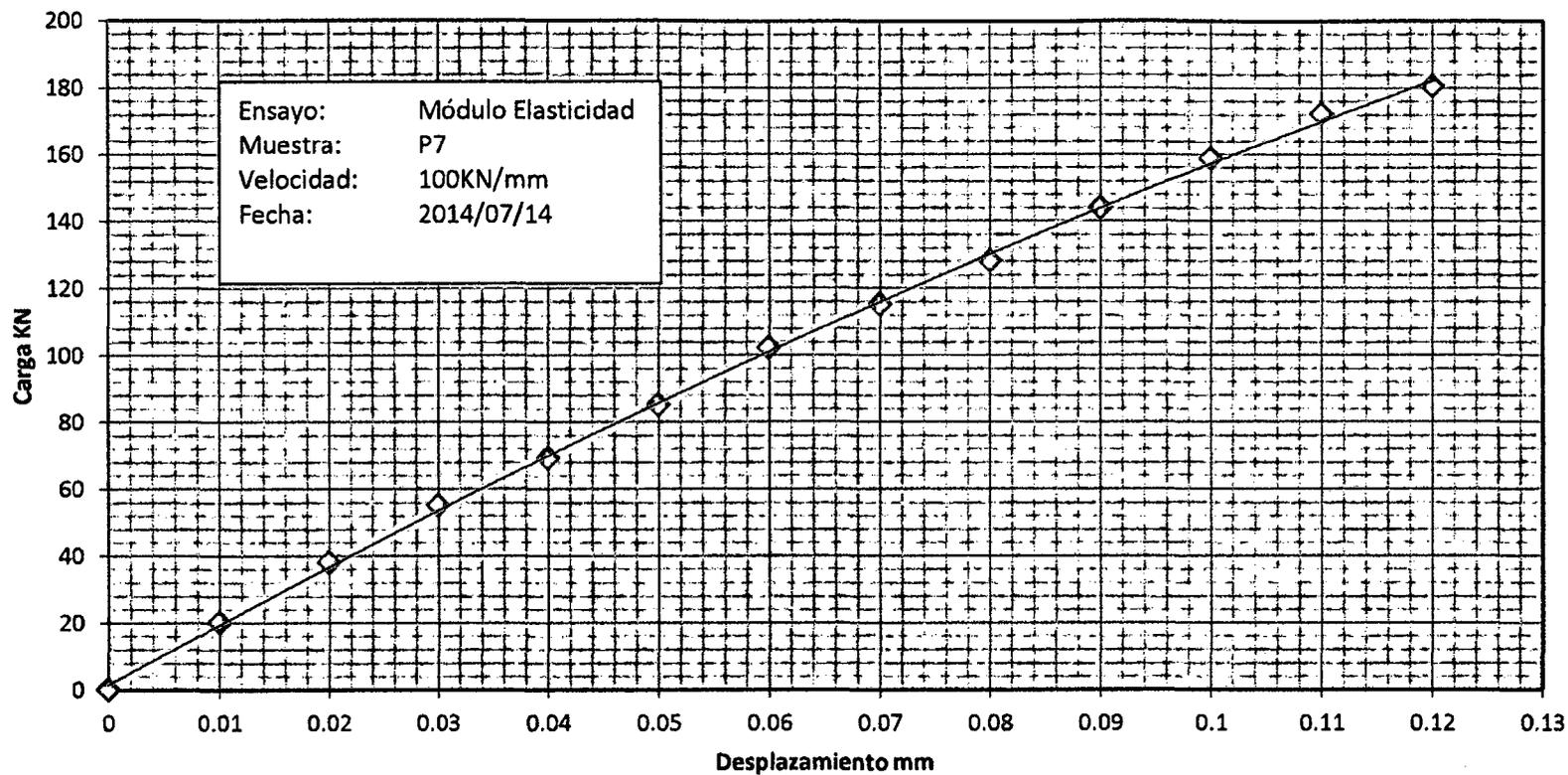
Registro Carga-Desplazamiento





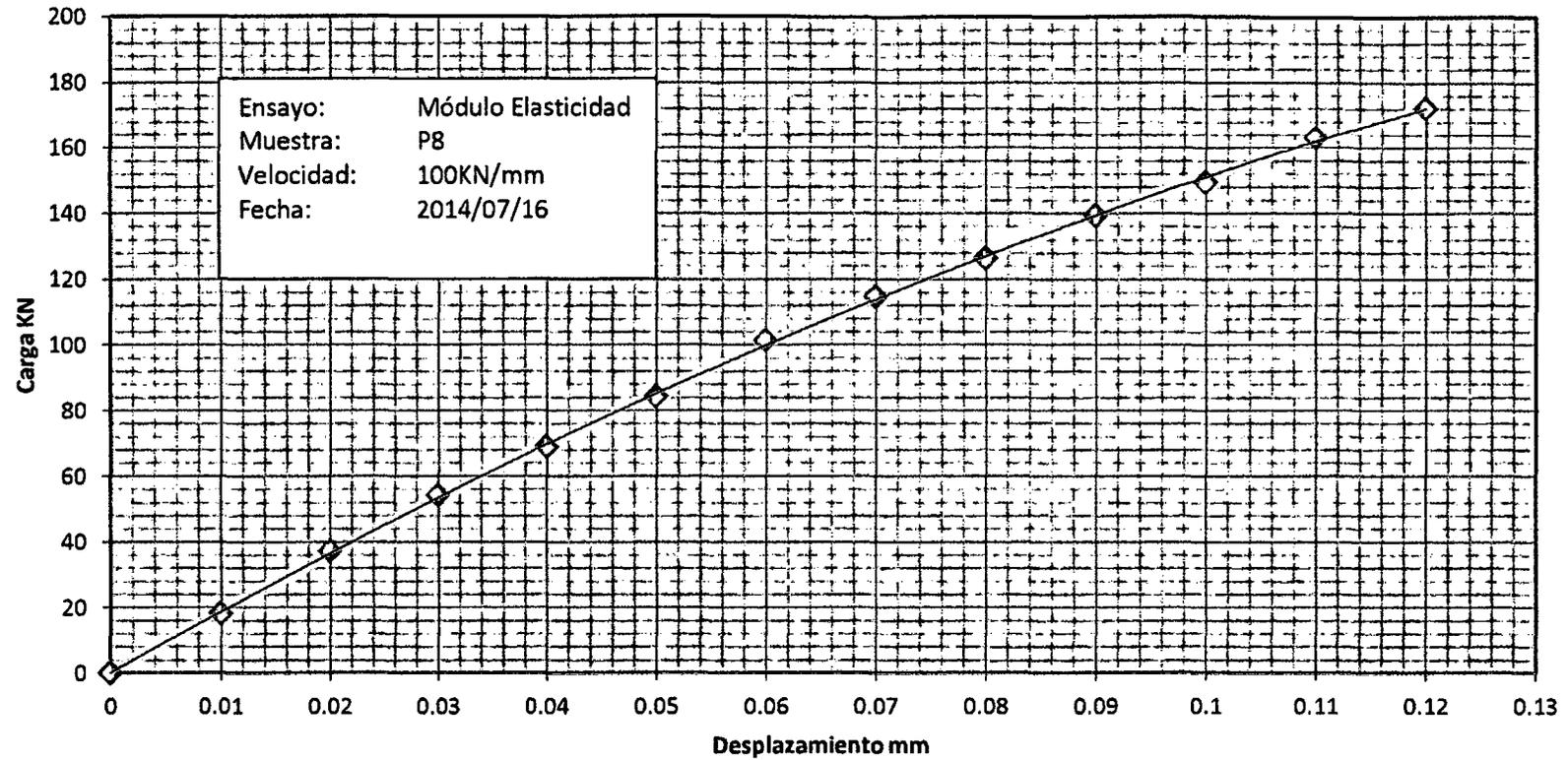
Registro Carga-Desplazamiento





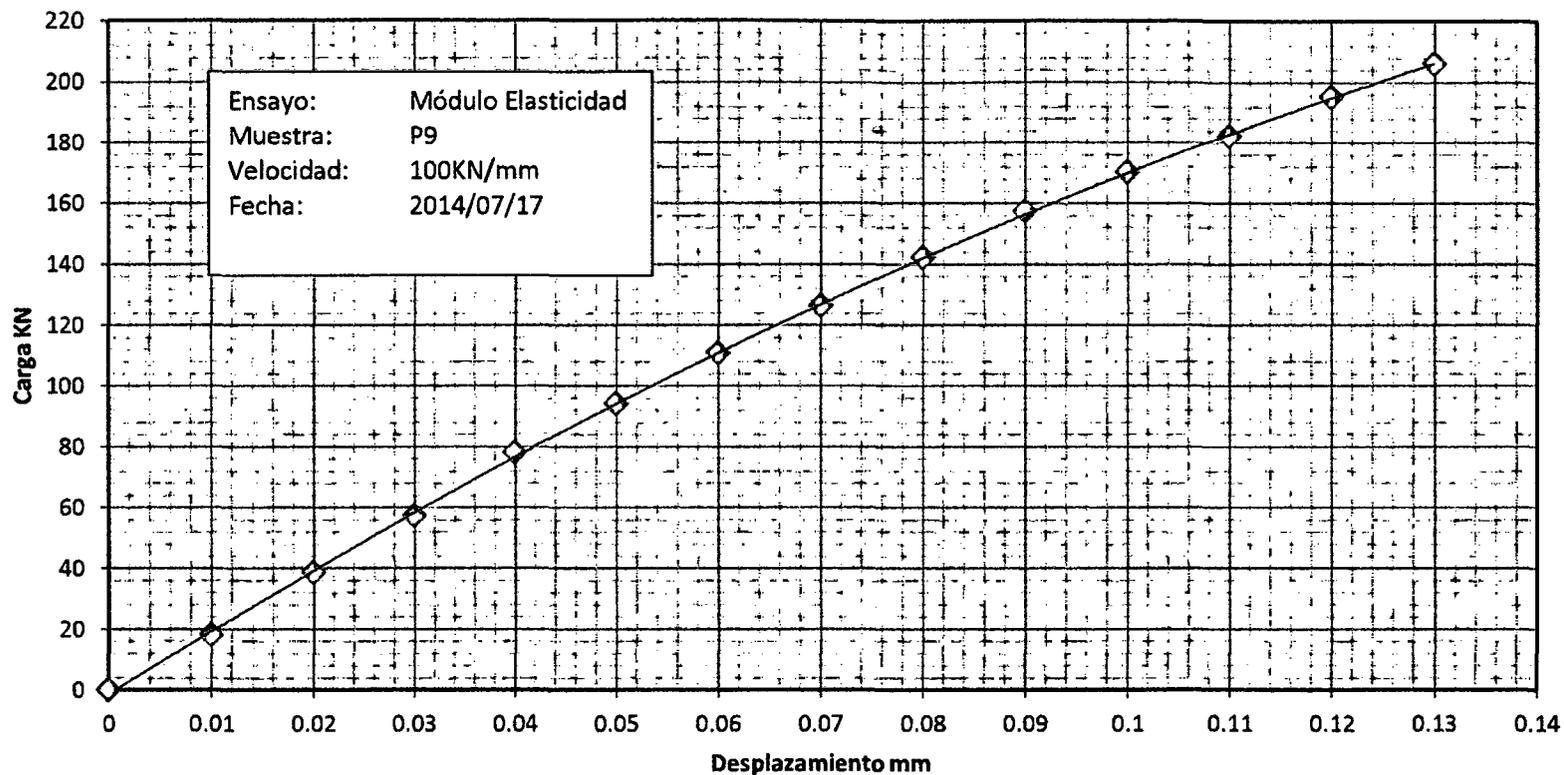
Registro Carga-Desplazamiento





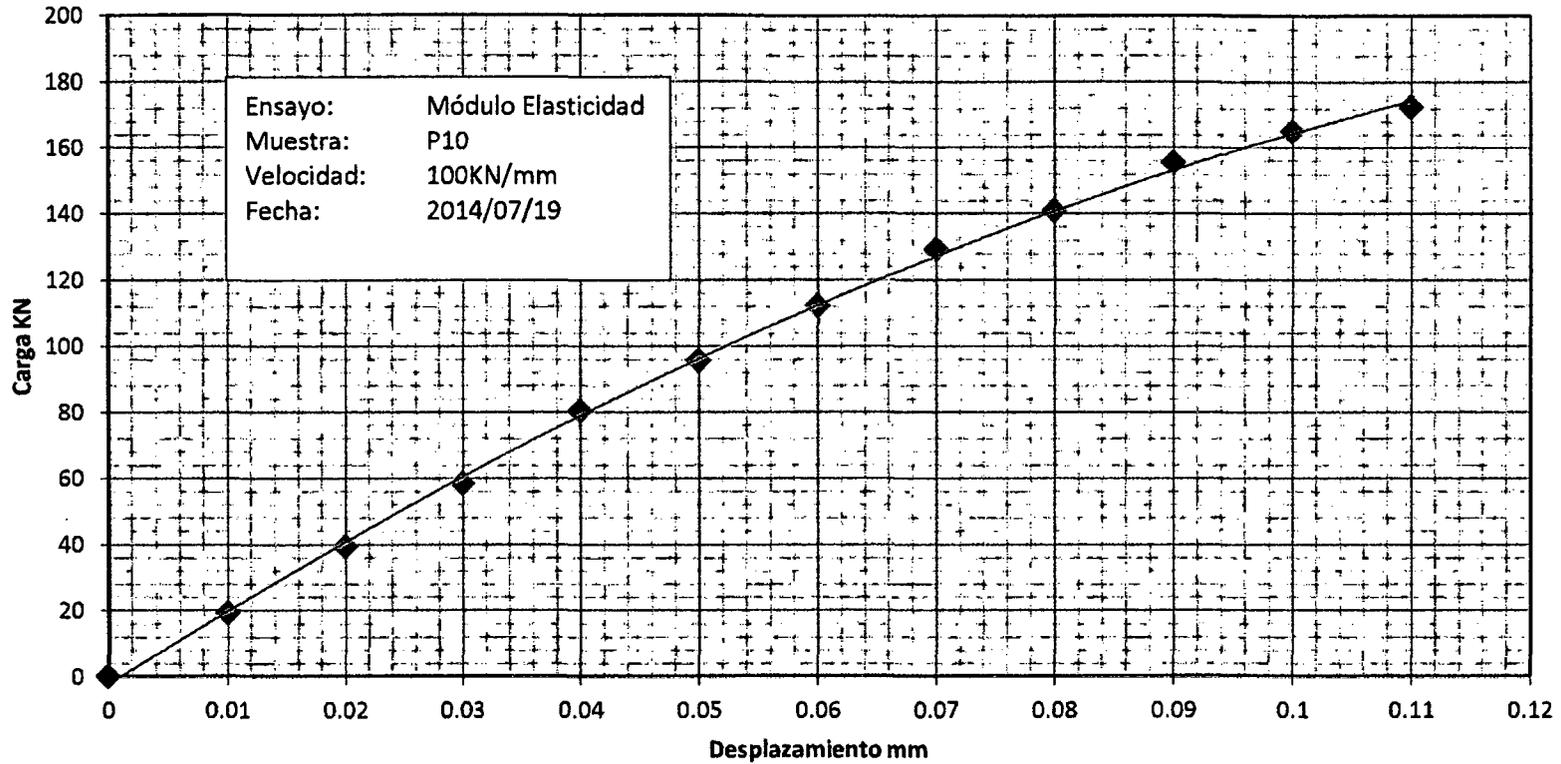
Registro Carga-Desplazamiento





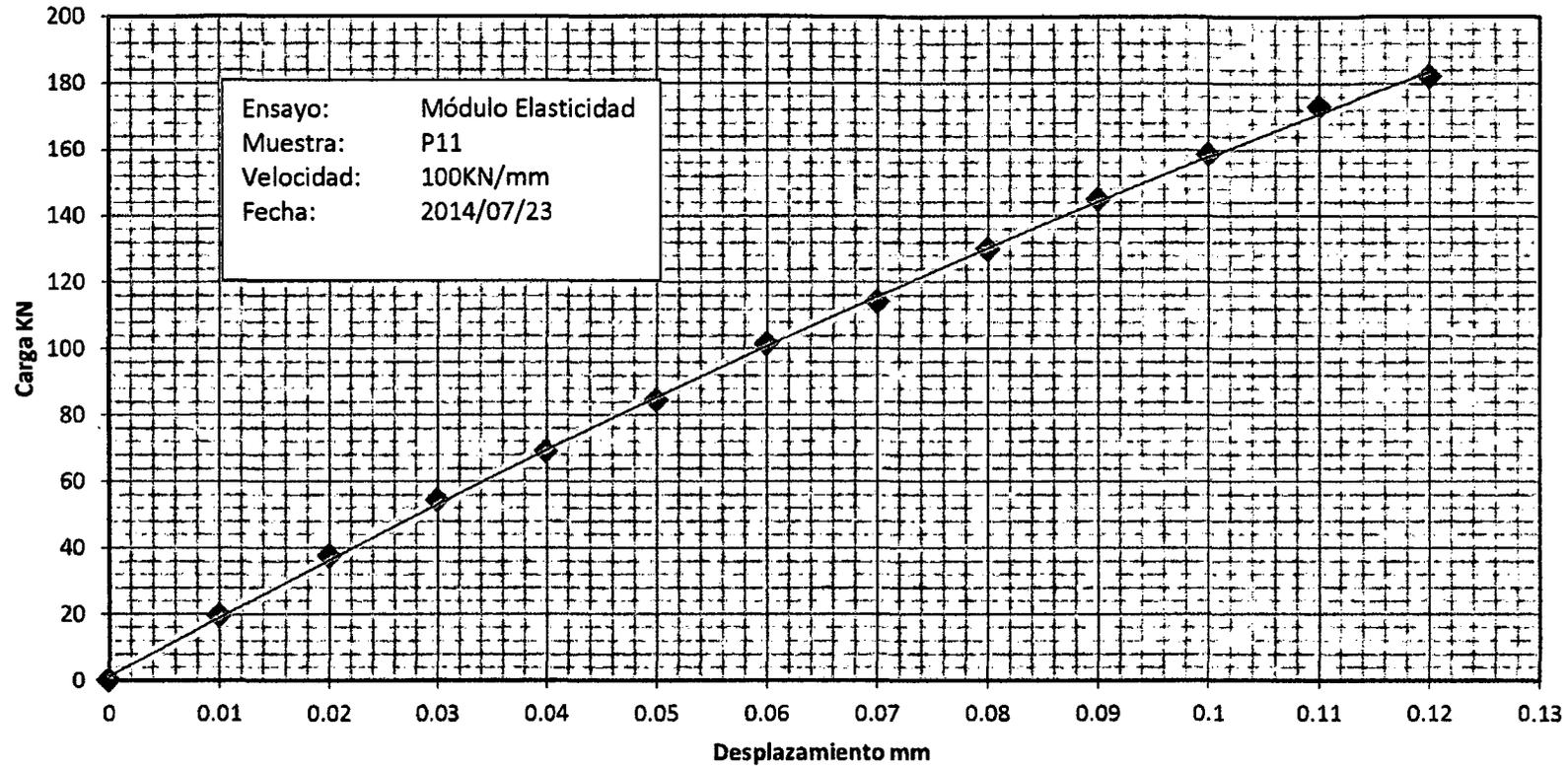
Registro Carga-Desplazamiento





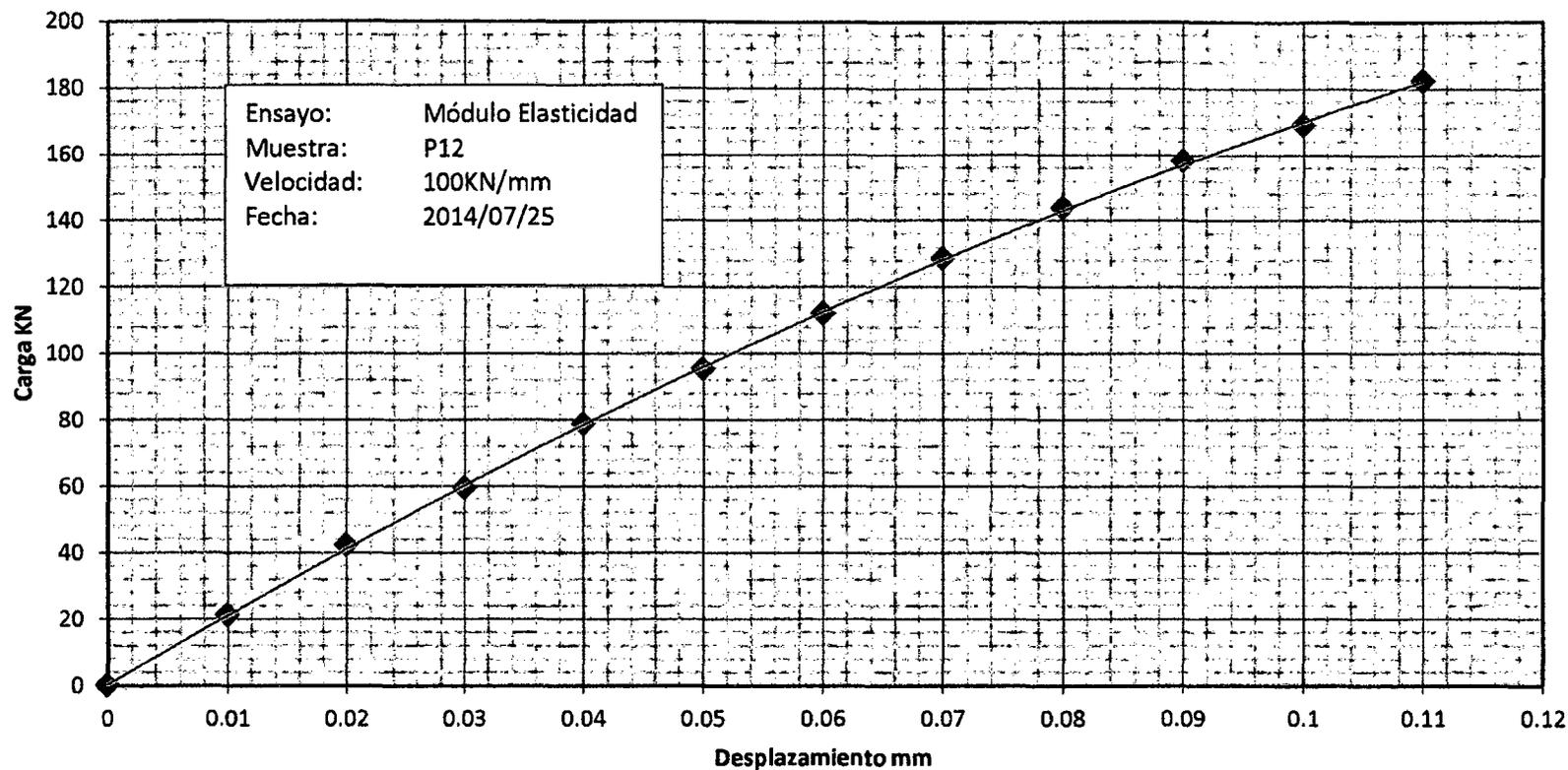
Registro Carga-Desplazamiento





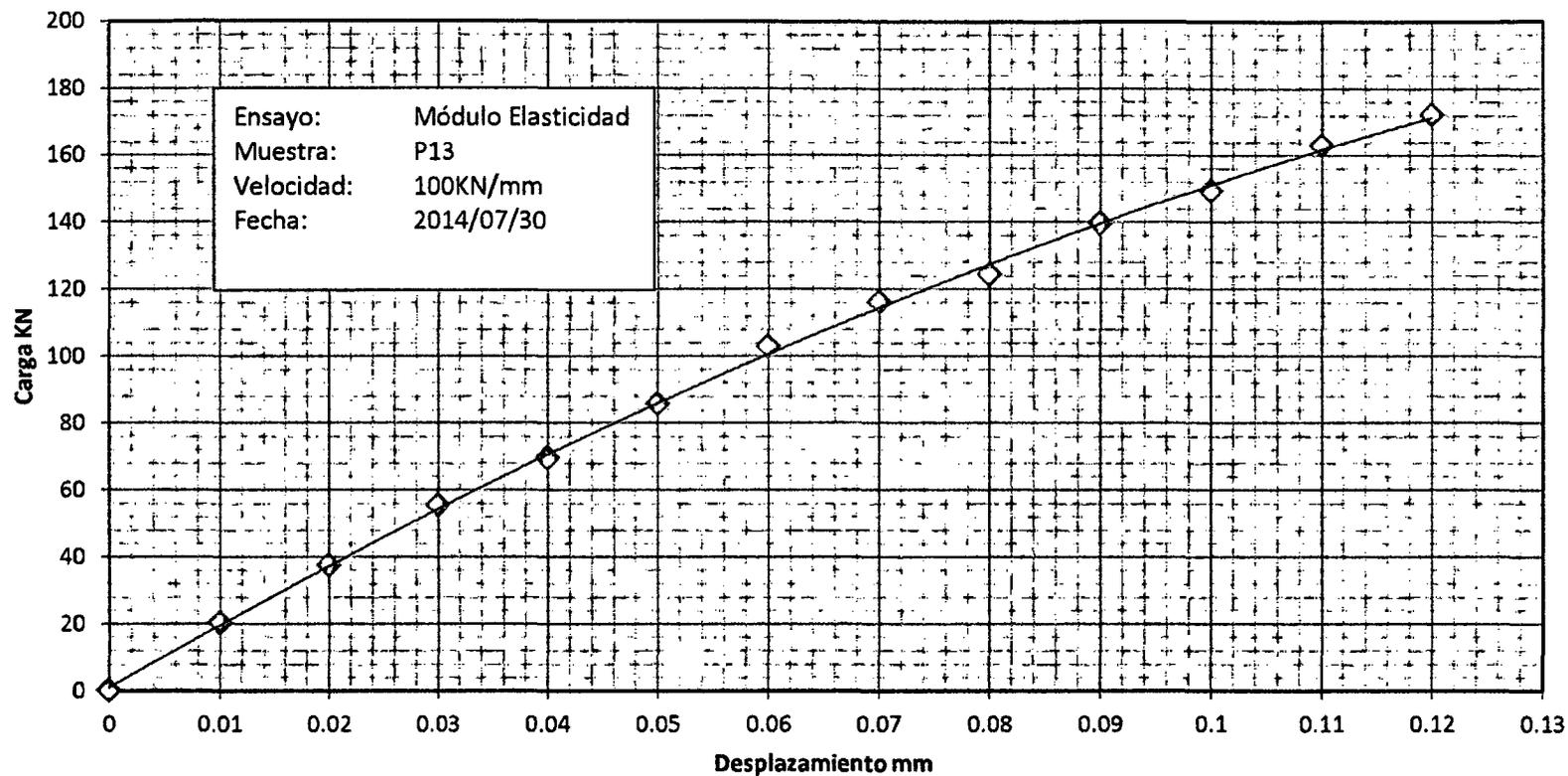
Registro Carga-Desplazamiento





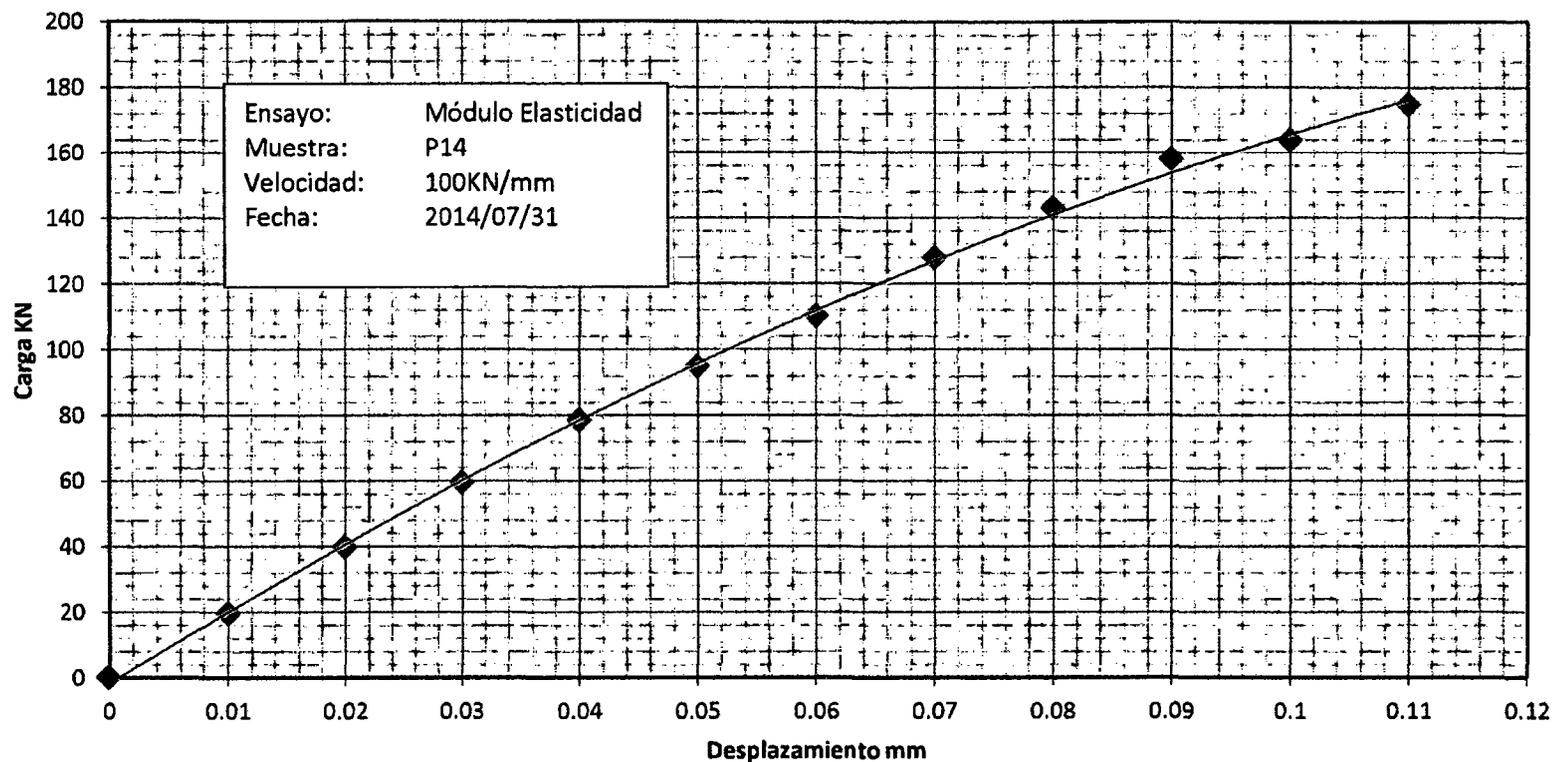
Registro Carga-Desplazamiento





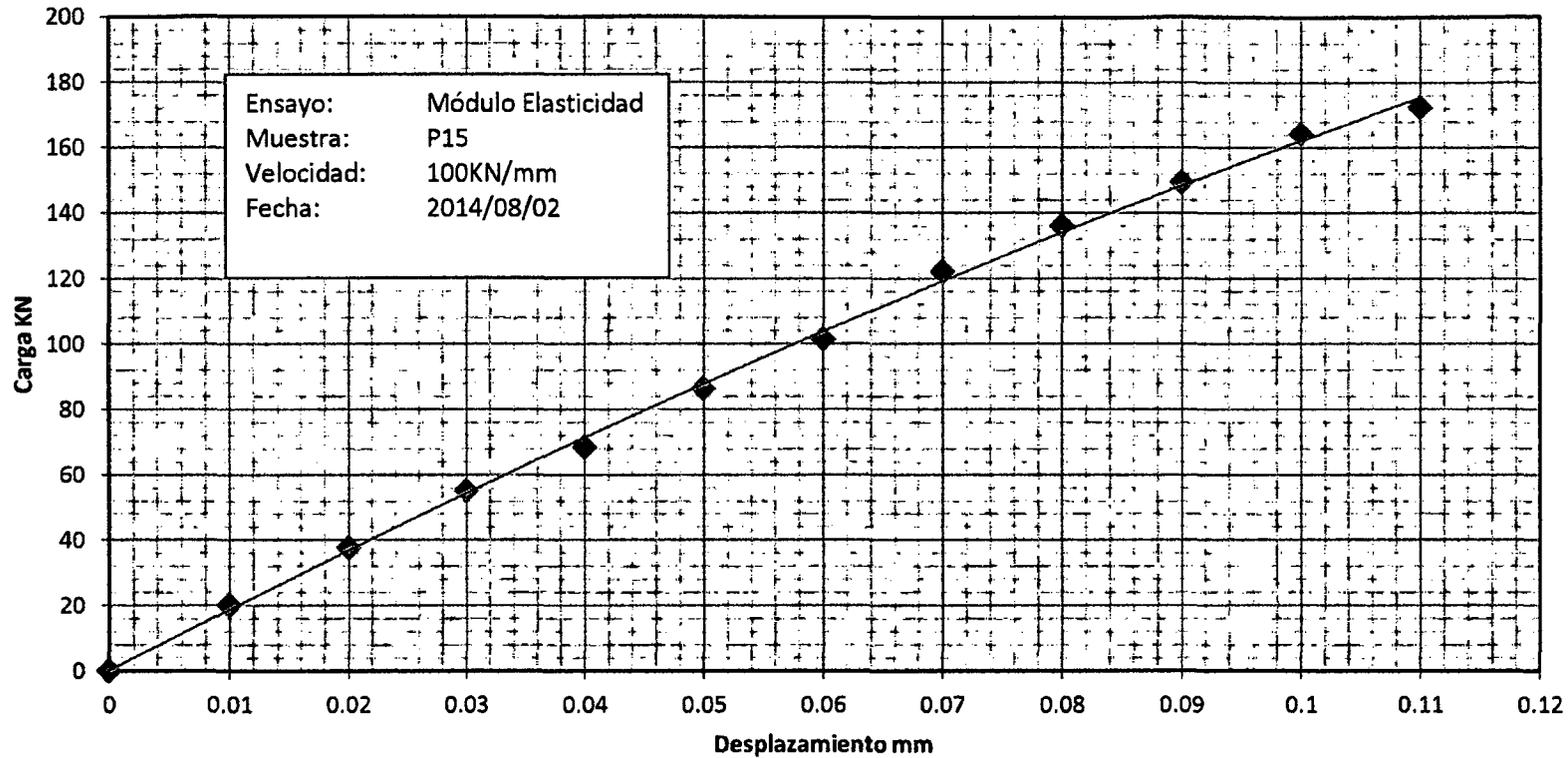
Registro Carga-Desplazamiento





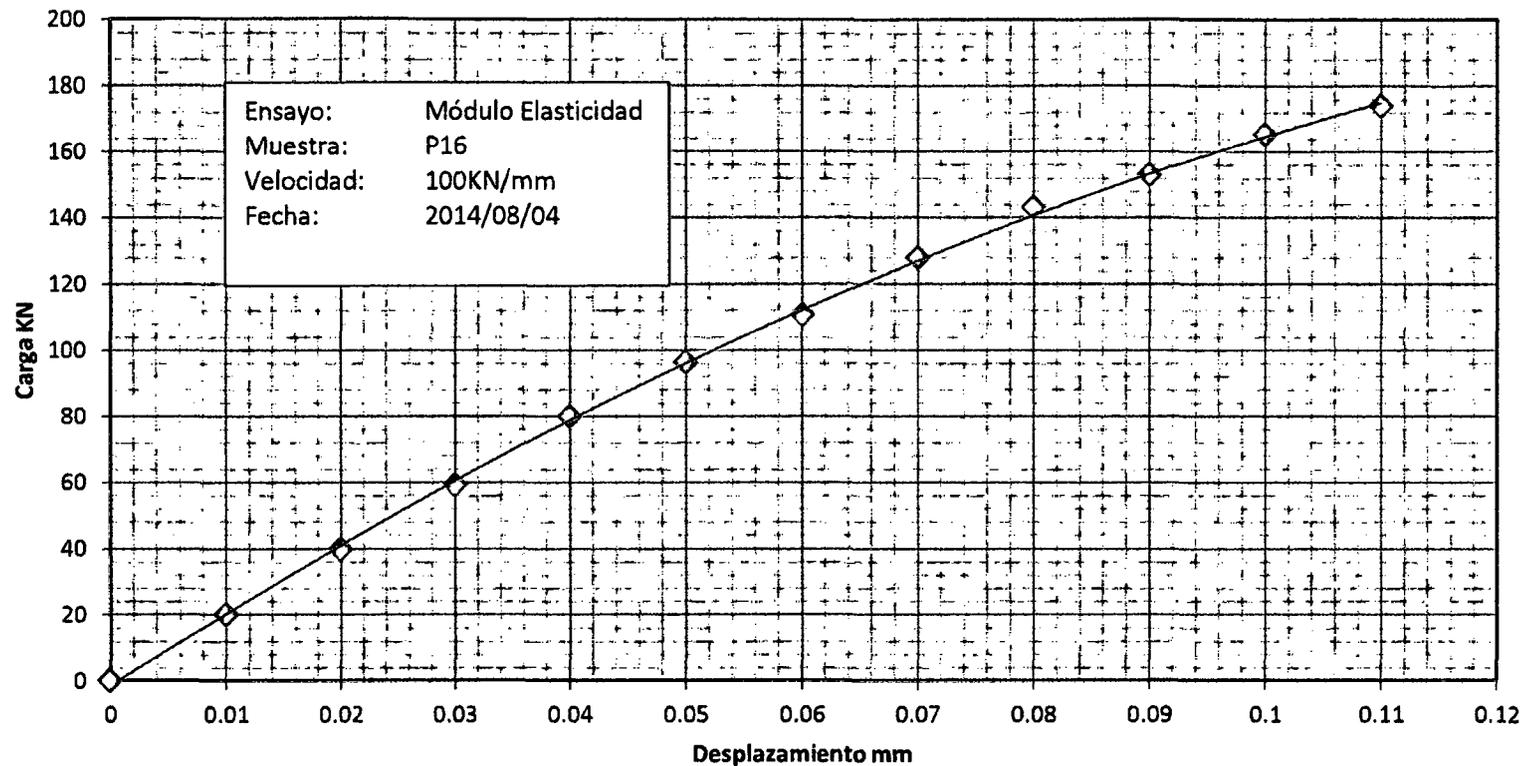
Registro Carga-Desplazamiento





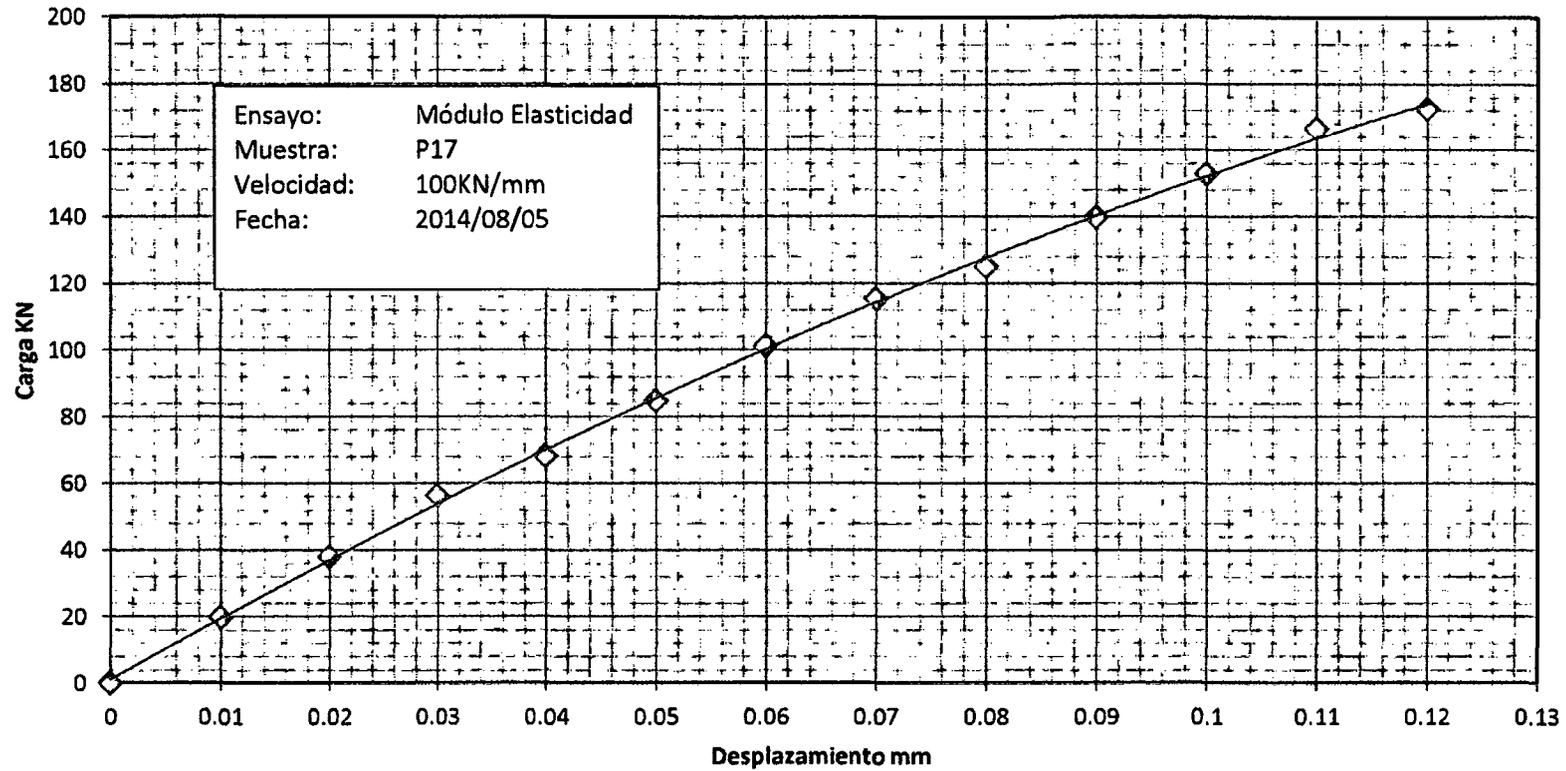
Registro Carga-Desplazamiento





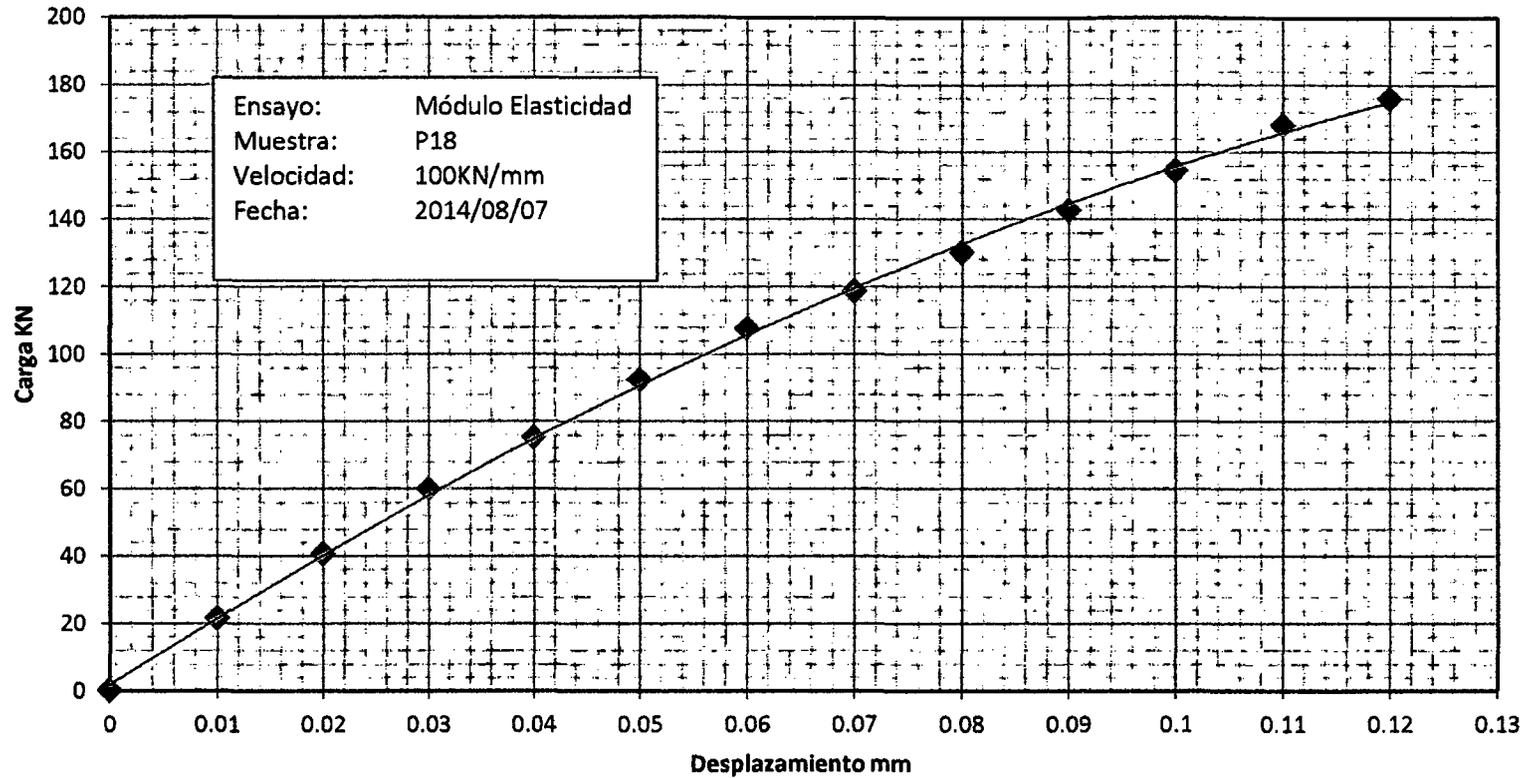
Registro Carga-Desplazamiento





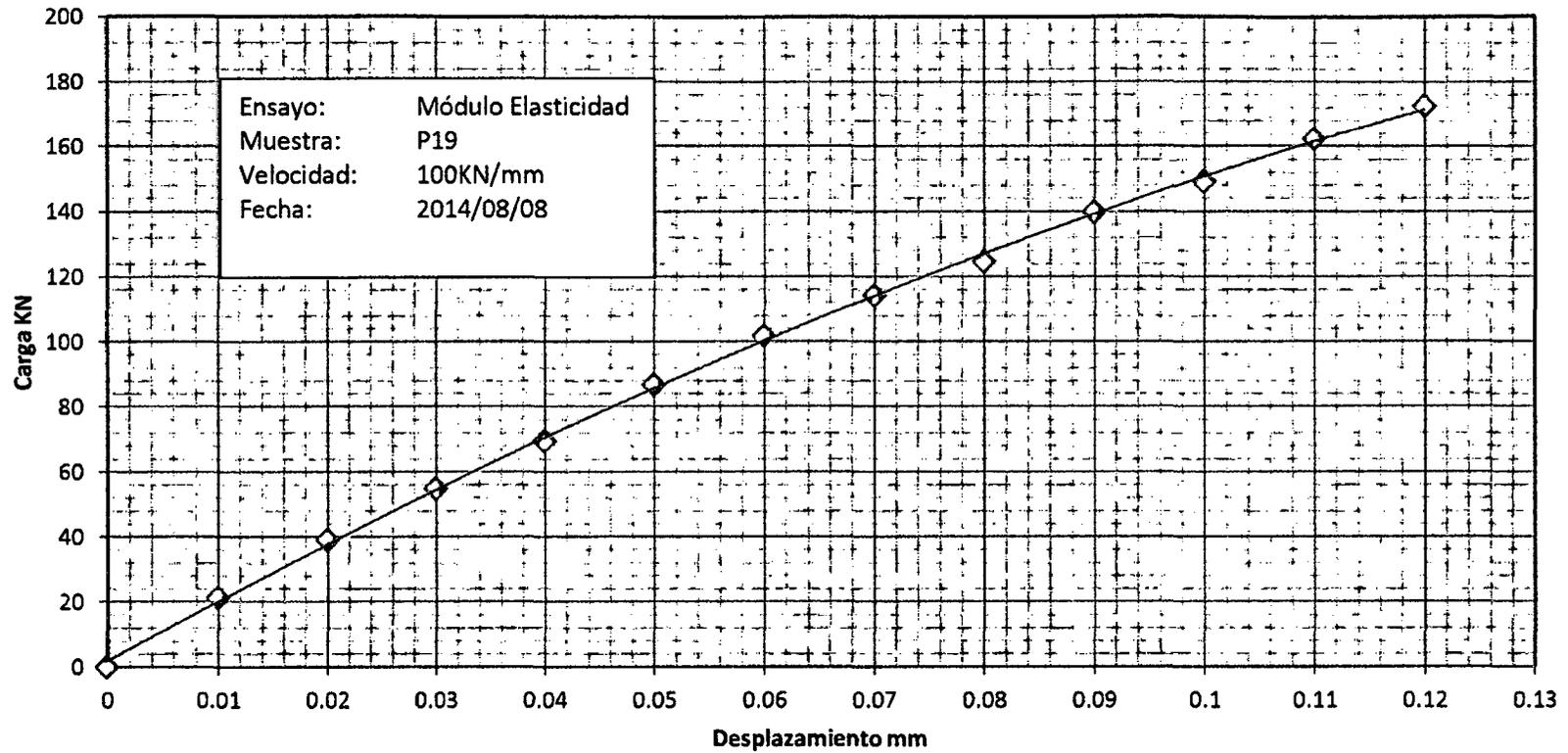
Registro Carga-Desplazamiento





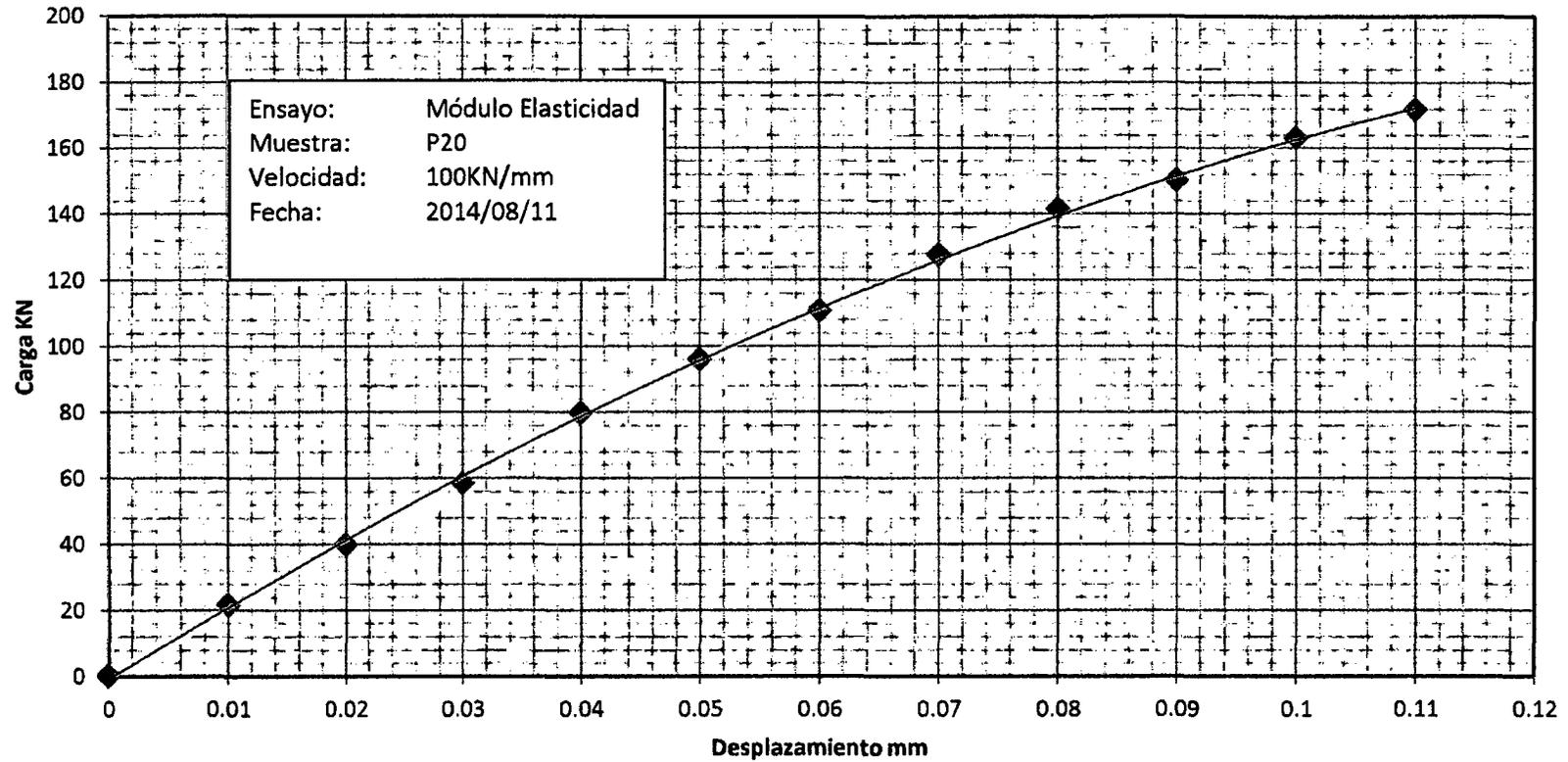
Registro Carga-Desplazamiento





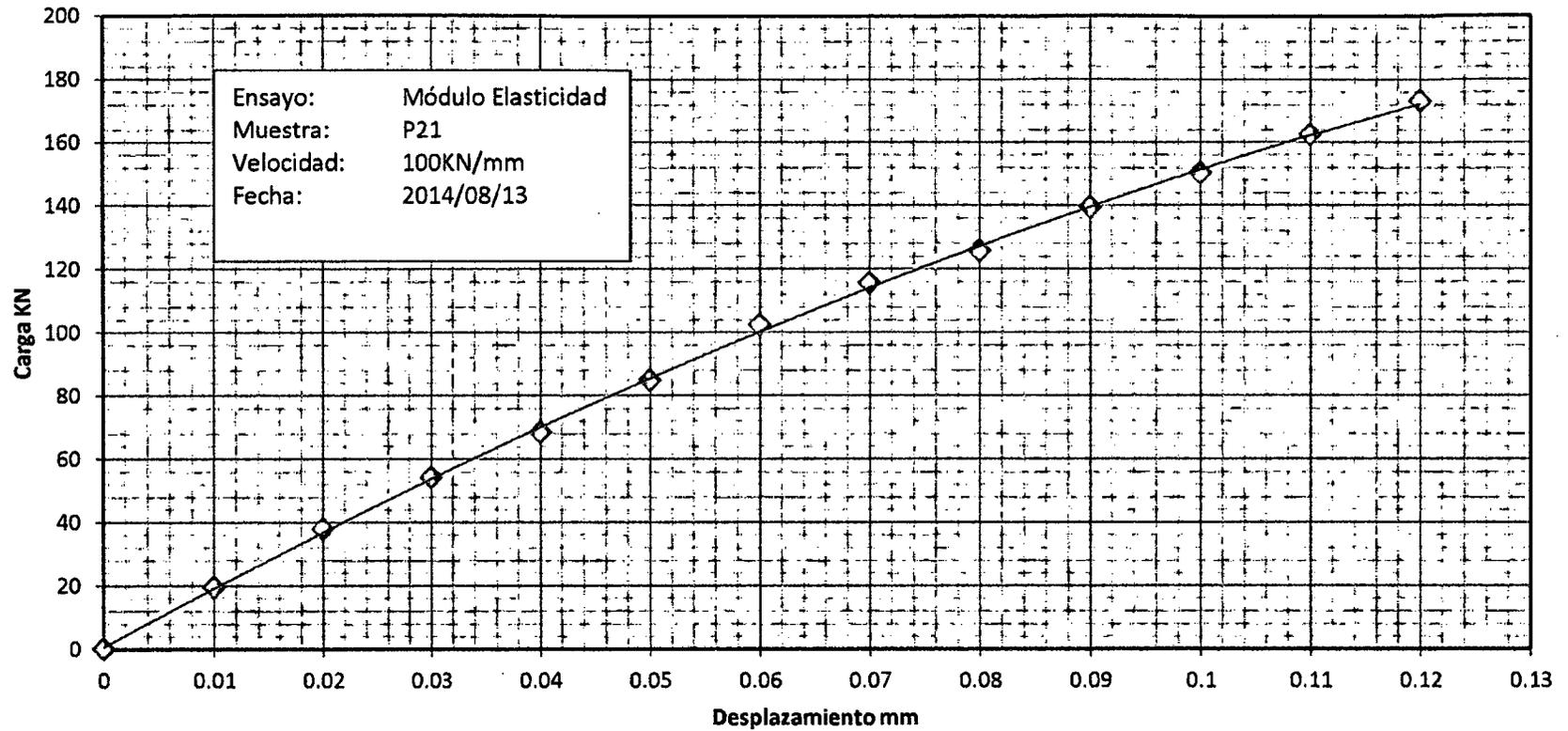
Registro Carga-Desplazamiento





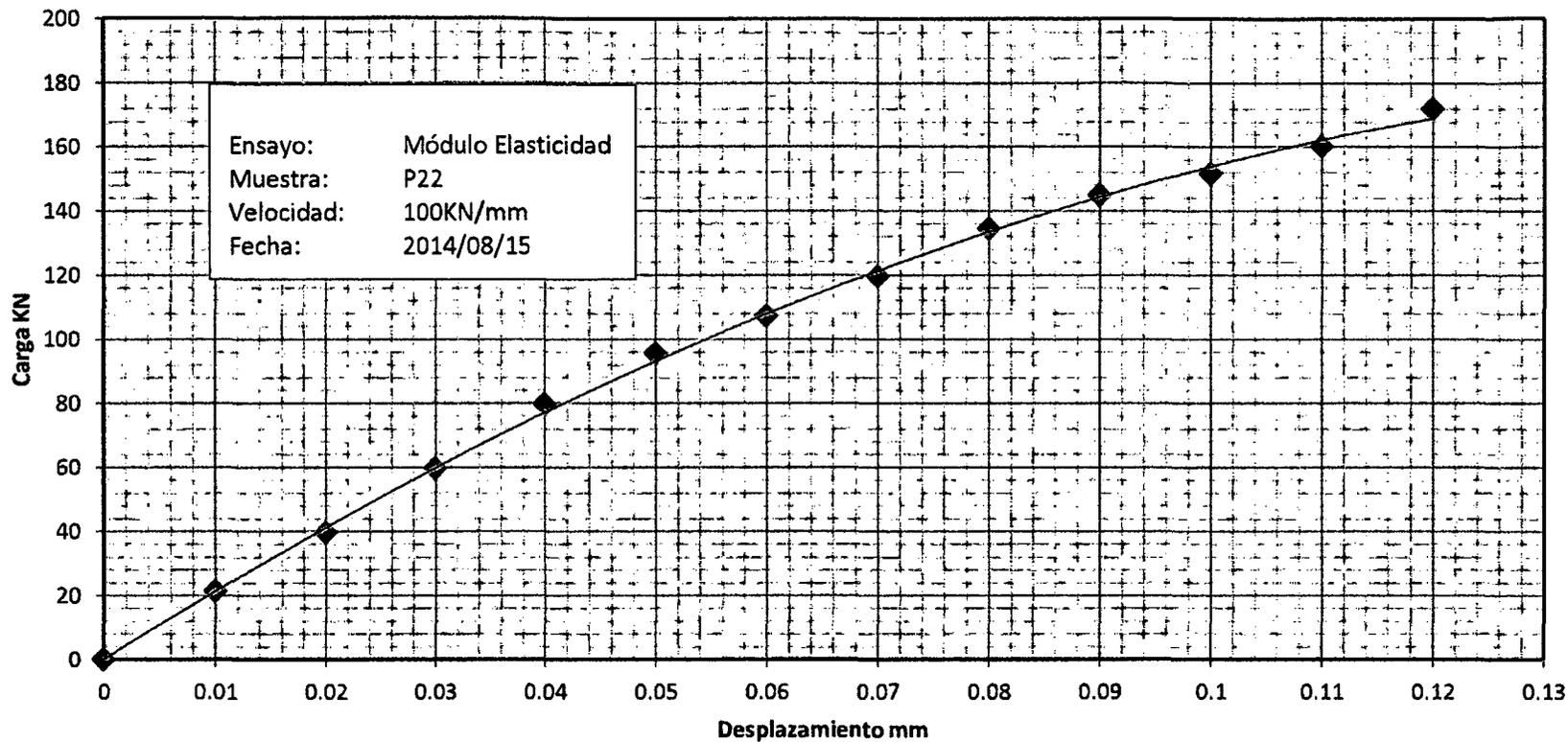
Registro Carga-Desplazamiento





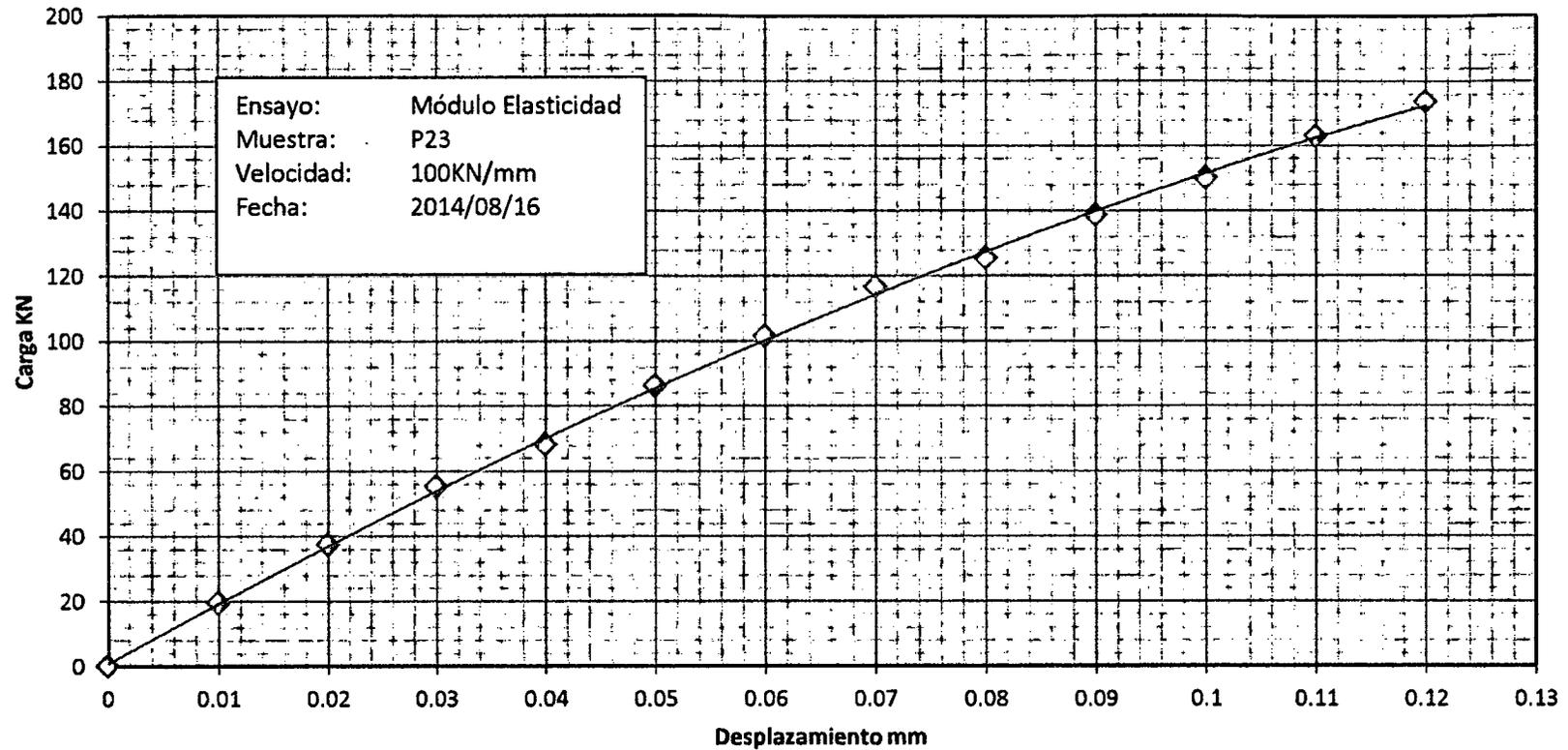
Registro Carga-Desplazamiento





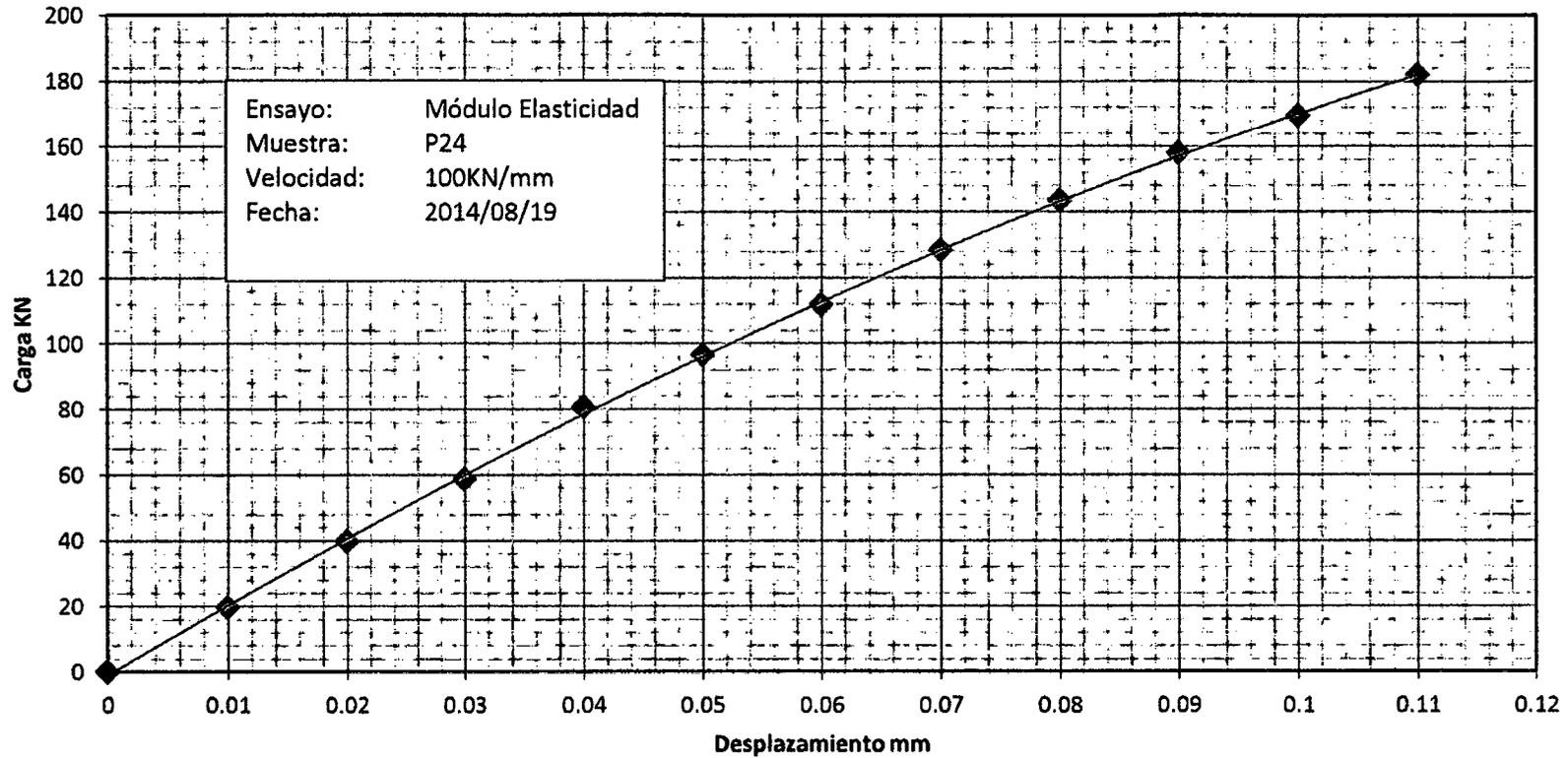
Registro Carga-Desplazamiento





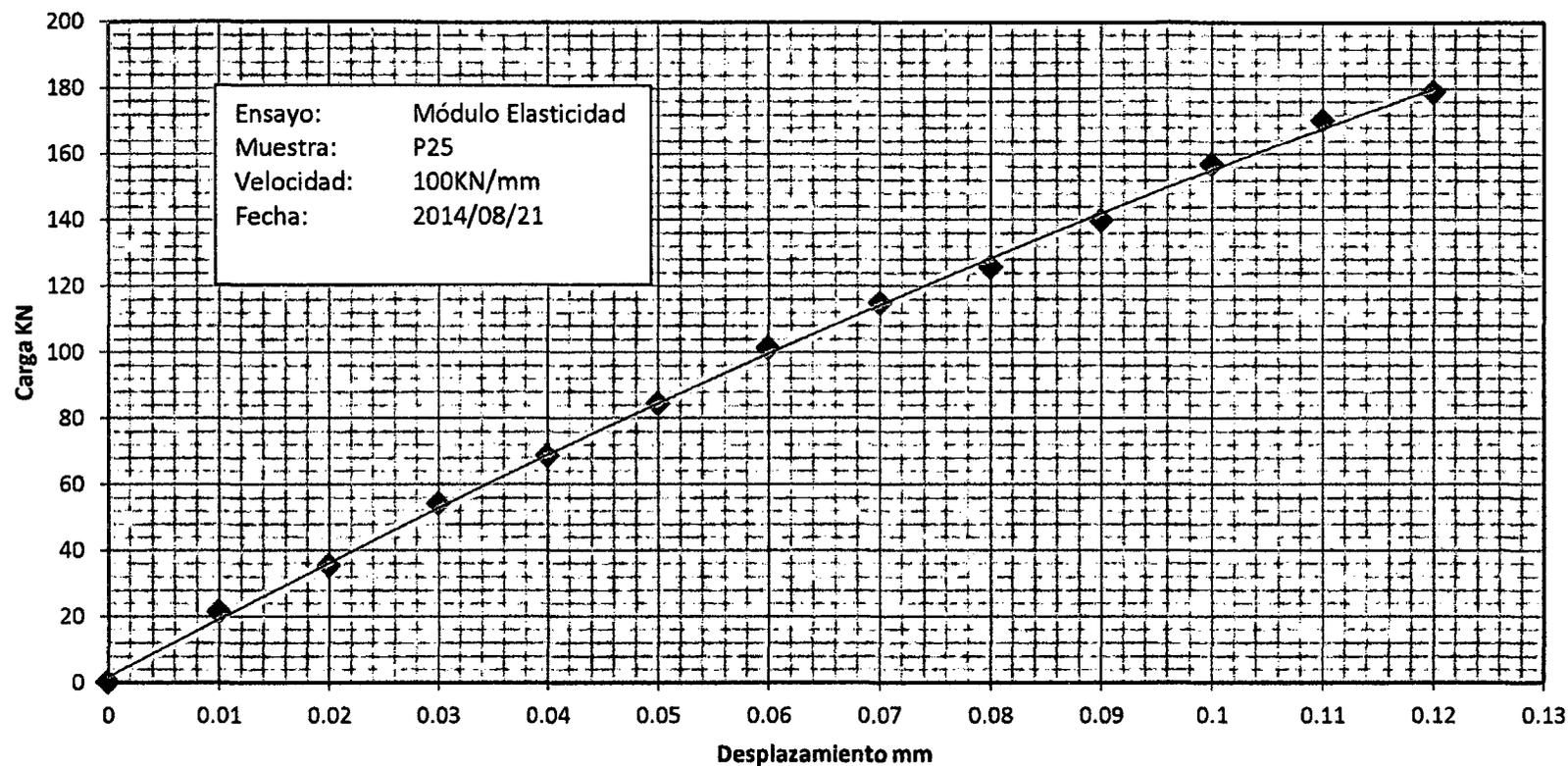
Registro Carga-Desplazamiento





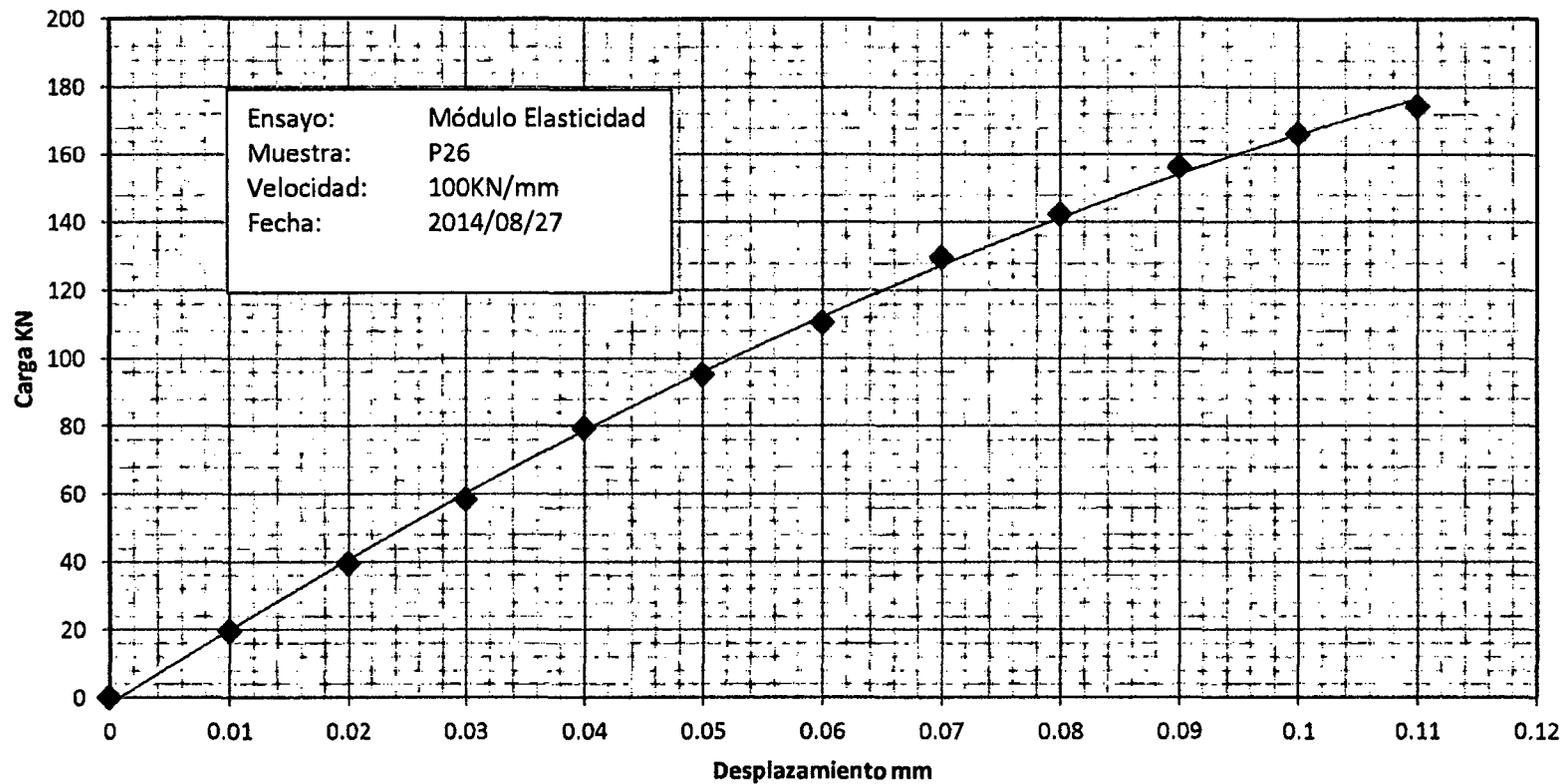
Registro Carga-Desplazamiento





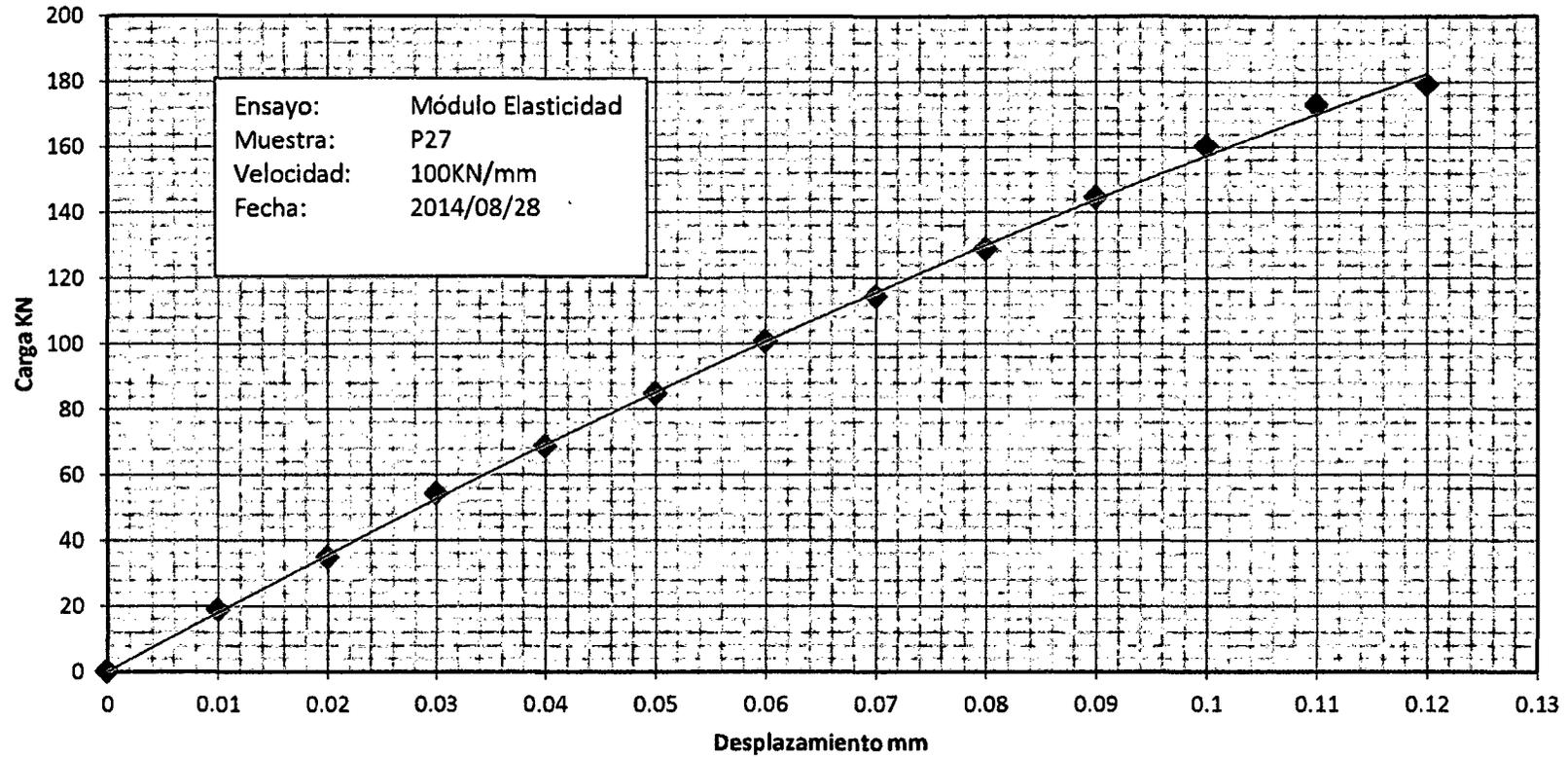
Registro Carga-Desplazamiento





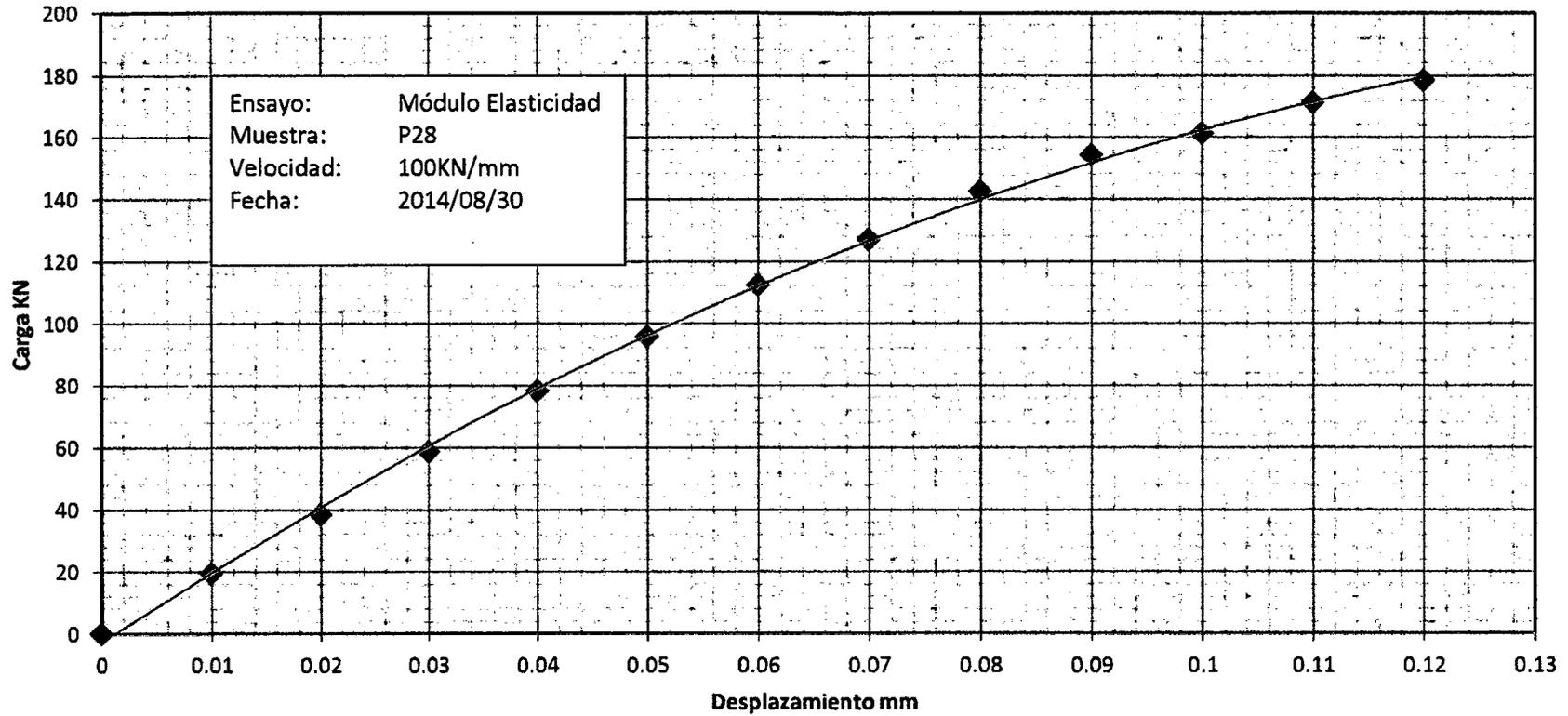
Registro Carga-Desplazamiento





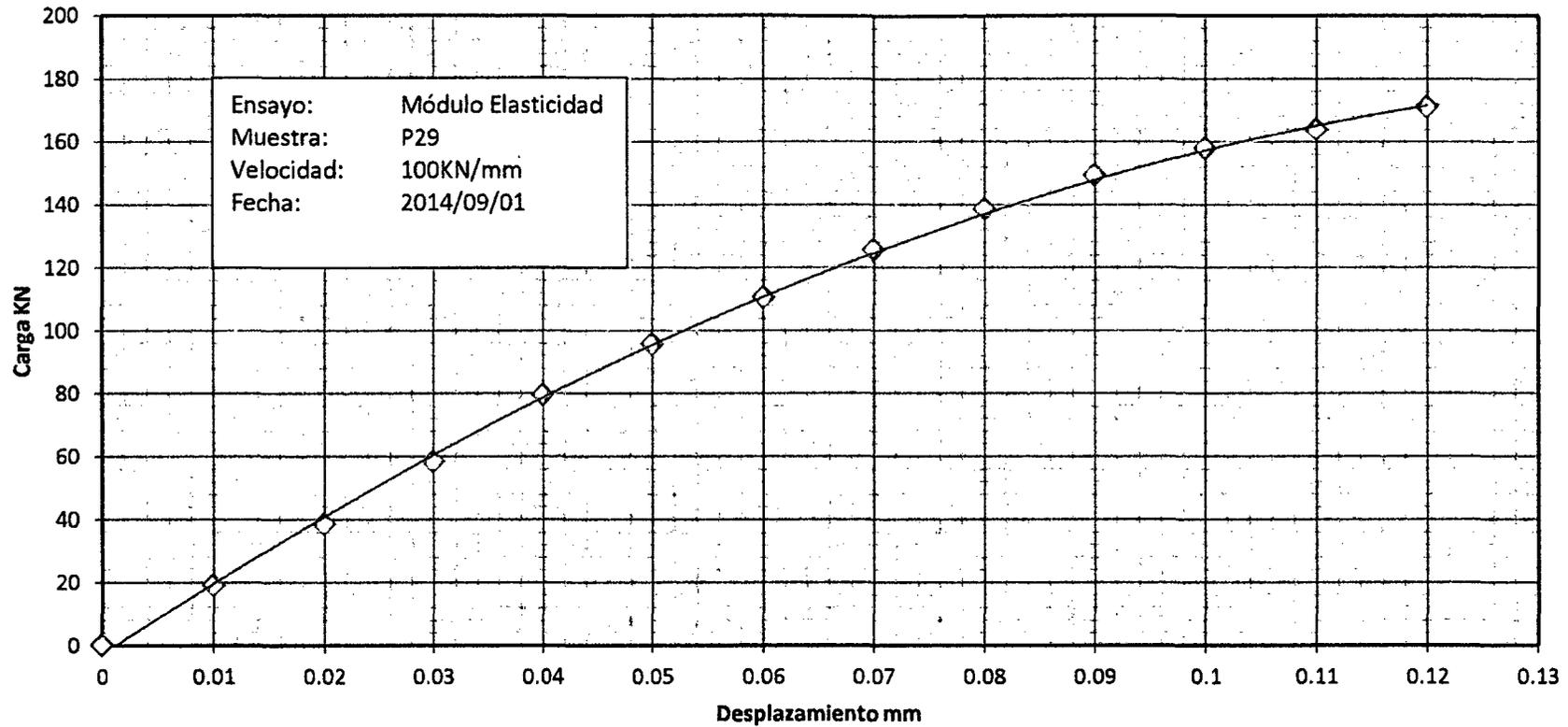
Registro Carga-Desplazamiento





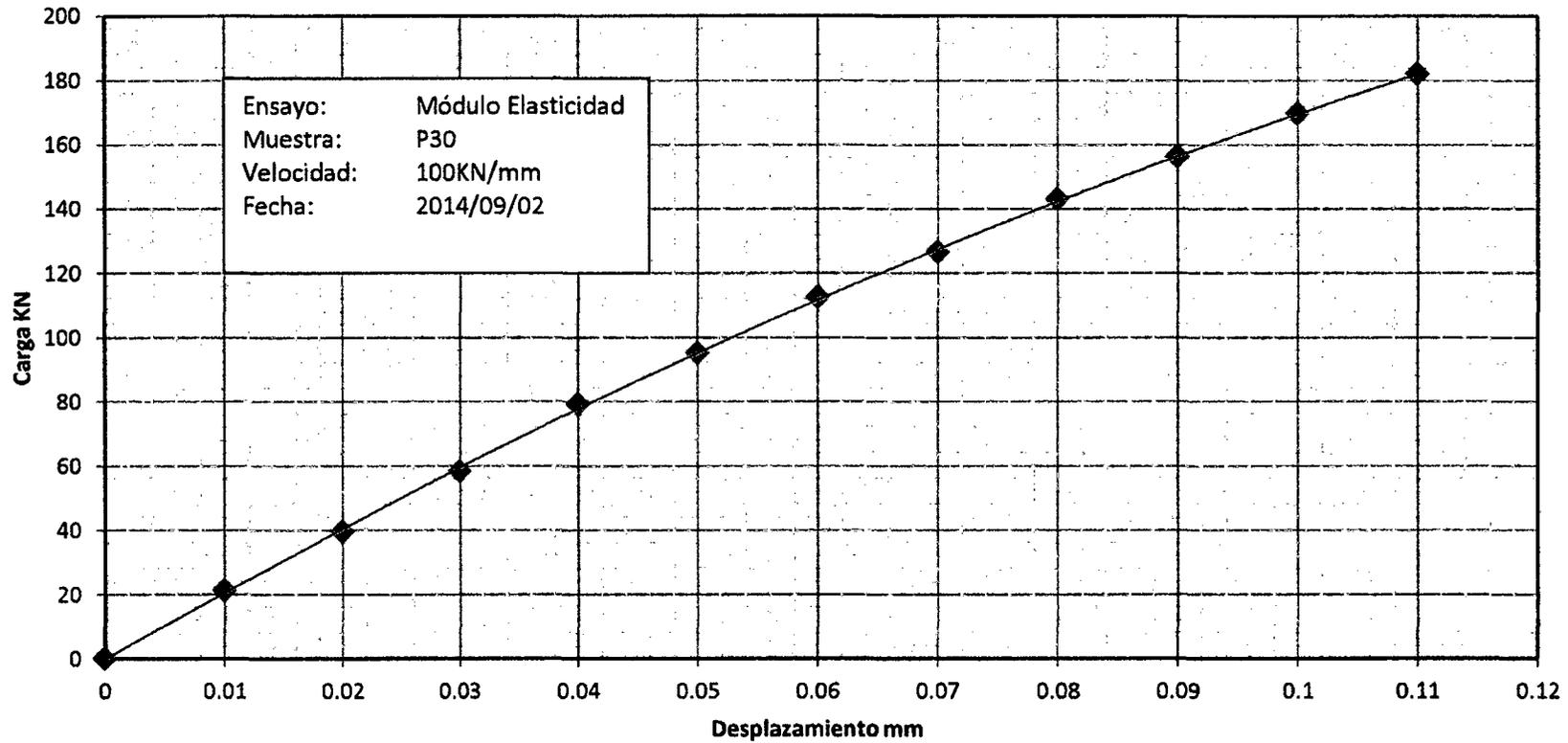
Registro Carga-Desplazamiento





Registro Carga-Desplazamiento





Registro Carga-Desplazamiento





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

ANEXO N° 08.

METODOLOGIA EMPLEADA PARA DETERMINAR EL FACTOR DE CORRECCION DEL MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO.



En la primera fase del proyecto se hizo la caracterización de los materiales, tanto a los agregados finos y gruesos, propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, diseño de mezcla.

Para ello se contó con la información de los ensayos realizados como: Análisis Granulométrico, Absorción, contenido de humedad, peso específico, peso unitario suelto y compactado, y diseño de mezcla.

- **DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS Y FINOS.**

Se realizó según las normas NTP 400.021 y 400.022, para los agregados gruesos el ensayo consistió en seleccionar una masa de material por medio del cuarteo, tamizarlo por la malla No. 4, sumergirla en agua por un tiempo de 24 horas, sacarlos del agua y pesarlos en condición saturada. Posteriormente se procedió a pesar los agregados dentro del agua, luego secarlos con una toalla y pesarlos en condición superficialmente seco internamente saturado.

En cuanto a la densidad de los agregados finos, estos se seleccionaron por cuarteo y se dejaron inmersos en agua por 24 horas, se secaron superficialmente por medio de una corriente de aire para comprobar que el material fino estaba en ésta condición, se llenó un molde troncocónico compactándolo con 25 golpes y si al levantarlo el material fino se desmoronaba parcialmente el material estaba en esta condición. Seguidamente se tomaron 500 g. de agregado llenando el matraz, el conjunto se pesó y se le



adicionó agua hasta la marcación de 500 cm³ desaireando la muestra y pesando el conjunto de matraz-agregado fino-agua.

- **DETERMINACION DE MASAS UNITARIAS.**

Se realizó pesando molde inicialmente, posteriormente se llenó el molde con agregado y luego se pesó el conjunto de molde + agregado, finalmente se de esta forma se realizó el ensayo de masa unitaria suelta y la masa unitaria compacta se realizó llenando el molde tres capas las cuales debían ser compactadas en 25 golpes.

- **PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO.**

El peso específico es de 2.96 gr/cm³, lo que demuestra que es un cemento adicionado, ya que su peso específico es menor a 3.0 gr/cm³.

La información técnica fue brindada por Cementos Pacasmayo.

- **DISEÑO DE MEZCLA.**

- **CONSIDERACIONES DE DISEÑO.**

Para la presente investigación se hizo el muestreo de concreto según la NTP 339.036 ó ASTM C-172 de testigos cilíndricos de concreto de 6" x 12" con las siguientes características:

Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Desviación estándar $S = 20 \text{ Kg/cm}^2$

Tipo de Cemento MS con Fortimax 3.



Huso del agregado 67
 Asentamiento A5
 Tipo de suministro Bombeado

• **Diseño de mezcla C210-MS-H67-A5.**

Dosificación del Concreto					Corrección Por Peso Unitario C.F.					
Materiales	%	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda 40 L	Peso Seco (kg/m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Volumen (m ³)
MS		293	0.0990	293	293	11.72	293	293	293	0.09899
Microsilice					0					
Filler					0					
Agua		196	0.1963	212	196	8.48	168	184	168	0.16794
La Carbonera		881	0.3205	884	888	35.36	881	884	888	0.32049
Agregado Fino --					0					
H57 Piedra Liza					0					
H67 Piedra Liza		1023	0.3762	1026	1039	41.06	1023	1026	1039	0.37623
H8 Piedra Liza					0					
Plastiment® TM12	1180				0.0030					
Sikament® 290N	1180	1.20%	3.52	0.0030	3.52	0.141	3.516	3.516	3.52	0.00298
Sikament® TM 150	1220				0.0030					
Sikament® TM140	1200				0.0030					
Sikaer	1020				0.0030					
Sikafiber	910				0.0030					
Aire Atrapado		1.50%	0.0150		0.0030					
Total	1.01		2398	1.0100	2419	96.762	2369	2391	2391	0.9666

✓ La dosificación mostrada es en peso por unidad cúbica de concreto para el concreto en estudio.

Cemento MS : 293 kg
 Agua : 196 kg
 Agregado fino : 888 kg
 Agregado grueso : 1039 kg
 Sikament 290N : 3.52 kg
 Total : 2419 kg



- **Propiedades físicas de los insumos.**

Propiedades Físicas de los Insumos								
Descripción de Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	T. Máximo A. G.	PUS (kg/m ³)	Incidencia por tipo agregado	Procedencia
Cemento Tipo MS - Pacasmayo	2960	0	0	0	0	1501	0	Fabricante: CPSSA
Microsilice	3000	0	0	0	0	1501	0	Fabricante: CPSSA
Filler	3000	0	0	0	0	1501	0	Fabricante: CPSSA
Agua	1000	0	0	0	0	1000	0	Proveedor: Red Pública
Agregado Fino - La Carbonera	2750	0.7	0.3	2.90	4.75 mm	1621	100.0%	Cantera: La Carbonera
Agregado Fino - -	2750	0.7	0.3	2.90	4.75 mm	1621	0.0%	Cantera: -
Agregado Grueso - H57 Piedra Liza	2730	1.2	0.3	7.03	1 pulg	1586	0.0%	Cantera: H57 Piedra Liza
Agregado Grueso - H67 Piedra Liza	2720	1.5	0.3	6.70	3/4 pulg	1515	100.0%	Cantera: H67 Piedra Liza
Agregado Grueso - H8 Piedra Liza	2690	0.0	0.0	0.00	3/8 pulg	1450	0.0%	Cantera: H8 Piedra Liza

Se muestra las propiedades físicas de los insumos intervinientes en la Unidad cúbica de concreto.

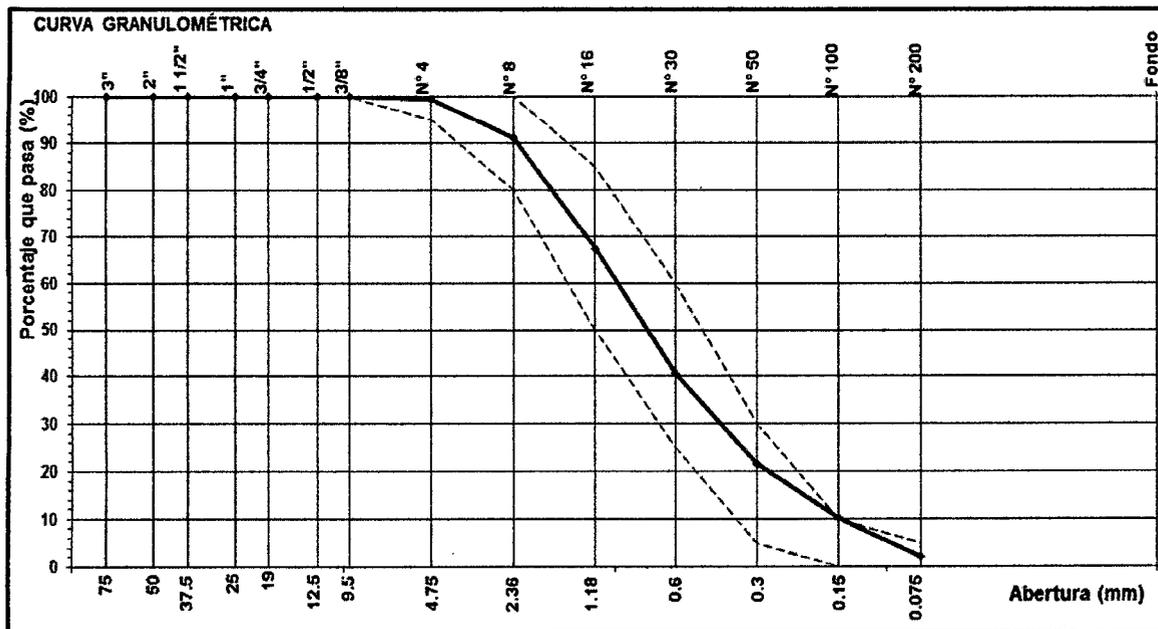
- **Curva granulométrica de agregado fino.**

En cuanto a la determinación de los tamaños del agregado fino se encontró que la arena utilizada se encuentra dentro de los rangos granulométricos establecidos según NTP.



		Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L. Gestión de la Calidad y Mejora Continua							
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD							SGC-REG-06-01036 Version 00		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)									
Planta : CHIMBOTE			Fecha : junio			Imprimir <input type="checkbox"/> S			
Ubicación : Urb. Los Alamos Mz PR0 S/N - Nvo. Chimbote			Técnico : HRP/JPC						
Proyecto : Atención de la demanda local			Responsable : Ing. José Rodríguez Ríos						
Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Ret. (g)	% Retenido (%)	% Ret.Acum. (%)	% Que Pasa (%)	HTP 400.037		Datos de la muestra	
						Agregado Fino			
						Mínimo	Máximo		
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Identificación: Vt - FZ / LCB	
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Descripción: Arena natural zarandeada	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Procedencia: La Carbonera Nuevo Chimbote	
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Acopio en Planta	
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Masa seca original: 690.2 g	
1/2"	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Masa total: 689.5 g	
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Diferencia: 0.1 %	
Nº 4	4.750	2.5	0.4	0.4	99.6	95	100	Características Físicas	
Nº 8	2.360	58.2	8.4	8.8	91.2	80	100	Tamaño Máx. Nominal: A. Fino	
Nº 16	1.180	163.8	23.7	32.5	67.5	50	85	Mat.< Malla 200: 2.3 %	
Nº 30	0.600	185.2	26.8	59.4	40.6	25	60	Contenido de Humedad: 0.2 %	
Nº 50	0.300	131.4	19.0	78.4	21.6	5	30	Observaciones	
Nº 100	0.150	77.8	11.3	89.7	10.3	0	10		
Nº 200	0.075	57.0	8.3	97.9	2.1	0	5		
Fondo	-	13.6	2.0	99.9	0.1				
Módulo Finura						2.69	3.45	2.15	

Análisis granulométrico de agregado fino proveniente de la cantera La Carbonera.



Curva granulométrica arena zarandeada Cantera La carbonera.

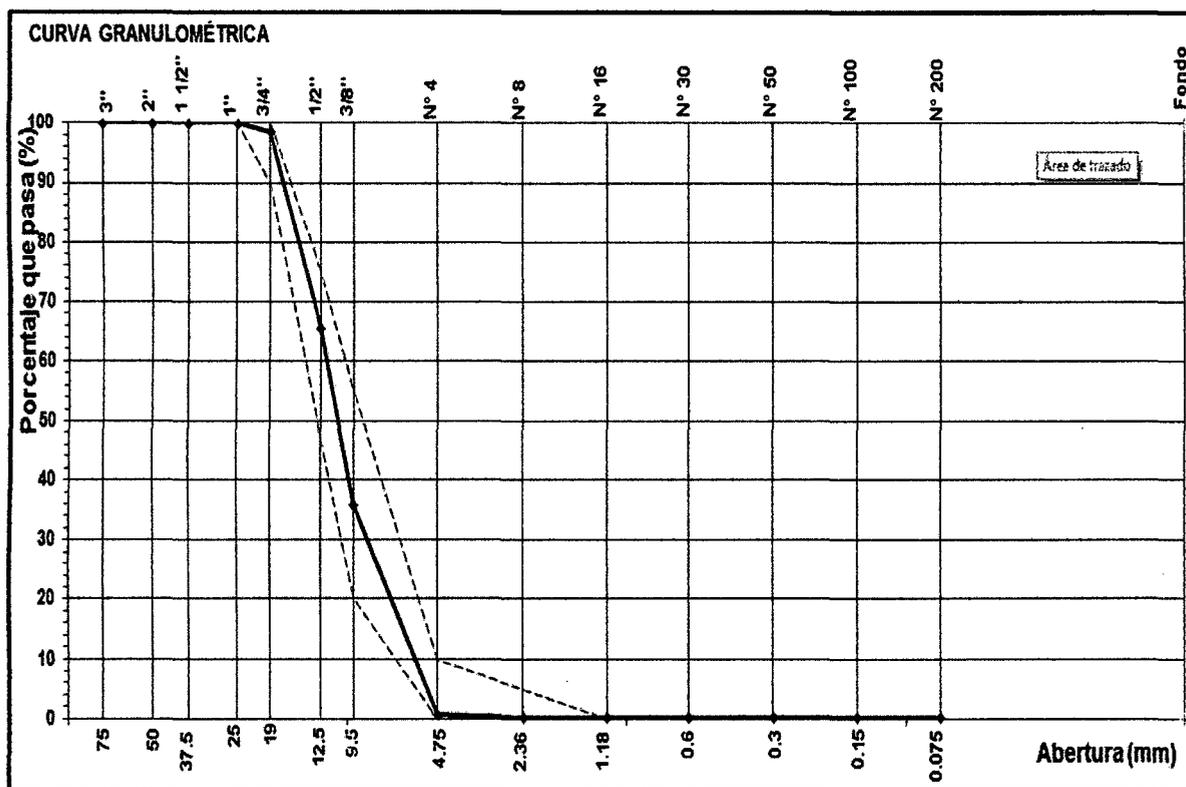


• **Curva granulométrica de agregado grueso.**

Los tamaños del agregado grueso analizado fueron TM de 1" y TMN DE 3/4" (Huso 67).

		Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L. Gestión de la Calidad y Mejora Continua							
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO - CONTROL DE CALIDAD							SGC-REG-D6-D1036		
Version 00									
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)									
Planta : CHIMBOTE			Fecha : junio			Imprimir <input checked="" type="checkbox"/> S			
Ubicación : Urb. Los Alamos Mz PR0 S/N - Nvo. Chimbote			Técnico : HRP/JPC						
Proyecto : Atención de la demanda local			Responsable : Ing. José Rodríguez Ríos						
Tamiz Estándar	Aberf. (mm)	Peso Ret. (g)	% Retenido (%)	% Ret.Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037		Datos de la muestra	
						Huso 67			
						Mínimo	Máximo		
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Identificación: VI-GZ / PLZ(H67)	
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Descripción: Piedra Zarandeada	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Procedencia: Piedra Liza	
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Nuevo Chimbote	
3/4"	19.000	175.4	1.5	1.5	98.5	90	100	Acopio en Planta	
1/2"	12.500	3803.5	33.1	34.6	65.4	47	75	Masa seca original: 11496.6 g	
3/8"	9.500	3395.0	29.5	64.1	35.9	20	55	Masa total: 11490.1 g	
Nº 4	4.750	4040.9	35.1	99.3	0.7	0	10	Diferencia: 0.1 %	
Nº 8	2.360	60.4	0.5	99.8	0.2	0	5		
Nº 16	1.180	0.0	0.0	99.8	0.2			Características Físicas	
Nº 30	0.600	0.0	0.0	99.8	0.2			Tamaño Máx. Nominal: 3/4"	
Nº 50	0.300	0.0	0.0	99.8	0.2			Mat.< Malla 200: 0.5 %	
Nº 100	0.150	0.0	0.0	99.8	0.2			Contenido de Humedad: 0.1 %	
Nº 200	0.075	0.0	0.0	99.8	0.2			Observaciones	
Fondo	-	14.9	0.1	99.9	0.1				
Módulo Finura						6.64	6.90	6.30	

Análisis granulométrico de agregado grueso proveniente de la cantera Piedra Liza huso 67.



Curva granulométrica piedra zarandeada Cantera Piedra Liza.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

ANEXO N° 9.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.034, ASTM C-39.



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.(NTP 339.034, ASTM C-39)

- **ALCANCE:**

Esta Norma Técnica Peruana establece la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas y extracciones diamantinas de concreto.

- **SINTESIS DEL METODO:**

El método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta.

- **SIGNIFICADO Y USO:**

Se deberá tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de resistencias a la compresión por este método de ensayo considerando que los valores obtenidos dependerán del tamaño y forma de la probeta, tanda, proceso de mezclado, método de muestreo, moldeo y elaboración, edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

Este método de ensayo es usado para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas preparadas y curadas de conformidad con las NTP



339.033, NTP 339.183, NTP 339.037 y NTP 339.216 y los métodos de ensayo de las NTP 339.059 y NTP 339.214.

Los resultados de este método de ensayo son usados como una referencia para el control de calidad del concreto, proporciones, mezclado y operaciones de colocación; determinación del cumplimiento con las especificaciones; control para la evaluación de la efectividad de los aditivos; y usos similares.

El personal que ensaya los cilindros de concreto deberá cumplir los requisitos técnicos requeridos, incluyendo un examen de desarrollo del ensayo evaluado por un examinador independiente.

- **PROBETAS:**

Las probetas no serán ensayadas si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2 %. Se deberá tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de resistencias a la compresión por este método de ensayo considerando que los valores obtenidos dependerán del tamaño y forma de la probeta, tanda, proceso de mezclado, método de muestreo, moldeo y elaboración, edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

Antes del ensayo, ninguna base de las probetas de



ensayo se apartarán de la perpendicularidad a los ejes por más de $0,5^\circ$ (aproximadamente equivalente a 1 en 100 mm). Las bases de compresión de las probetas que no sean planas dentro los 0,050 mm, serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se la permita, la NTP 339.216. El diámetro usado para el cálculo del área de la sección recta de la probeta de ensayo será determinado con aproximación de 0,25mm por el promedio de 2 diámetros medidos en ángulo recto uno del otro y cerca de la altura media de la probeta.

El número de cilindros individuales medidos para la determinación del diámetro promedio será de uno por cada diez probetas o tres probetas por día, el que sea mayor. Si todos los cilindros son hechos de un lote de moldes re-usables o de uso simple, que consistentemente producen cilindros con diámetros promedio dentro el rango de 0,5 mm.

Cuando el diámetro promedio no está en el rango anteriormente descrito o cuando los cilindros no son hechos de un simple lote de moldes, cada cilindro de ensayo deberá ser medido y el valor usado en calcular la unidad de resistencia a la compresión de cada probeta.

Cuando los diámetros son medidos a frecuencias



reducidas, las áreas de la sección recta de todos los cilindros ensayados en el mismo día serán computados del promedio de los diámetros de tres o más cilindros representativos del grupo ensayados ese día.

• **PROCEDIMIENTO:**

Los ensayos a compresión de probetas del curado húmedo serán hechas tan pronto como sea práctico luego de retirarlos del almacenaje de humedad.

Los cilindros serán protegidos de pérdida de humedad por cualquier método conveniente durante el periodo entre el retiro del almacenaje de humedad y el ensayo. Los cilindros serán ensayados en condición húmedos.

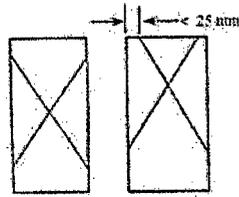
Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo serán fracturados dentro del tiempo permisible de tolerancias prescritas como sigue:

Tabla N° 12. Tolerancias permisibles para ensayo en compresión, Norma ASTM C-39.

Edad de Ensayo	Tolerancia permisible
24h	+0.5h ó 2.1%
3d	+2h ó 2.8%
7d	+6h ó 3.6%
28d	+20h ó 3.0%
90d	+48h ó 2.2%

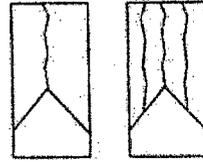


Aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente y el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido (Tipos del 1 al 4 en la Figura). Para una máquina de ensayo, el cierre automático de la máquina de ensayo está prohibido mientras la carga ha caído a un valor menor del 95 % de la carga máxima. Cuando se ensayan con capas de embonado, una fractura en la esquina similar a los patrones tipos 5 o 6 mostrados en la Figura puede ocurrir antes que la capacidad última del espécimen ha sido alcanzado. Registrar la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo, y anotar el tipo de patrón de fractura de conformidad con la Figura esquematizar y describir el patrón de fractura brevemente. Si la resistencia medida es menor a lo esperada, examinar la fractura del concreto y notar la evidencia de segregación, si las fracturas pasan predominantemente alrededor o a través de las partículas del agregado grueso, y verificar el refrentado de conformidad con las NTP 339.037 o NTP 339.216.



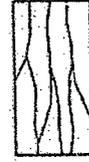
Tipo 1

Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas



Tipo 2

Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base



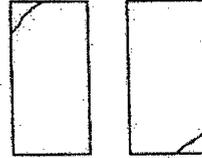
Tipo 3

Grietas verticales columnares en ambas bases, cono no bien formado.



Tipo 4

Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo 1.



Tipo 5

Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las cuñas de embonado.



Tipo 6

Similar al tipo 3 pero el terminal del cilindro es acentuado

Tipos de Falla.

- **CALCULOS:**

Para calcular la resistencia a la compresión del espécimen por dividir la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo entre el área promedio de la sección recta determinada y expresar el resultado con aproximación a 0,1 MPa.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA
CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

ANEXO N° 10.

PESO UNITARIO DEL CONCRETO

NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.046, ASTM C-138.



PESO UNITARIO DEL CONCRETO.(NTP 339.046, ASTM C-138)

- **ALCANCE:**

Este método de prueba cubre la determinación de la densidad del concreto fresco y señala las fórmulas para calcular el rendimiento, contenido de cemento, y contenido de aire del concreto fresco.

Rendimiento es definido como el volumen del concreto producido por una mezcla de materiales de características conocidas.

- **EQUIPO:**

Báscula.- Con una exactitud de 0.1 lb. (45g) o dentro del 0.3% de la carga de prueba.

Varilla.- Tiene que ser recta, de acero, 5/8 pulgada (16 mm) de diámetro y aproximadamente 24 pulgadas (600 mm) de longitud, el final de la barra termina en una punta redondeada hemisférica cuyo diámetro es de 5/8 pulgada.

Vibrador interior.- Los vibradores interiores pueden ser rígidos o flexibles, preferentemente impulsado por motores eléctricos. La frecuencia de vibración debe ser de 7000 vibraciones por minuto o más mientras se lo usa. El diámetro externo o la dimensión lateral del elemento vibrante será por lo menos 0.75 pulgadas (19mm) y no mayor que 1.50 pulgadas (38 mm). La longitud del elemento será por lo menos 24 pulgadas (600 mm).



Recipiente.- Debe ser cilíndrico, de acero u otro metal. La capacidad mínima del recipiente se determinará de acuerdo al tamaño nominal máximo del agregado.

Todas las medidas, excepto las medidas de los recipientes, medidores de aire, los cuales son utilizados en los ensayos ASTM C 138 deben estar en conformidad a los requerimientos del método de ensayo ASTM C 29.

Cuando las mediciones de los recipientes u medidores de aire son utilizados, estas deben cumplir con los requerimientos del método de prueba ASTM C 231.

Placa para enrasado.- Una placa rectangular llana de metal, de por lo menos $\frac{1}{4}$ pulgada (6mm) de espesor o una placa de acrílico de espesor de por lo menos $\frac{1}{2}$ pulgada (12 mm), con una longitud y anchura de por lo menos 2 pulgadas (50 mm) más que el diámetro del recipiente. Los bordes de la placa serán rectos y lisos dentro de una tolerancia de $\frac{1}{16}$ pulgadas (2mm).

Mazo de goma.- Con una masa de 1.25 ± 0.50 lb. (600 \pm 200 g) para el uso con los moldes de 0.5 ft^3 (14 L) o más pequeños, y un mazo con una masa de 2.25 ± 0.50 lb. (1000 \pm 200 g) para usar con los moldes más grandes que 0.5 ft^3 .



- **PROCEDIMIENTO:**

Establecida la selección del método de consolidación del concreto en el ensayo de revenimiento, a menos que el ensayo tenga especificaciones bajo las cuales se lo debe realizar. El método de consolidación puede ser de varillado y vibración interna. Se varilla concreto con un revenimiento mayor a 3 pulg. (75 mm). Varillar o vibrar concretos con un revenimiento de 1 a 3 pulg. (25 mm a 75 mm.). Consolidar concretos con un revenimiento menor a 1 pulg. (25 mm) por vibración. Determinar la masa del recipiente de medición vacío (lb. ó kg.).

Colocar el concreto dentro del recipiente, en tres capas de aproximadamente igual volumen (compactación por varillado).

Compactar cada capa penetrando 25 veces con la varilla en recipientes de 0.5 ft³ (14 L) o menores y 50 veces para recipientes de 1 ft³ (28 L).

Compactar la capa inferior en todo su espesor, sin impactar en el fondo del recipiente.

Compactar la segunda y tercera capa en todo su espesor, penetrando 1 pulg. (25mm) en la capa anterior. Llenar la tercera capa manteniendo un exceso aproximado de 3 mm (1/8 pulg.).

Distribuya las penetraciones uniformemente en toda la



sección transversal del recipiente, en cada una de las tres capas.

Golpear firmemente de 10 a 15 veces los lados del recipiente con el mazo, cada una de las tres capas, para así llenar los vacíos y eliminar las burbujas de aire que podrían quedar atrapadas en el concreto.

Vibración interna.- Llenar y vibrar el recipiente en dos capas de aproximadamente igual volumen. Colocar todo el concreto de cada capa en el interior del molde antes de comenzar a vibrar la capa, en vibración de la primera capa se debe evitar tocar el interior o los bordes del molde. En la compactación de la segunda capa el vibrador debe penetrar la capa anterior en aproximadamente 1 pulg. (25 mm.). La duración de la vibración depende de la trabajabilidad del concreto y de la efectividad del vibrador. Retire cualquier exceso de hormigón empleando una llana o cuchara, o agregar una pequeña cantidad de hormigón, para corregir alguna deficiencia después de compactar la última capa.

Después de la consolidación enrasar el hormigón con una placa de enrase para obtener una superficie lisa. El enrase se realizará mejor presionando la enrasadora contra la superficie del concreto del recipiente y se debe cubrir dos terceras partes de la superficie y luego enrasar



nuevamente toda la superficie superior del recipiente.

Limpiar todo el exceso de hormigón en la parte exterior del recipiente y determinar la masa de concreto del recipiente lleno, en kg.

Calcular la masa neta (lb. ó kg.)

Calcule la densidad del hormigón (lb/ft³ o kg/m³)

Registrar el resultado de la prueba adecuadamente.

- **PROCEDIMIENTO:**

Densidad (Peso unitario).- Calcule la densidad (D) dividiendo la masa neta de hormigón para el volumen del molde (V_m). Calcule la masa neta del hormigón (lb o kg) substrayendo la masa del molde vacío (M_m) de la masa del molde lleno de hormigón (M_c) como sigue:

$$D = \frac{(M_c - M_m)}{V_m}$$

$$M_{cneto} = M_c - M_m$$

Rendimiento.- Calcule el rendimiento como sigue:

$$Y(m^3) = \frac{M}{D}$$

Volumen producido (rendimiento): volumen de hormigón



producido por mezcla conociendo la cantidad de los materiales integrados.

Rendimiento relativo.- el rendimiento relativo es la porción de el volumen real de concreto obtenido de el volumen diseñado para el lote.

$$R_y = \frac{Y}{Y_d}$$

Y = Rendimiento, volumen del hormigón producido por lote (yd³ o m³)

M = Masa total de los materiales, lb o Kg.

D = Densidad del hormigón (peso unitario), lb/ft³ o kg/m³.

A = Contenido de aire (porcentaje de espacios) en el hormigón

C = contenido actual de cemento, lb/yd³ o kg/m³

C_b = masa de cemento en el lote, lb o kg

M = Masa total de los materiales del lote, lb o kg

M_c = Masa del recipiente lleno con hormigón, lb o kg

M_m = Masa del medidor vacío, lb o kg

R_y = Rendimiento relativo

T = Densidad teórica del hormigón, lb/ft³ o kg/m³

Y_d = Volumen del hormigón que se diseñó para la producción del lote, yd³ o m³

Y_f = Volumen del hormigón producido por lote, ft³



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

V = Volumen absoluto total de los componentes de el lote,

ft³ o m³

V_m = Volumen del medidor, ft³ o m³

- **PROCEDIMIENTO:**

Numero de capas: 3

Compactación: 25 inserciones con varilla.

Criterios de consolidación: Si el asentamiento es menor a 25mm (1 pulg) se debe vibrar, si el asentamiento está entre 25mm y 75mm (1 pulg a 3 pulg) Se puede vibrar o varillar y si el asentamiento es mayor a 75mm (3 pulg) se debe varillar.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

ANEXO N° 11.

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

ASTM C-469.



MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO. (NORMA ASTM C-469).

NORMA ASTM C-469.

• OBJETO:

Este método cubre la determinación de el módulo de elasticidad cuerda ó (Módulo de Young), y la relación de Poisson en cilindros de concreto y núcleos de concreto bajo esfuerzos de compresión longitudinal.

• DOCUMENTOS CITADOS:

ASTM C-31, C-31M: Práctica para la elaboración y curado de especímenes de ensayo de concreto en la obra.

ASTM C-39, C-39M: Método de Ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.

ASTM C-42, C-42M: Método de Ensayo. Obtención y ensayo de núcleos perforados y vigas aserradas de concreto. Método de Ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.

ASTM C-174, C-174M: Método de Ensayo. Medición del espesor de elementos de concreto, usando núcleos perforados de concreto.



ASTM C-192, C-192M: Práctica para la elaboración y curado de especímenes de ensayo de concreto en el laboratorio.

ASTM C-617: Práctica para el encabezado de especímenes cilíndricos de concreto.

ASTM E-4: Práctica para la verificación de fuerzas en las máquinas de ensayo.

ASTM E-6: Terminología relativa a los métodos de ensayos mecánicos.

ASTM E-83: Práctica para la verificación y clasificación del sistema de extensómetros.

ASTM E-177: Práctica para el uso de los términos de precisión y sesgo en los métodos de ensayo ASTM.

• **SIGNIFICADO Y USO:**

Este método proporciona una relación entre el esfuerzo y su deformación unitaria, y una relación entre la deformación unitaria transversal y la deformación unitaria longitudinal para el concreto endurecido a cualquier edad y condiciones de curado establecidas.

El módulo de elasticidad y la relación de Poisson, aplicables dentro de los rangos de esfuerzos de trabajo acostumbrados (0 a 40% de la resistencia última del concreto), son usados para el dimensionamiento de elementos reforzados o no reforzados, para establecer la



cantidad de refuerzo y para calcular los esfuerzos para las deformaciones unitarias observadas.

Los valores de módulo de elasticidad obtenidos usualmente serán menores a los módulos obtenidos bajo una aplicación rápida de carga (por ejemplo a velocidades dinámicas o sísmicas) y serán más grandes que los valores bajo aplicación lenta de carga o una carga de mayor duración, siempre que otras condiciones de ensayo sean las mismas.

• **EQUIPO:**

-**Máquina de Ensayo:** Usar una máquina de ensayo capaz de aplicar una carga a la velocidad y a la magnitud prescritas. La máquina de ensayo debe conformarse a los requisitos de la Práctica ASTM E-4 (sección de máquinas de ensayo tipo CRT de velocidad constante). El cabezal esférico y los bloques de apoyo deben cumplir con el método de ensayo ASTM C-39, C-39M.

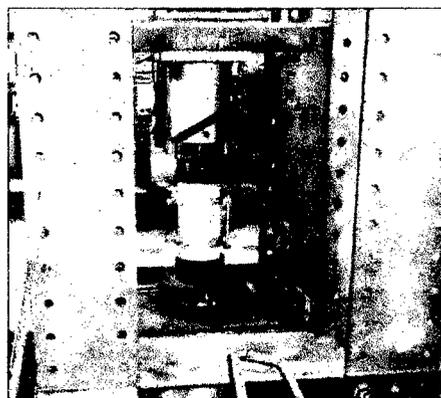


Figura N° 1. Máquina para realizar el ensayo de módulo de elasticidad del concreto en el laboratorio de estructuras PUCP.

-Compresometro: Para determinar el módulo de elasticidad usar un dispositivo sensor adherido o no adherido que mida con una aproximación de 5 millonésimas, la deformación promedio en dos líneas de base diametralmente opuestas, cada una paralela al eje axial y centrada cerca de la mitad de la altura del espécimen.

La longitud efectiva de cada línea base no debe ser menor que tres veces el tamaño máximo del agregado en el concreto, ni mayor que dos tercios de la altura del espécimen. Usar ya sea deformómetros con puntos de medida que pueden estar fijados (no adheridos) o cementados (adheridos) al espécimen y que puedan leer de manera independiente la deformación en las dos líneas de base; o use un compresómetro (como el que se observa en la Fig.2 constituido por dos anillos, uno de



los cuales (ver B Fig.2) está fijado rígidamente al espécimen y el otro (ver C Fig.2) está fijado en dos puntos diametralmente opuestos de manera que tenga libertad de rotación. En un punto de la circunferencia del anillo rotativo (c), a la mitad de los dos puntos de soporte, usar una barra pivote (ver A, Fig.2) para mantener una distancia constante entre los dos anillos. En el punto opuesto de la circunferencia del anillo rotativo (c), el cambio de distancia entre los dos anillos (o sea la lectura de la deformación) es igual a la suma del desplazamiento debido a la deformación del espécimen y del desplazamiento de la rotación del anillo con respecto a la barra pivote (ver Fig.2).

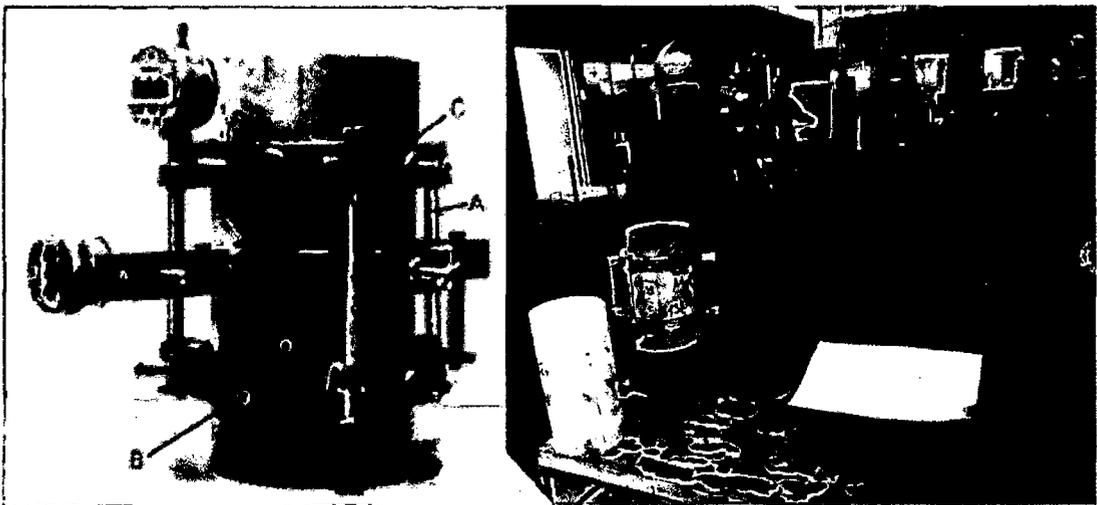


FIG. 2 Compresómetro

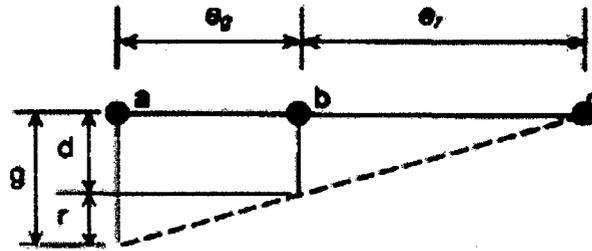


FIG. 3 Diagrama de desplazamientos

d = desplazamiento debido a la deformación del espécimen.

r = desplazamiento debido a la rotación del anillo alrededor de la barra pivote.

a = localización del deformómetro.

b = punto de soporte del anillo rotativo

c = localización de la barra pivote

g = lectura del deformómetro

La deformación se mide directamente por un indicador de cuadrante o por medio de un dispositivo multiplicador de niveles, por un deformómetro (galga) de alambre, o por un transformador lineal de diferencia variable. Si las distancias de la barra pivote y de la línea de base de medida del deformómetro al plano vertical que pasa por los dos puntos de soporte del anillo rotativo, son iguales, la deformación es igual a la mitad de la lectura del deformómetro.

Si las distancias no son iguales, calcular la deformación



de la siguiente manera:

$$d = g_e / (e_r + e_g)$$

Donde:

d = deformación total del espécimen a lo largo de la longitud de base efectiva, μin , μm .

g = lectura del deformómetro, μm , μpulg .

e_r = Distancia perpendicular, medida en milímetros (pulgadas) con una aproximación de 0.254 mm (0.01 pulg.) desde la barra pivote al plano vertical que pasa a través de los dos puntos de soporte del anillo rotativo.

e_g = distancia perpendicular medida en milímetros (pulgadas) con una aproximación de 0.254mm (0.01pulg.) desde el deformómetro al plano vertical que pasa por los dos puntos de soporte del anillo rotativo.

Los procedimientos para calibración de los dispositivos de medición de la deformación se dan en la Norma ASTM E-83.

-Extensómetro: Si se desea obtener además la relación de Poisson, la deformación transversal se debe determinar (1) mediante un extensómetro no adherido capaz de medir con una aproximación de 0.635 μm (25 μpulg .) el cambio de diámetro en la mitad de la altura del espécimen, o (2) mediante dos deformómetros (galgas)



adheridos, montados circunferencialmente en puntos diametralmente opuestos a la mitad de la altura del espécimen y capaces de medir la deformación circunferencial con una aproximación de 5 millonésimas. Una combinación de compresómetro y extensómetro (Fig. 4) es un dispositivo no adherido conveniente. Este aparato debe contener un tercer anillo (Consistente de dos segmentos iguales) localizados a la mitad entre los dos anillos del compresómetro y fijados al espécimen en dos puntos diametralmente opuestos. A la mitad entre estos dos puntos usar una barra pivote corta (A; ver Fig. 4), adyacente a la barra de pivote longitudinal, para mantener una distancia constante entre el anillo inferior y el intermedio. Articular el anillo intermedio al punto pivote para permitir la rotación de los dos segmentos en el eje horizontal. En el punto opuesto de la circunferencia, conectar los dos segmentos con un indicador de cuadrante u otro deformómetro, capaz de medir la deformación transversal con una aproximación de $1.27\mu\text{m}$ (50 $\mu\text{pulg.}$). Si las distancias de la barra pivote y del deformómetro al plano vertical que pasa por los puntos de soporte del anillo intermedio son iguales, la deformación transversal en el diámetro del espécimen es igual a la mitad de la lectura del deformómetro. Si estas



distancias no son iguales, calcular la deformación unitaria transversal del diámetro del espécimen de acuerdo a la ecuación 2:

$$d' = g' e'h / (e'h + e'g) \quad (2)$$

Donde:

d' = deformación transversal del diámetro del espécimen, $\mu\text{in.}$ (μm),

g' = lectura del deformómetro transversal, $\mu\text{in.}$ (μm),

$e'h$ = distancia perpendicular, medida en (milímetros) con una aproximación de 0.254mm (0.01") desde la barra pivote al plano vertical que pasa a través de los puntos de soporte del anillo intermedio.

$e'g$ = distancia perpendicular, medida en (milímetros) desde el deformómetro transversal, al plano vertical que pasa a través de los puntos de soporte del anillo intermedio.

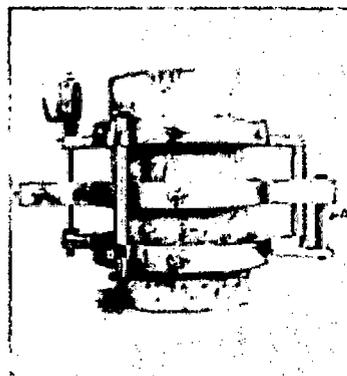


FIG 4. Combinación Compresómetro-Extensómetro



• **ESPECIMENES DE ENSAYO:**

-Especímenes cilíndricos moldeados: Moldear los cilindros de acuerdo con los requerimientos para la elaboración de especímenes ensayados a compresión en la Norma ASTM C-192, C-192M, o en la Norma ASTM C-31, C-31M. Los especímenes deben someterse a las condiciones de curado normalizado especificadas y ser ensayados a la edad para la cual se desea la información del módulo de elasticidad. Los especímenes se deben ensayar una hora después de ser removidos del cuarto de o tanque de curado. Los especímenes removidos del cuarto o tanque de curado para su ensayo se deben mantener húmedos, cubriéndolos con una lona mojada durante el intervalo de tiempo entre su remoción del curado y la realización del ensayo.

-Núcleos perforados de concreto: Los núcleos deben cumplir con los requerimientos de extracción, y condiciones de humedad aplicables a especímenes a compresión de acuerdo con el método de ensayo ASTM C-42/C-42M, con la excepción de que solo se deben de usar núcleos extraídos con broca de punta de diamante cuya relación altura-diámetro no debe ser mayor de 1.50. Los requerimientos de almacenamiento y condiciones ambientales inmediatamente anteriores al



ensayo, deben de ser los mismos que para los especímenes cilíndricos moldeados.

Los extremos de los especímenes de ensayo deben de ser perpendiculares a su eje ($\pm 0.5^\circ$) y planos dentro de 0.005 mm (0.0002 pulg.). Si el espécimen no cumple con los requisitos de planicidad, se debe de efectuar su nivelación con un encabezado de acuerdo con la Práctica C 617, o por medio de pulido o esmerilado. Se permite reparar los vacíos de agregados que ocurren en los extremos de los especímenes, procurando que el área total de los vacíos no exceda el 10% del área del espécimen y las reparaciones se hagan antes de completar el encabezado o esmerilado. La nivelación se debe de considerar dentro de la tolerancia de 0.05 mm (0.002 pulg.) cuando una lámina calibradora no pase entre las superficies de los especímenes, y una regla metálica recta sostenida contra la superficie.

El diámetro del espécimen de ensayo se debe medir con un calibrador con aproximación de 0.25 mm (0.01 pulg) promediando dos diámetros medidos perpendicularmente entre sí, cerca del centro de la longitud del espécimen. Usar este diámetro promedio para calcular el área de la sección del espécimen. Medir y registrar la longitud del espécimen, incluyendo el



encabezado, con una aproximación de 2.54 mm (0.1 pulg.). Medir la longitud del núcleo extraído, de acuerdo al método de ensayo ASTM C-174, C-174M; y registrar su longitud, incluyendo el encabezado, con una aproximación de 2.54 mm (0.1 pulg.).

• **PROCEDIMIENTO:**

Mantener la temperatura, y la humedad del ambiente lo más constantes que sea posible, durante el ensayo. Registrar cualquier fluctuación inusual de temperatura y de humedad en el informe.

Usar una pareja de los especímenes de ensayo, para determinar la resistencia a compresión de acuerdo con el método de ensayo ASTM C-39, C-39M, previo a realizar el ensayo del módulo de elasticidad.

Colocar el espécimen de ensayo, con el equipo de medición de deformación instalado, en la platina o bloque de apoyo inferior de la máquina de ensayo. Cuidadosamente alinear el eje del espécimen con el centro de la rotula del cabezal superior de apoyo. A medida que el bloque superior de apoyo se lleva lentamente a asentarse sobre el espécimen, rote la parte móvil del bloque suavemente hasta que se obtenga un apoyo uniforme.

Cargar el espécimen por lo menos dos veces. No



registrar datos durante la primera carga. Realizar los cálculos en base a los promedios de los siguientes ciclos de carga.

Durante la primera carga que es preliminar para el ajuste de los deformómetro, observar el funcionamiento de los mismos y corregir cualquier comportamiento inusual antes de las siguientes cargas. Obtenga cada conjunto de lecturas de la siguiente manera: Aplicar la carga continuamente y sin impactos. Ajustar la máquina de ensayo del tipo de tornillos de manera que el cabezal móvil se mueva a una velocidad aproximada de 1.25 mm (0.05 pulg.)/min cuando la máquina esta corriendo libre. En máquinas que operan hidráulicamente, aplicar la carga a una velocidad constante dentro de un rango de 241 +/- 34 Kpa (35+/- 5 psi)/s. Registrar sin interrupción del ensayo, la carga aplicada y la deformación unitaria al punto (1) cuando la deformación unitaria longitudinal es de 50 millonésimas y al punto (2) cuando la carga aplicada es igual al 40% de la carga última. La deformación unitaria longitudinal es igual a la deformación longitudinal total, dividida por la longitud de base efectiva del deformómetro. Si se desea determinar la relación de Poisson, registre la deformación unitaria transversal en los mismos puntos. Si se va a determinar



la curva esfuerzo-deformación unitaria tome dos o más lecturas en puntos intermedios, sin interrupción de la carga; o utilizar un instrumento que haga registros continuos. Inmediatamente después que se alcance la carga máxima prevista, excepto en el ciclo final de carga, reducir la carga a cero, a la misma velocidad como fue aplicada. Si el observador falla en realizar una lectura, complete el ciclo de carga y repítalo. Registre el ciclo de carga extra en el informe.

Se permite obtener el módulo de elasticidad y la resistencia en el mismo ciclo de carga, cuando los deformómetros sean desechables, removibles, o adecuadamente protegidos para que se pueda cumplir con los requisitos para carga continua dados en el método de ensayo ASTM C-39, C-39M. En este caso registrar varias lecturas y determinar por interpolación el valor de la deformación unitaria al 40% de la carga última.

Si se toman lecturas intermedias, graficar los resultados de cada uno de los tres ensayos con la deformación unitaria longitudinal en la abscisa y el esfuerzo de compresión en la ordenada. Calcular el esfuerzo de compresión dividiendo el valor de la carga en la máquina de ensayo, por el área transversal del espécimen.



• **CÁLCULOS:**

Calcular el módulo de elasticidad con una aproximación de 344.74 Mpa (50,000 psi) de la siguiente manera:

$$E = (S2 - S1) / (\epsilon2 - 0.000050)$$

Donde:

E = módulo de elasticidad cuerda, MPa (psi),

S2 = esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última MPa (psi)

S1 = esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal, $\epsilon1$, de 50 millonésimas, en MPa (psi)

$\epsilon2$ = deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S2, en millonésimas: μm ($\mu\text{pulg.}$)

Calcular la relación de Poisson con una aproximación de 0.01 de la siguiente manera:

$$\mu = (\epsilon t2 - \epsilon t1) / (\epsilon2 - 0.000050)$$

Donde:

μ = relación de Poisson

$\epsilon t2$ = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por S2 en millonésimas: μm ($\mu\text{pulg.}$)

$\epsilon t1$ = deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S1 en millonésimas: μm ($\mu\text{pulg.}$)



• **REPORTE:**

El informe debe de incluir lo siguiente:

- Número de identificación de cada espécimen
- Dimensiones de los especímenes, en milímetros (o pulg.).
- Historial del curado y medio ambiente de los especímenes.
- Edad de los especímenes.
- Resistencia del concreto si se determinó, en MPa (psi).
- Densidad o Masa unitaria del concreto si se determinó en kg/m^3 (lb/pe^3).
- Curva esfuerzo-deformación unitaria, si se dibujó.
- Módulo de elasticidad cuerda, en MPa (psi).
- Relación de Poisson, si se determinó. (M)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA
CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

ANEXO N° 12.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO.



ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

El análisis estadístico comprende el uso efectivo de datos numéricos obtenidos de un grupo de experimentos, que incluyen tanto la recolección de datos como el análisis e interpretación de los mismos.

Es importante para este tipo de análisis en cualquier campo de aplicación, la planeación de la metodología de la recolección de datos involucrando el diseño de los experimentos y del muestreo.

En un caso particular, el análisis estadístico aporta metodologías de evaluación, análisis y recolección de datos útiles en el campo de análisis del desempeño de un concreto preparado. Como tal el análisis estadístico de las pruebas de resistencia permite realizar mejoras sobre el proceso de diseño, al mismo tiempo que valida los resultados en la etapa de diseño.

En lo relacionado con el muestreo y la selección adecuada de los datos, objeto de análisis estadístico, se considera necesario una muestra estadísticamente aceptable de 30 datos obtenidos de cilindros de la misma edad. Las pruebas deben ser efectuadas a un mismo tipo de mezcla, producidas consecutivamente y bajo las mismas condiciones similares.

Todo análisis estadístico implica el uso de funciones estadísticas, normas de control, y gráficos que permitan la representación y el análisis de resultados.



- **FUNCIONES ESTADÍSTICAS.**

- ✓ **PROMEDIO ARITMETICO.**

El promedio de una lista de datos corresponde a la suma de los datos incluidos en la lista dividido por el número de datos que contiene la lista. Aplicado en el campo del Análisis del comportamiento de mezclas preparadas, la lista contiene los resultados de las pruebas de resistencia de los ensayos. Matemáticamente el promedio aritmético se expresa mediante la siguiente ecuación.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_{N-1} + X_N}{N}$$

Donde, $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$, en este estudio en particular, corresponden a los resultados de las pruebas de resistencia de los ensayos, y N es el número total de ensayos efectuados.

- ✓ **DESVIACIÓN ESTANDAR.**

Algebraicamente, la desviación estándar se define como la raíz cuadrada de la varianza, y mide la variabilidad o dispersión de un conjunto de datos con respecto a la media aritmética, de la muestra objeto de análisis estadístico.



De esta forma, una desviación estándar baja, indica que los datos tienden a estar cerca de la media de la muestra, mientras que una desviación estándar alta, implica que los datos se alejan considerablemente de la media.

Aplicada al estudio de resistencia de mezclas de concreto preparadas, la desviación estándar refleja las variaciones entre las diferentes muestras de concreto. Las variaciones contemplan la inestabilidad de cada uno de los materiales, la variabilidad de los procedimientos y las técnicas de producción y manejo, la inestabilidad en la elaboración y el curado de los especímenes.

Matemáticamente la desviación estándar se expresa como:

$$\bar{X} = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 \dots + (X_N - \bar{X})^2}{N - 1}}$$



✓ COEFICIENTE DE VARIACION.

Estadísticamente definida como una medida normalizada de la dispersión de una probabilidad de distribución. Es utilizada generalmente para comparar variables que se encuentran expresadas en diferentes escalas, las cuales mantienen una correlación estadística y sustantiva con un factor común.

Particularmente para este caso de estudio, el coeficiente de variación corresponde al grado de control de varias clases de concreto, y juega un papel vital en el tratamiento de especímenes, control de la elaboración, y control de calidad de los métodos de ensayo utilizados.

El coeficiente es comúnmente expresado en forma porcentual, y se define matemáticamente mediante la siguiente ecuación.

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

**✓ RANGO.**

Estadísticamente, representa el intervalo de menor tamaño que contiene los datos y se calcula mediante la resta del valor mínimo al valor máximo, permitiendo así obtener una idea de la dispersión de los datos.

Particularmente, en el caso de los cilindros, el rango se obtiene restando la resistencia mayor de la resistencia menor del grupo de cilindros.

$$R = R_{MAYOR} - R_{MENOR}$$

✓ AMPLITUD.

Función estadística que se obtiene dividiendo el rango entre el número de clases.

$$A = \frac{R}{k}$$

✓ MODA.

Definido estadísticamente como el valor que ocurre con mayor frecuencia en una distribución.

Se define matemáticamente como:

$$M_d = \text{LIMITE SUPERIOR} + A \cdot \left(\frac{f_i - f_{i-1}}{(f_i - f_{i-1}) + (f_i - f_{i-1})} \right)$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA
CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

ANEXO N° 13.

CALCULO DEL FACTOR DE CORRECCION "k" PARA EL MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO.



• **CALCULO DEL FACTOR DE CORRECCION PARA EL MODULO DE ELASTICIDAD EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE.**

Para determinar el factor de corrección se tiene que evaluar estadísticamente los siguientes parámetros.

✓ **PESO UNITARIO DEL CONCRETO.**

Se hicieron un total de 40 ensayos de peso unitario del concreto para poder obtener una estimación del valor promedio de la densidad del concreto, una mínima dispersión de datos ó desviación estándar, para la cual se muestra en el siguiente resumen:



**Sistema de Gestión de Calidad SGC- ISO 9001
VERIFICACIÓN DEL VOLUMEN DEL CONCRETO FRESCO**

REGISTRO DE ENSAYOS DE CONCRETO FRESCO

PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO DEL CONCRETO FRESCO

Seguimiento diario

PLANTA: Chimbote
UBICACIÓN: Urb. Los Álamos Nuevo Chimbote
TESISTAS: Bruno Castillo / Peralta López

C210-MS-H67-A5

Fecha	Camion	Rec + co Fresco	Recip. Recip.	Co Fresco	Vol. Rec.	PUCF	Peso Tanda	Rend (m3)	Vol. Despa	Rend. Relat
06-jun	B2Z-927	21.12	3.875	17.245	0.00702	2457	12120	4.93	5	0.99
07-jun	B1E-831	20.92	3.875	17.045	0.00702	2428	12082	4.98	5	1
09-jun	BOA-812	21.18	3.875	17.305	0.00702	2465	16998	6.9	7	0.99
10-jun	B1E-831	21.16	3.875	17.285	0.00702	2462	16995	6.9	7	0.99
13-jun	BOA-812	21.1	3.875	17.225	0.00702	2454	19427	7.92	8	0.99
14-jun	B3M-813	21.04	3.875	17.165	0.00702	2445	14521	5.94	6	0.99
16-jun	BOA-812	21.09	3.875	17.215	0.00702	2452	12209	4.98	5	1
18-jun	T1W-818	21	3.875	17.125	0.00702	2439	14548	5.96	6	0.99
19-jun	B3S-884	21.06	3.875	17.185	0.00702	2448	19480	7.96	8	1



21-jun	B2Z-927	20.95	3.875	17.075	0.00702	2432	19331	7.95	8	0.99
25-jun	T1W-818	21.09	3.875	17.215	0.00702	2452	14554	5.94	6	0.99
27-jun	B2Z-927	21.12	3.875	17.245	0.00702	2457	12120	4.93	5	0.99
02-jul	B3M-813	20.95	3.875	17.075	0.00702	2432	13350	5.49	5.5	1
03-jul	BOA-812	21.18	3.875	17.305	0.00702	2465	19425	7.88	8	0.99
05-jul	T1W-818	21.15	3.875	17.275	0.00702	2461	19421	7.89	8	0.99
07-jul	B3S-884	21.04	3.875	17.165	0.00702	2445	17025	6.96	7	0.99
08-jul	B3M-813	21.05	3.875	17.175	0.00702	2447	14535	5.94	6	0.99
10-jul	BOA-812	21.21	3.875	17.335	0.00702	2469	14625	5.92	6	0.99
11-jul	B1E-831	21.1	3.875	17.225	0.00702	2454	14548	5.93	6	0.99
14-jul	BOA-812	20.95	3.875	17.075	0.00702	2432	19485	8.01	8	1
16-jul	B3M-813	21.02	3.875	17.145	0.00702	2442	19331	7.92	8	0.99
18-jul	BOA-812	20.93	3.875	17.055	0.00702	2429	14555	5.99	6	1
19-jul	BOA-812	21.17	3.875	17.295	0.00702	2464	14625	5.94	6	0.99
22-jul	B3M-813	20.95	3.875	17.075	0.00702	2432	19331	7.95	8	0.99
24-jul	BOA-812	21.14	3.875	17.265	0.00702	2459	14556	5.92	6	0.99
30-jul	BOA-812	21.08	3.875	17.205	0.00702	2451	14536	5.93	6	0.99
31-jul	BOA-812	21.16	3.875	17.285	0.00702	2462	16995	6.9	7	0.99
02-ago	T1W-818	21.12	3.875	17.245	0.00702	2457	14623	5.95	6	0.99
04-ago	B3S-884	21.22	3.875	17.345	0.00702	2471	17120	6.93	7	0.99
05-ago	B2Z-927	21.18	3.875	17.305	0.00702	2465	19423	7.88	8	0.99
08-ago	B3M-813	21.05	3.875	17.175	0.00702	2447	14540	5.94	6	0.99
09-ago	BOA-812	21.1	3.875	17.225	0.00702	2454	14535	5.92	6	0.99
12-ago	BOA-812	21.25	3.875	17.375	0.00702	2475	14625	5.91	6	0.99
14-ago	BOA-812	20.95	3.875	17.075	0.00702	2432	14548	5.98	6	1
15-ago	B1E-831	21	3.875	17.125	0.00702	2439	16985	6.96	7	0.99
20-ago	BOA-812	21.02	3.875	17.145	0.00702	2442	19331	7.92	8	0.99
22-ago	B3M-813	21.05	3.875	17.175	0.00702	2447	14555	5.95	6	0.99
23-ago	BOA-812	21.22	3.875	17.345	0.00702	2471	14625	5.92	6	0.99
26-ago	B3M-813	20.95	3.875	17.075	0.00702	2432	19331	7.95	8	0.99
27-ago	B3M-813	20.95	3.875	17.075	0.00702	2432	19331	7.95	8	0.99



Análisis Estadístico:

Se hizo el análisis estadístico correspondiente al Peso Unitario del Concreto en estado fresco a 40 muestras de concreto utilizando el Programa de estadística SPSS 15.0, obteniéndose las siguientes funciones estadísticas:

N	Válidos	40
	Perdidos	0
Media		2449.9750
Mediana		2451.5000
Moda		2432.00
Desv. típ.		13.47074
Varianza		181.461
Rango		47.00
Mínimo		2428.00
Máximo		2475.00

Interpretación:

-Analizando el comportamiento del peso unitario de las muestras, se obtiene un valor en promedio de 2449.975 kg/m^3 , luego para la presente investigación se considerará el valor de **2450.00 kg/m^3** .

-La variabilidad o dispersión de las 40 muestras o conjunto de datos con respecto a la media aritmética calculada es de 13.47 kg/m^3 , luego se considera para la muestra, objeto de análisis estadístico una desviación estándar de **13.50 kg/m^3** .

-El valor mínimo y máximo registrado del conjunto de datos estadísticos es de **2428 kg/m^3** y de **2475 kg/m^3** respectivamente.



Gráficos estadísticos:

Gráfico de Barras PUCF

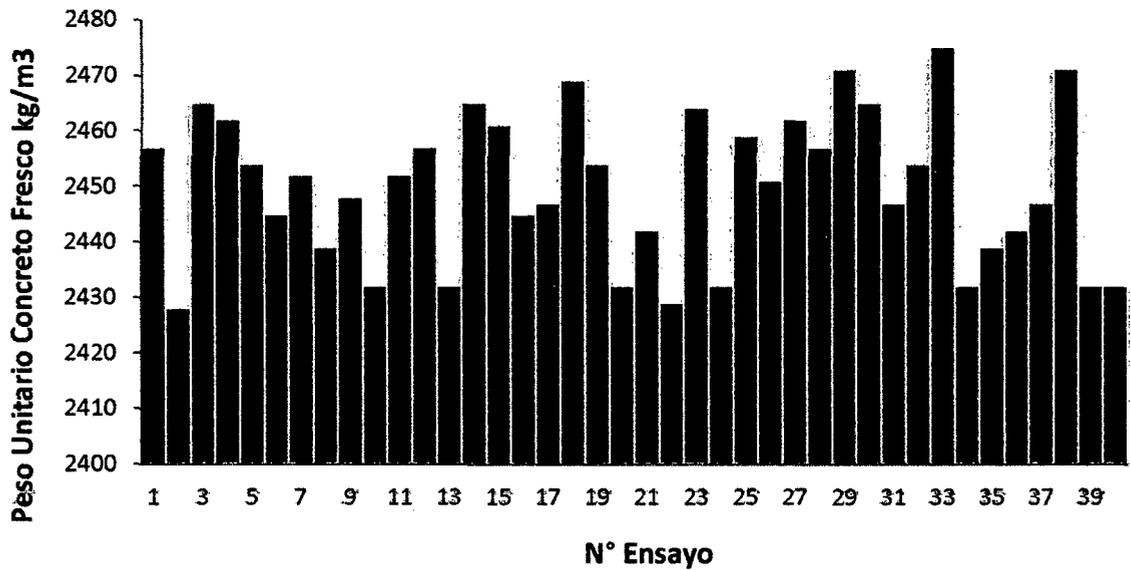
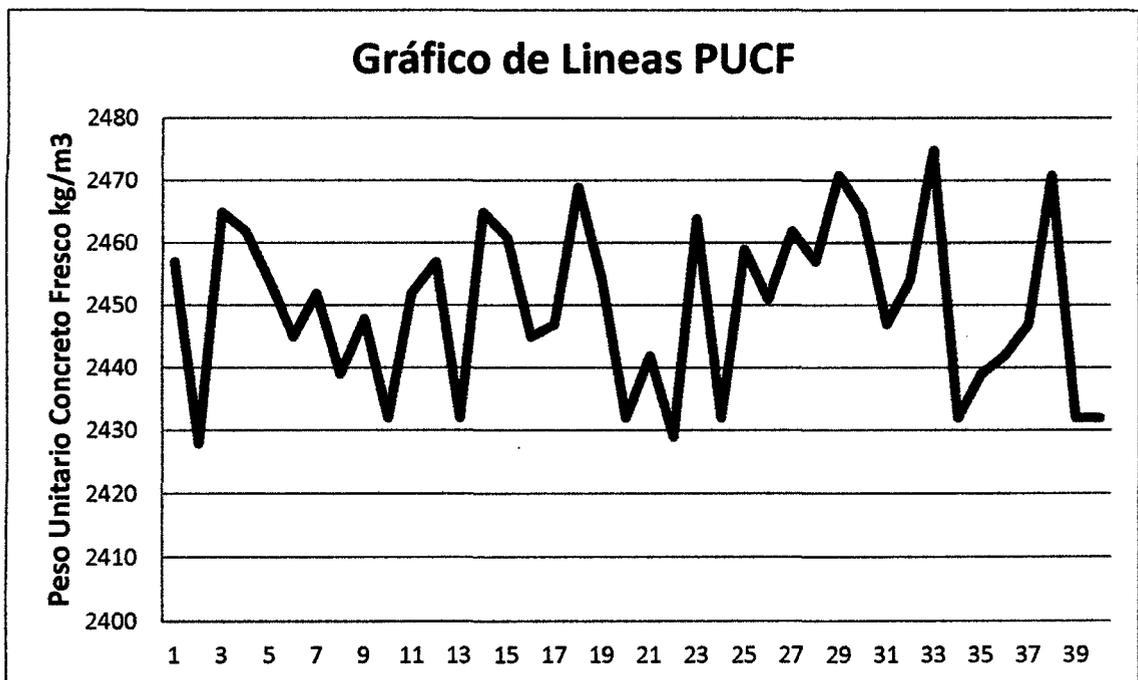


Gráfico de Lineas PUCF



✓ **MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO.**

Se hicieron un total de 30 ensayos de Módulo de Elasticidad del Concreto para poder obtener una estimación del valor promedio de dicho valor, teniéndose una mínima dispersión de datos ó desviación estándar, para la cual se muestra en el siguiente resumen:



Sistema de Gestión de Calidad SGC- ISO 9001
VERIFICACIÓN DEL VOLUMEN DEL CONCRETO FRESCO

REGISTRO DE ENSAYOS DE CONCRETO ENDURECIDO

MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO ENDURECIDO

Seguimiento diario

PLANTA: Chimbote
 UBICACIÓN: Urb. Los Álamos Nuevo Chimbote
 TESISTAS: Bruno Castillo / Peralta López

Fecha	Probeta	Pu KN	Esfuerzo S2 (40%Pu) kg	Esfuerzo S1 (0.000050) kg	ϵ unitaria $\epsilon_2(S2)$	Area cm ²	E _c kg/cm ²
04-jul	P-1	406.8	16587.156	2854.3	0.00036726	180.26655	240122
05-jul	P-2	420.6	17149.8471	3058.2	0.00032152	180.26655	287900
07-jul	P-3	409.1	16680.9378	2956.2	0.00035033	180.26655	253505
08-jul	P-4	415.6	16945.9735	3007.2	0.00032833	180.26655	277808
11-jul	P-5	408.2	16644.2406	2905.2	0.00036833	180.26655	239420
12-jul	P-6	412.7	16827.7268	2925.6	0.000308	180.26655	298915
14-jul	P-7	411.6	16782.8746	2915.4	0.00035133	180.26655	255291
16-jul	P-8	415.1	16925.5861	3037.8	0.000325	180.26655	280147
17-jul	P-9	408.7	16664.6279	2874.7	0.000369	180.26655	239804
19-jul	P-10	412.6	16823.6493	2935.8	0.000329	180.26655	276132
23-jul	P-11	410.2	16725.79	2925.6	0.00035033	180.26655	254898
25-jul	P-12	414.9	16917.4312	2986.8	0.000326	180.26655	279993
30-jul	P-13	407.5	16615.6983	2925.6	0.000367	180.26655	239570
31-jul	P-14	409.4	16693.1702	2925.6	0.00033233	180.26655	270508
02-ago	P-15	410.8	16750.2548	2956.2	0.000335	180.26655	268493
04-ago	P-16	412.9	16835.8818	2895.1	0.00033567	180.26655	270716
05-ago	P-17	422.3	17219.1641	3068.3	0.00036233	180.26655	251333
07-ago	P-18	418.4	17060.1427	2915.4	0.00036833	180.26655	246490
08-ago	P-19	405.6	16538.2263	2874.7	0.00033667	180.26655	264406



11-ago	P-20	416.9	16998.9806	3007.2	0.00034167	180.26655	266117
13-ago	P-21	405.8	16546.3812	3088.7	0.00036733	180.26655	235256
15-ago	P-22	407.3	16607.5433	2864.5	0.0003745	180.26655	234938
16-ago	P-23	408.5	16656.473	2844.1	0.000364	180.26655	244019
19-ago	P-24	411.3	16770.6422	2915.4	0.00035233	180.26655	254222
21-ago	P-25	409.4	16693.1702	2884.9	0.00035033	180.26655	255048
27-ago	P-26	416.8	16994.9032	2844.1	0.00033067	180.26655	279689
28-ago	P-27	418.4	17060.1427	2864.5	0.00035033	180.26655	262203
30-ago	P-28	407.6	16619.7757	2813.5	0.00035	180.26655	255294
01-sep	P-29	409.4	16693.1702	2905.2	0.00036733	180.26655	241030
02-sep	P-30	422.8	17239.5515	3078.5	0.00032733	180.26655	283256

Análisis Estadístico:

Se hizo el análisis estadístico correspondiente al Módulo de Elasticidad estático a compresión del Concreto en estado endurecido a 30 muestras de concreto utilizando el Programa de estadística SPSS 15.0, obteniéndose las siguientes funciones estadísticas:

N	Válidos	30
	Perdidos	0
Media		260217.4333
Mediana		255292.5000
Desv. típ.		17508.18427
Varianza		306536516.461
Rango		63977.00
Mínimo		234938.00
Máximo		298915.00
Suma		7806523.00



Interpretación:

- Analizando el comportamiento de las muestras de concreto ensayadas, se pudo obtener un valor promedio de **260217.43 kg/cm²** para el módulo de elasticidad, valor que será usado para la presente investigación.

= La variabilidad o dispersión de las 30 muestras con respecto a la media aritmética calculada es de **17508.18 kg/cm²**, luego se considera para la muestra, objeto de análisis estadístico una desviación estándar de **17508.18 kg/cm²**.

-El valor mínimo y máximo registrado del conjunto de datos estadísticos es de **234938.00 kg/cm²** y de **298915.00 kg/cm²** respectivamente.



Gráficos estadísticos:

Gráfico de barras: Módulo de Elasticidad

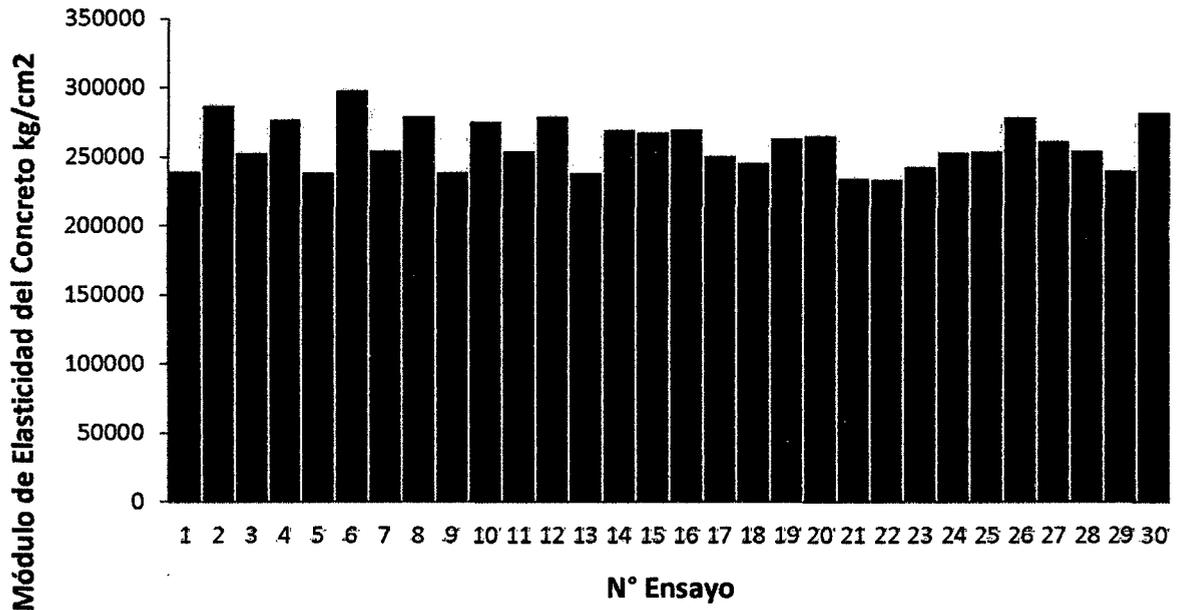
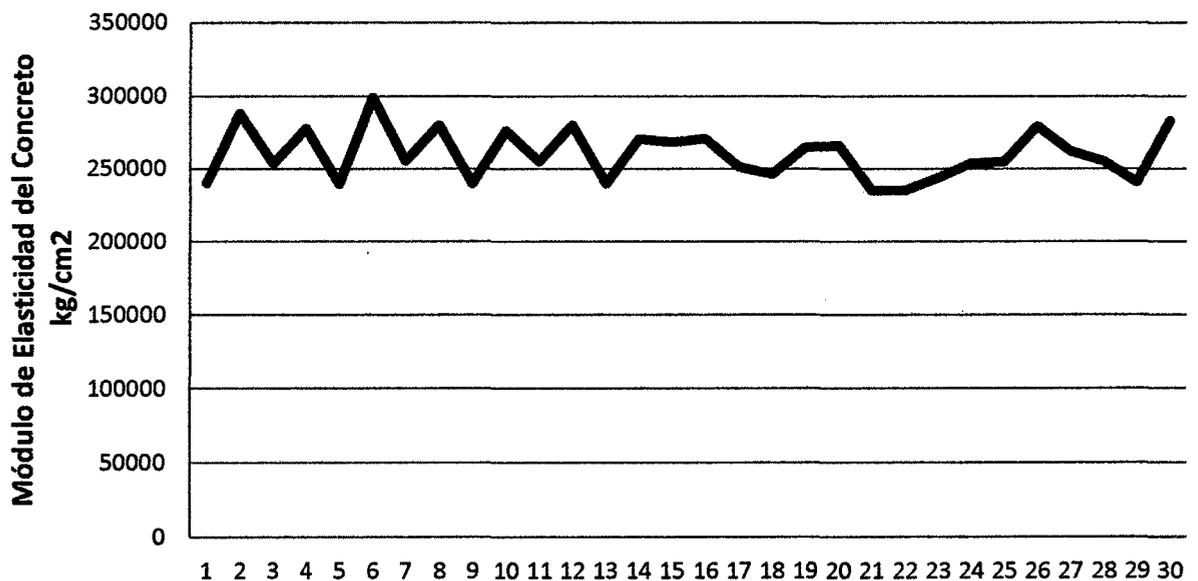


Gráfico de Lineas: Módulo de Elasticidad





Una vez determinados los parámetros, se procede a calcular el factor de corrección "k".

Se muestran los parámetros para determinar el módulo de elasticidad estático a compresión del concreto:

- Resistencia a la Compresión (f'_c) : 210 kg/cm²
- Peso Unitario del Concreto (γ_c) : 2450 kg/m³
- Módulo de elasticidad experimental (E_{ce}) : 260217 kg/cm²
- Módulo de elasticidad teórico (E_{ct}) : kg/cm²

Factor de corrección a la fórmula ACI 318-11, 8.5.1.

- De la ecuación según la Norma ACI 318-11, artículo 8.5.1 se tiene que el Módulo de Elasticidad se expresa de la siguiente manera:

$$E_{ct} = 0.14 (\gamma)^{1.5} \sqrt{f'_c} \dots \dots \dots (I)$$

- Resolviendo el módulo de elasticidad teórico:

$$E_{ct} = 0.14 (2450)^{1.5} \sqrt{210}$$

$$E_{ct} = 246,029.3 \text{ kg/cm}^2$$

- Relacionando la ecuación (I) teórica con la fórmula experimental a calcular por los tesisistas:

$$E_{ce} = kE_{ct} \dots \dots \dots (II)$$



$$E_{ce} = k(0.14)(\gamma)^{1.5}\sqrt{f_c} = k(246,029.3)$$

$$260,217.4 = k(246,029.3)$$

$$k = 1.0577$$

- Finalmente la fórmula reajustada del módulo de elasticidad es:

$$E_{ce} = 1.0577(0.14)(\gamma)^{1.5}\sqrt{f_c}$$

$$E_{ce} = 0.15 (\gamma)^{1.5}\sqrt{f_c} \dots \dots \dots (II)$$

Factor de corrección a la fórmula del RNE E-060, 8.5.1.

- De la ecuación según el Reglamento Nacional de Edificaciones, artículo 8.5.1 se tiene que el Módulo de Elasticidad se expresa de la siguiente manera:

$$E_{ct} = 15,000\sqrt{f_c} \dots \dots \dots (III)$$

- Resolviendo el módulo de elasticidad teórico:

$$E_{ct} = 15,000\sqrt{210}$$

$$E_{ct} = 217,370.65 \text{ kg/cm}^2$$

- Relacionando la ecuación (I) teórica con la fórmula experimental a calcular por los tesisas:

$$E_{ce} = kE_{ct} \dots \dots \dots (IV)$$



$$E_{ce} = k(15,000)\sqrt{f_c} = k(217,370.7)$$

$$260,217.4 = k(217,037.7)$$

$$k = 1.1985$$

- Finalmente la fórmula reajustada del módulo de elasticidad es:

$$E_{ce} = 1.1985(15,000)\sqrt{f_c}$$

$$E_{ce} = 18,000\sqrt{f_c} \dots \dots \dots (IV)$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

ANEXO N° 14.

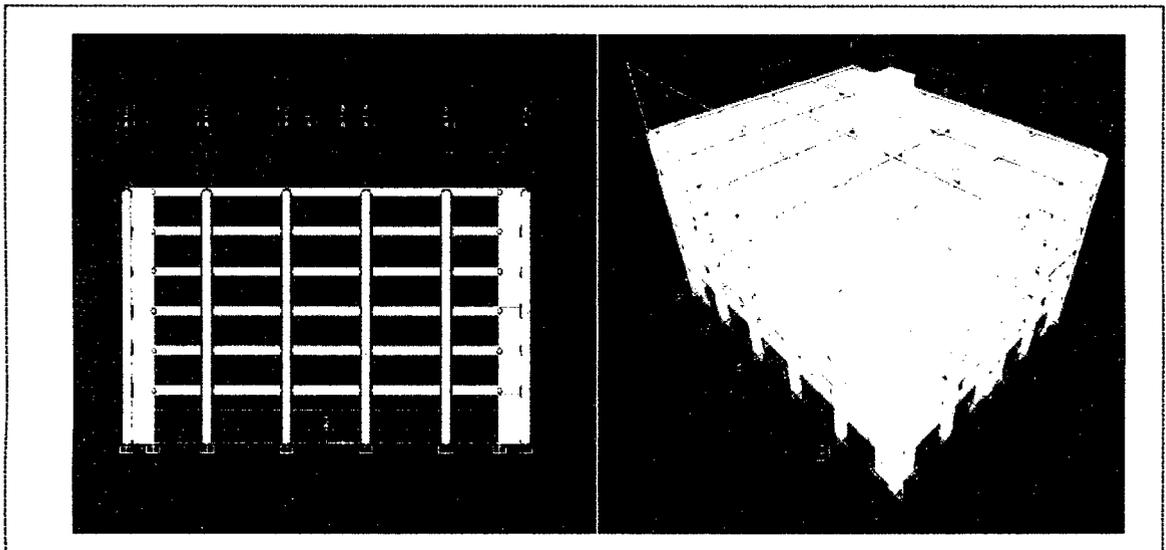
ANÁLISIS ESTRUCTURAL EDIFICIO DE 6 PISOS CON
ASCENSOR.



COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE 6 PISOS CON LOS VALORES OBTENIDOS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN LA PRESENTE INVESTIGACION.

I.- Descripción General:

La estructura que se muestra a continuación es una estructura de muros estructurales de concreto armado en ambas direcciones, de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, acero $f_y= 4200\text{ kg/cm}^2$.



-Objetivo:

Efectuar un análisis y diseño estructural de pórtico de concreto armado desde el punto de vista geométrico (Configuración Estructural) para así determinar su comportamiento local y global con secciones de concreto armado predefinidas. Para esto se efectuará un análisis sísmico dinámico por combinación Modal Espectral.



Se empleó las siguientes Normas:

Reglamento Nacional de Edificaciones:

E-020	Cargas.
E-030	Diseño Sismorresistente.
E-060	Concreto Armado

II.- Descripción Específica del Proyecto:

Tipo de Estructura:

De acuerdo a las consideraciones de diseño se ha proyectado la ejecución de una estructura con muros estructurales de concreto armado con luces de hasta 5m, con vigas de cimentación y demás elementos estructurales de concreto armado, según los requerimientos para el modelo a evaluar.

Características:

La estructura de concreto armado ha sido diseñada para cubrir las consideraciones sísmicas, y de servicio establecidas en la reglamentación Peruana. Esta se encuentra fijamente empotrada al suelo.

Se considera que la estructura aporticada deberá absorber y aliviar las diversas cargas generadas durante su vida útil.



Superestructura:

La superestructura es de concreto armado. Las estructuras principales (Pórticos principales exteriores y centrales y muros de concreto armado) están relativamente cerca uno del otro el cual equidistan de igual forma.

Cimentación:

Para el asiento de las estructuras se tiene previsto la elaboración de Vigas de Cimentación, dados de concreto armado f_c : 210kg/cm², según diseño establecido en los planos de ingeniería.

Para efectos de construcción sobre su cimentación, se tiene previsto incorporar suelo compactado de modo que la viga de cimentación se apoye mínimamente. y que estas hayan sido debidamente niveladas y controladas topográficamente.

Normas Peruanas:

Se empleó las siguientes Normas:

E.020 Norma de Cargas – Resolución Ministerial N° 290-2005-Vivienda.

E.030 Norma de Diseño Sismorresistente – Resolución N° 290-2005-Vivienda

E.060 Norma de Concreto Armado – Resolución N° 290-2005-Vivienda.

Del análisis:

El presente modelamiento estructural se ha realizado con el propósito de evaluar los distintos comportamientos de la estructura con los parámetros del Reglamento Nacional de Edificaciones, el código ACI 318-11.8.5.1 y valores obtenidos experimentalmente por los tesisistas (valores para concreto premezclado producido en la planta concretera DINO – CHIMBOTE). Los distintos comportamientos de la estructura se muestran a continuación:



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

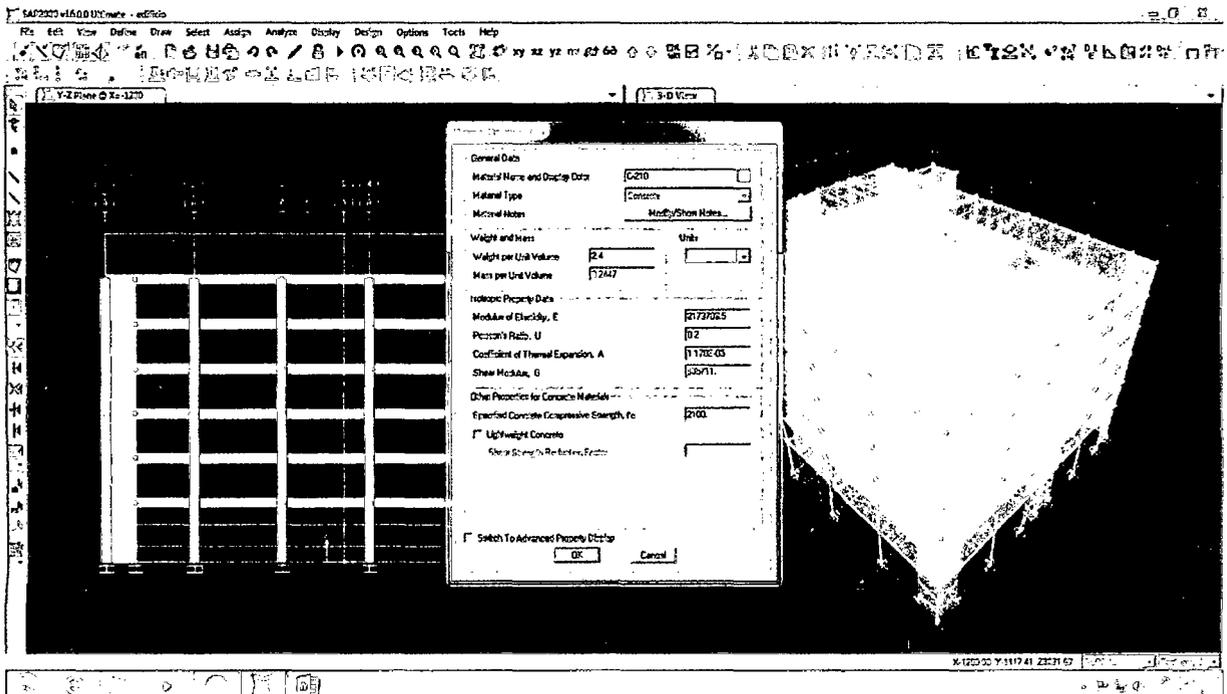
TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

- UTILIZANDO LOS DATOS DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES:

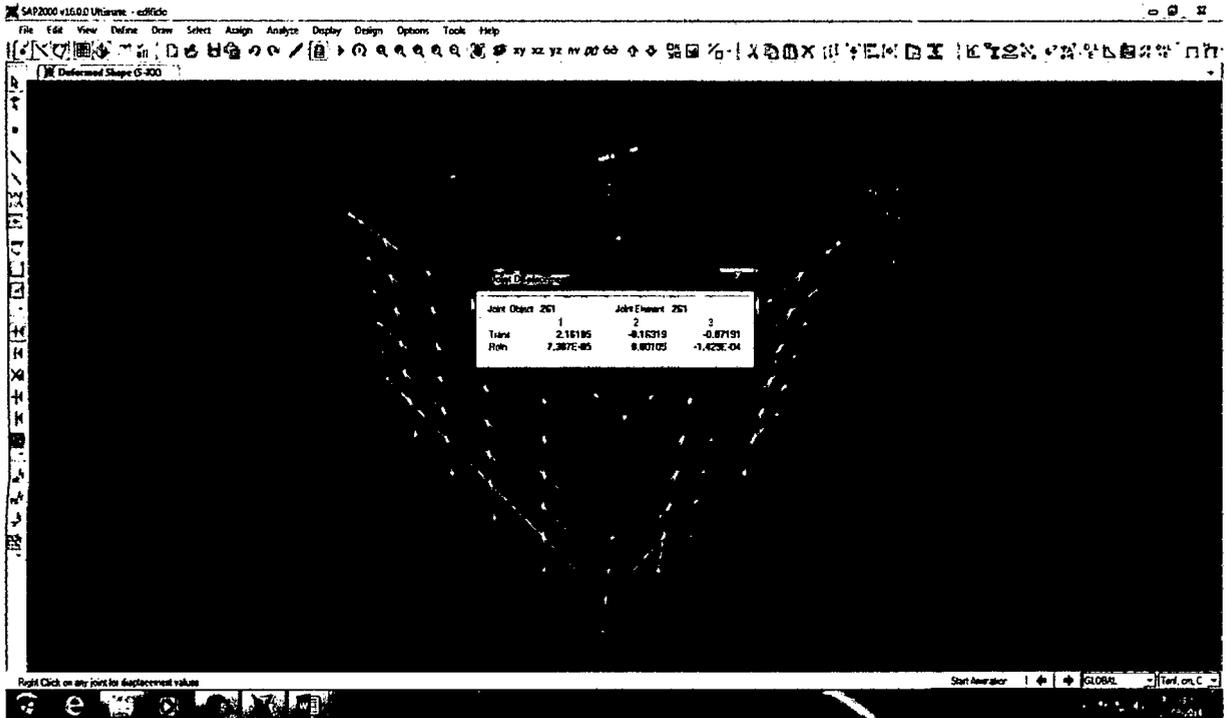
$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2 = 2100 \text{ tn/m}^3$$

$$\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3 = 2.4 \text{ tn/m}^3$$

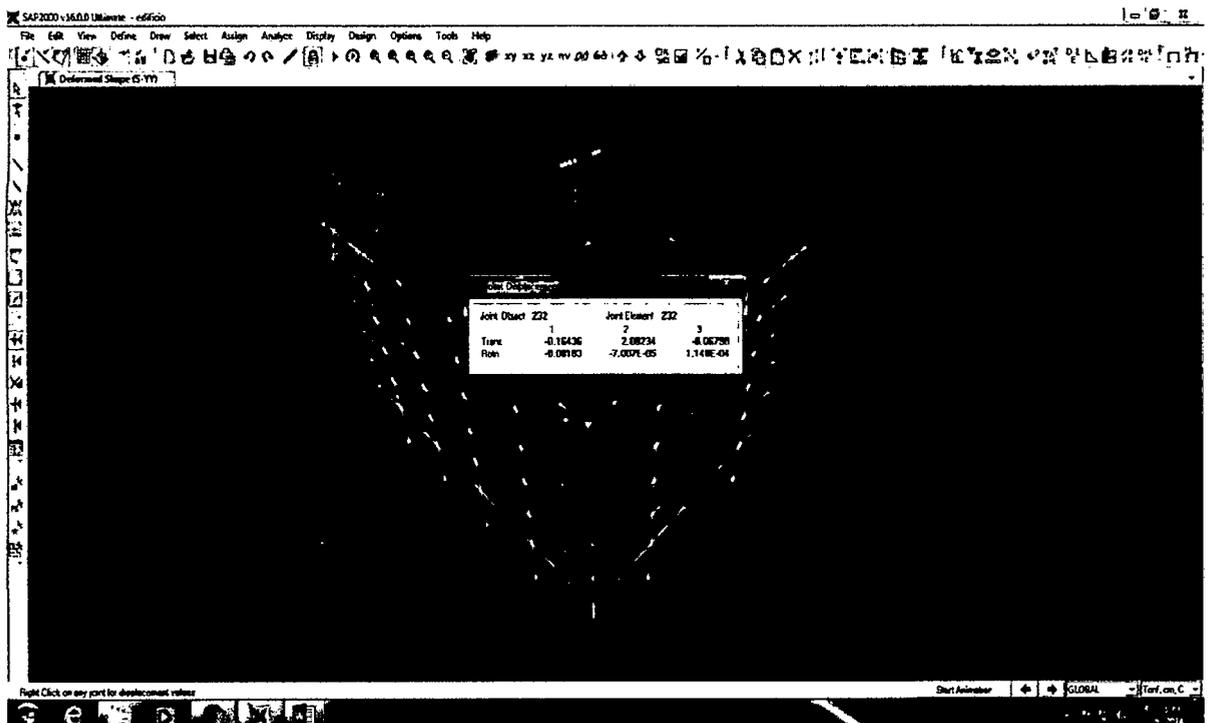
$$Ec = 217,370.65 \text{ kg/cm}^2 = 2'173,706.51 \text{ tn/m}^3$$



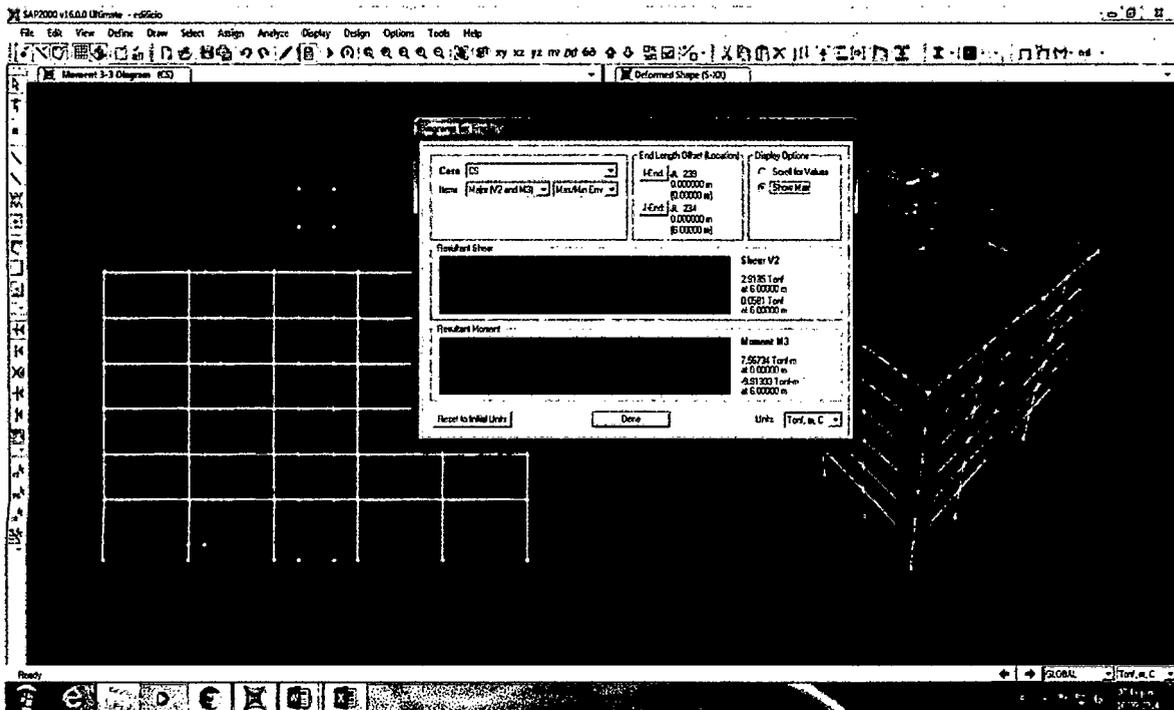
- Ingreso de propiedades del concreto según el R.N.E.



- Desplazamientos en la dirección X debido al sismo en ese sentido.



- Desplazamiento en la dirección Y debido al sismo en ese sentido.

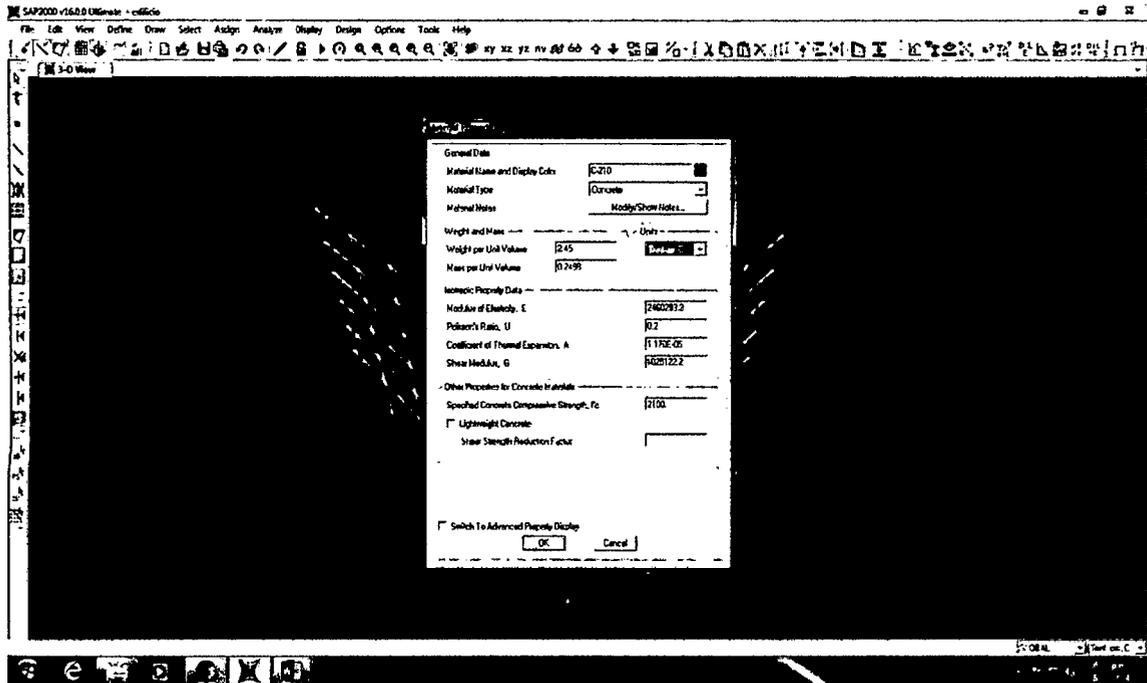


- Diagrama de fuerza cortante y momento flector por envolvente de combinaciones de carga.
- **UTILIZANDO DATOS DE LA NORMA ACI 318-11,8.5.1:**

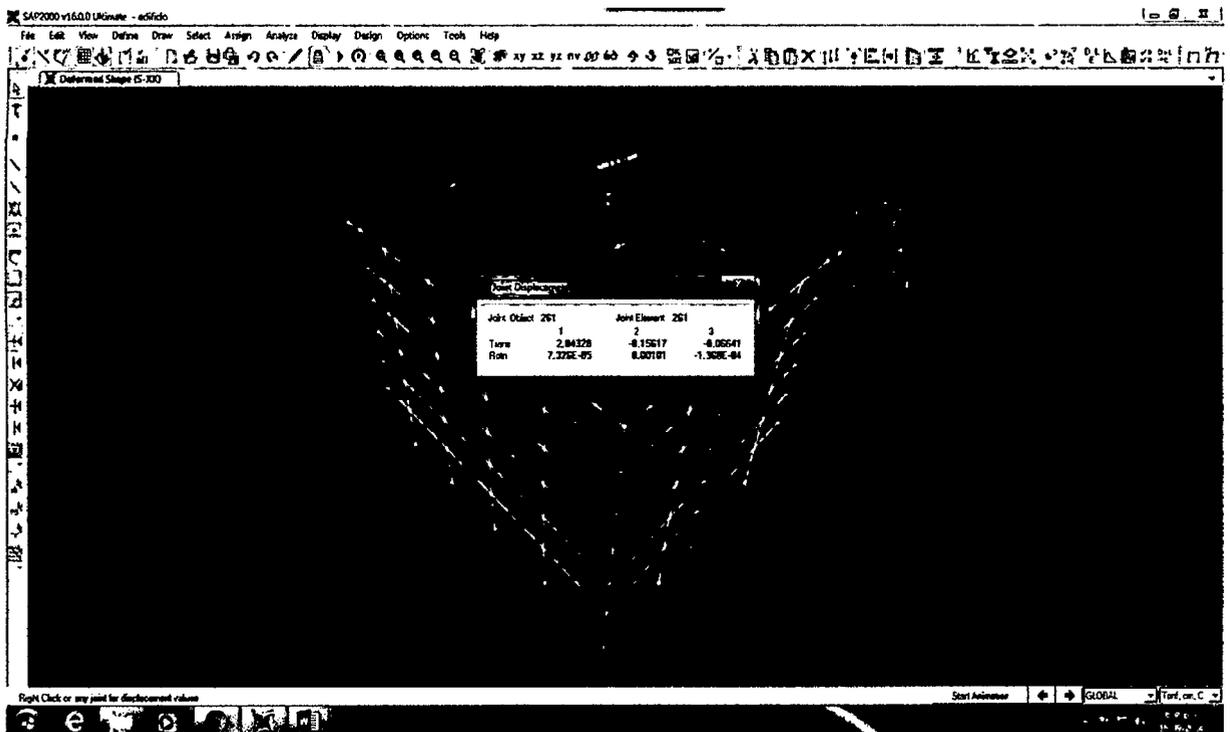
$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2 = 2100 \text{ tn/m}^3$$

$$\gamma = 2450 \text{ kg/m}^3 = 2.45 \text{ tn/m}^3$$

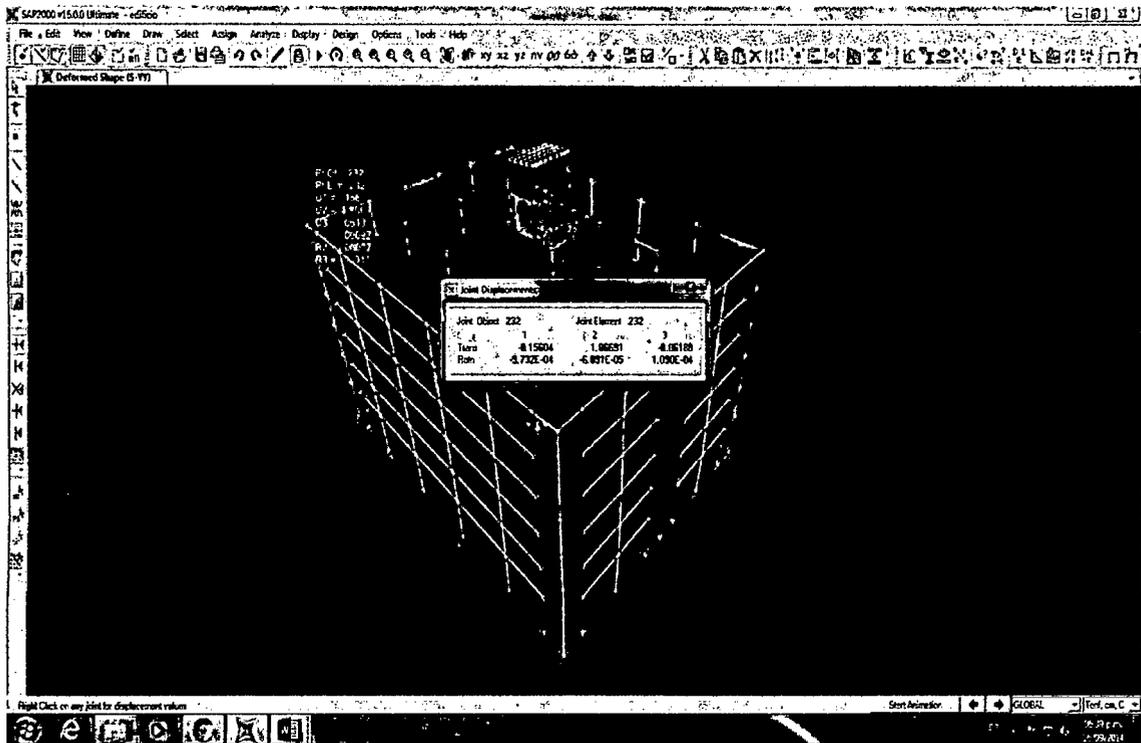
$$Ec = 246,029.3 \text{ kg/cm}^2 = 2'460,293.3 \text{ tn/m}^3$$



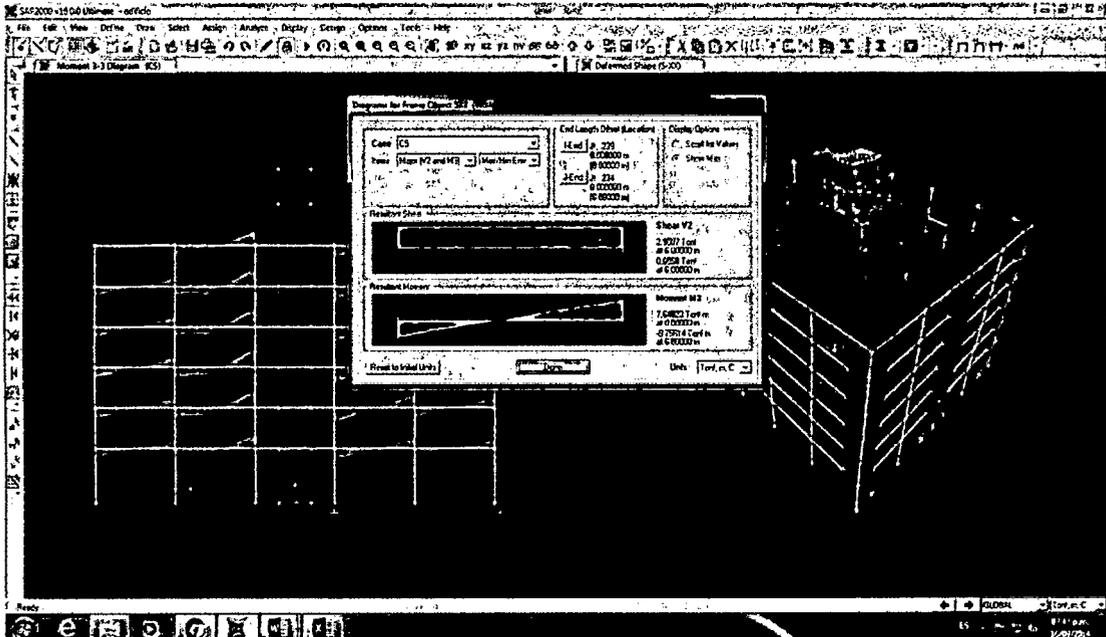
Ingreso de propiedades del concreto según norma ACI 318-11,8.5.1.



- Desplazamientos en la dirección X debido al sismo en ese sentido.



Desplazamiento en la dirección Y debido al sismo en ese sentido.



- Diagrama de fuerza cortante y momento flector por envolvente de combinaciones de carga.



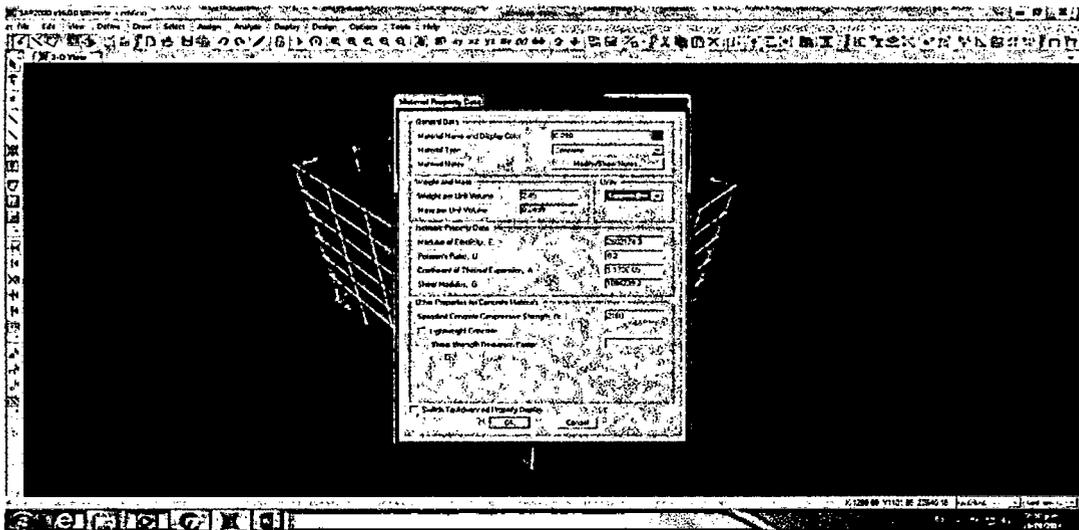
• **UTILIZANDO LOS DATOS OBTENIDOS EXPERIMENTALMENTE**

POR LOS TESISTAS:

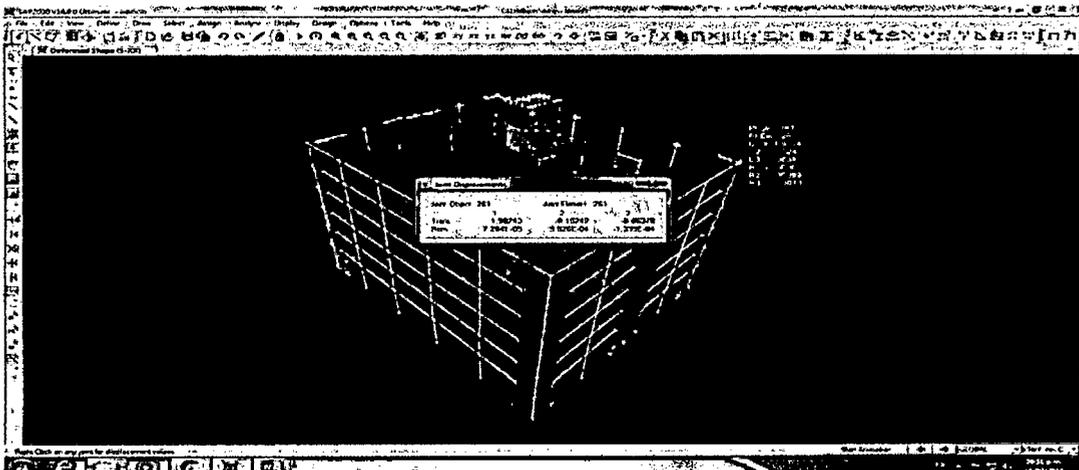
$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2 = 2100 \text{ tn/m}^3$

$\gamma = 2450 \text{ kg/m}^3 = 2.45 \text{ tn/m}^3$

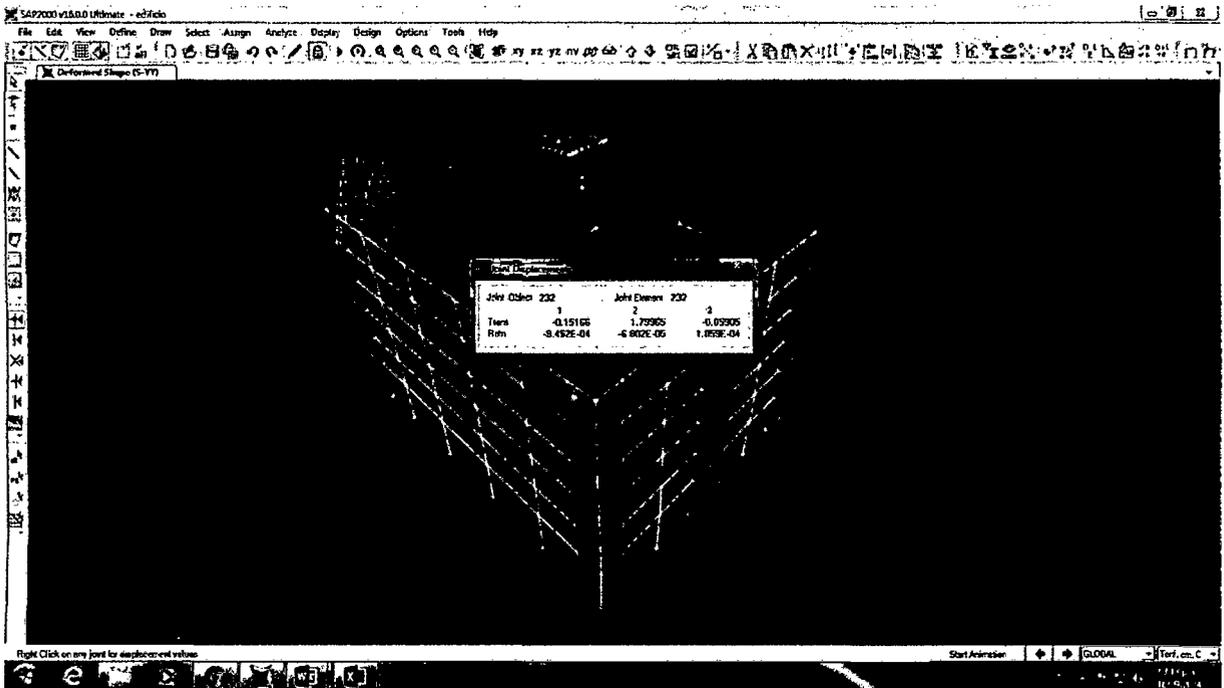
$E_c = 260,217.4 \text{ kg/cm}^2 = 2'602,174.3 \text{ tn/m}^3$



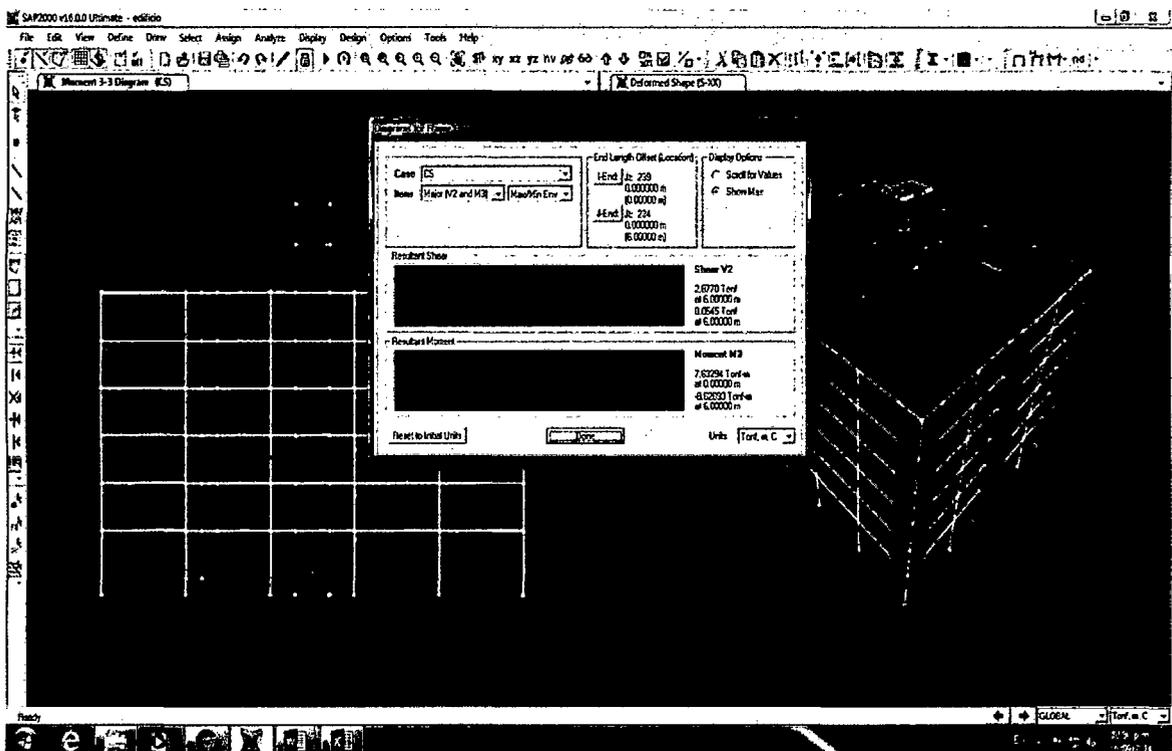
• Ingreso de propiedades del concreto según norma ACI 318-11.



• Desplazamientos en la dirección X debido al sismo en ese sentido.



- Desplazamiento en la dirección Y debido al sismo en ese sentido.



- Diagrama de fuerza cortante y momento flector por envolvente de combinaciones de carga.



Después de haber realizado el análisis de la estructura con los parámetros correspondientes, se obtuvo el siguiente cuadro comparativo:

CUADRO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA			
PARÁMETROS DE COMPARACIÓN	VALORES R.N.E	PARÁMETROS ACI 318-11	VALORES INVESTIGADOS
F'C (KG/CM ²)	210	210	210
P. ESPECIFICO (KG/M ³)	2400.00	2450.00	2450.00
MÓD. DE ELAST. (KG/CM ²)	217370.7	246029.3	260217.4
F. CORTANTE MÁX. EN VIGA (TN)	2.9	2.9	2.9
F. CORTANTE MÍN. EN VIGA (TN)	0.06	0.06	0.05
M. FLECTOR MÁX. EN VIGA (TN-M)	7.57	7.65	7.63
M. FLECTOR MÍN. EN VIGA (TN-M)	-9.91	-9.76	-9.63
DESP. X-X (CM)	2.16	2.04	1.98
DESP. Y-Y (CM)	2.00	1.87	1.80



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA
CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

ANEXO N° 15.

PANEL FOTOGRAFICO.



PANEL FOTOGRÁFICO.

TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 01

Método del cuarteo para el agregado grueso (piedra zarandeada), cantera Piedra Liza, Huso 67

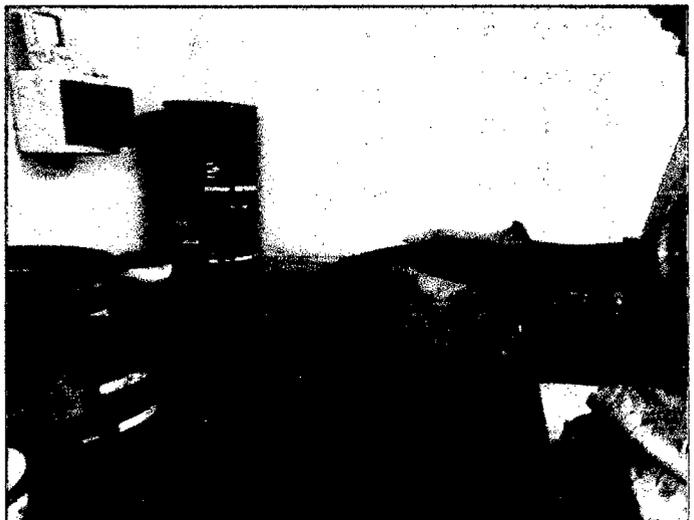
TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 02

Análisis Granulométrico del agregado grueso (piedra zarandeada), Cantera Piedra Liza, Huso 67



TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 03

Método del cuarteo para el agregado fino, Cantera la Carbonera.

TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 04

Ensayo para la determinación del contenido de humedad del agregado fino, del mismo modo se realizó para el agregado grueso, Norma de Ensayo NTP 339.185



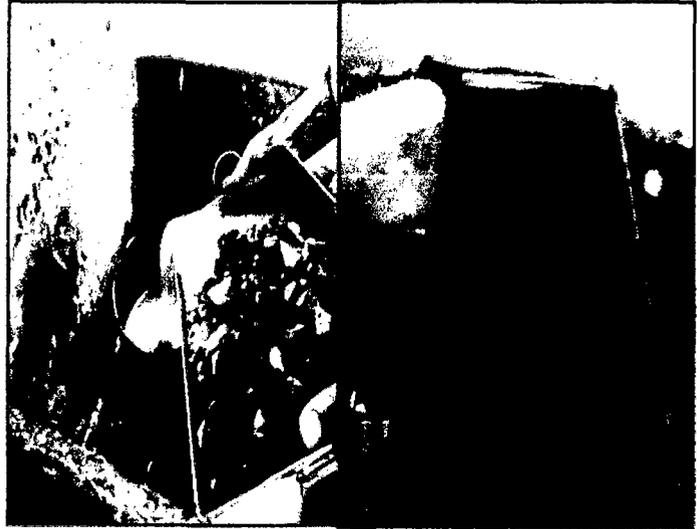
TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 05

Determinación del porcentaje (%) de finos que pasan el tamiz N° 200 en el agregado grueso. Norma de Ensayo NTP 400.018

TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 06

Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso. Norma de Ensayo NTP 400.021



TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 07

Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino. Norma de ensayo NTP 400.022.

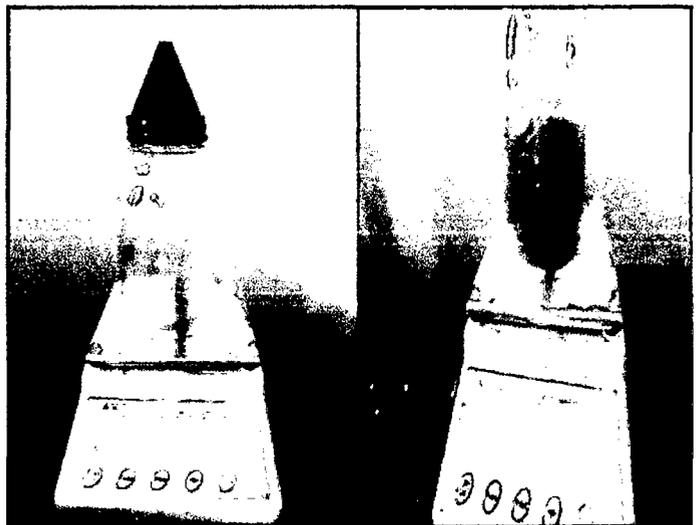
TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 08

Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino. Norma de ensayo NTP 400.022.



TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 09

Muestreo de concreto en estado fresco. Norma de Ensayo NTP 339.036

TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 10

Elaboración de probetas cilíndricas a ser ensayadas a los 28 días. Norma de ensayo NTP 339.033.



TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 11

Curado de probetas cilíndricas. Norma de ensayo NTP 339.033.

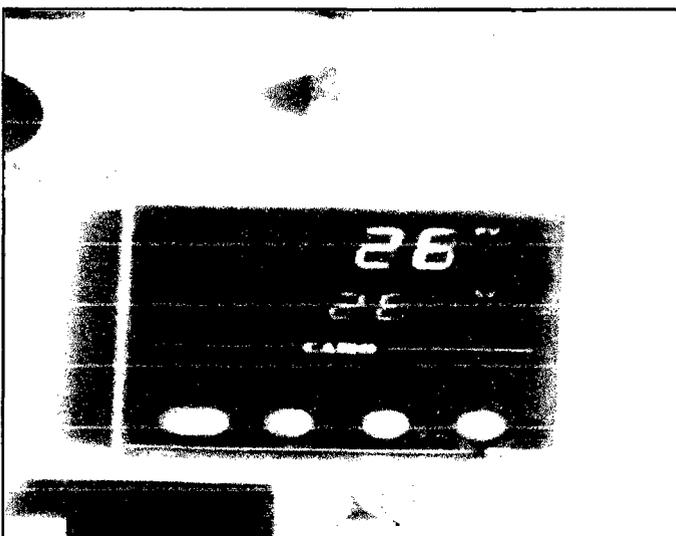
TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 12

Temperatura del agua en la poza de curado.



TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 13

Llegada de probetas de concreto a ser ensayadas en el laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 14

Área de recepción de materiales y probetas del laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la PUCP. Presencia de los tesisas.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE"

TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 15

Llegada de probetas a ser curadas y posteriormente ensayadas a los 28 días.

TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 16

Instalaciones del laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica.



TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 17

Colocación de anillos diametrales y extensómetros para realizar el módulo de elasticidad del concreto por el personal técnico de laboratorio. Ensayo realizado según Norma ASTM C-469.

TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 18

Celda de carga para ensayo de Determinación del módulo de elasticidad ASTM C-469.



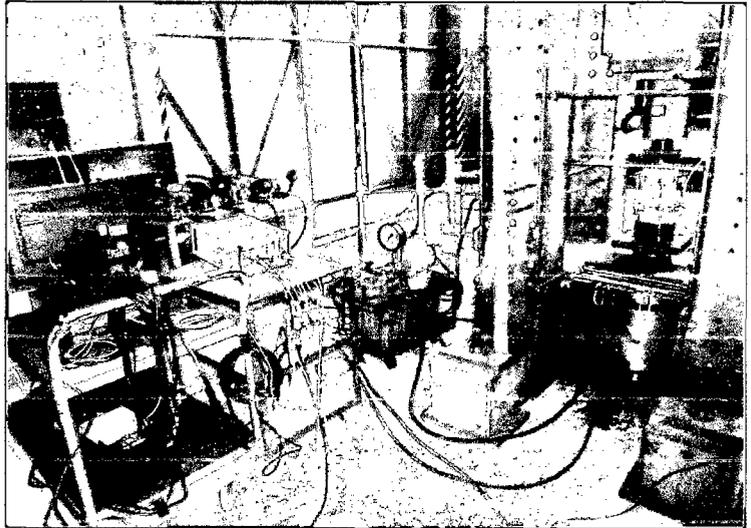
TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 19

Sistema de control electrónico para lectura de cargas y deformaciones.

TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 20

Dispositivo de medición de deformaciones con aproximación a 0.001mm.



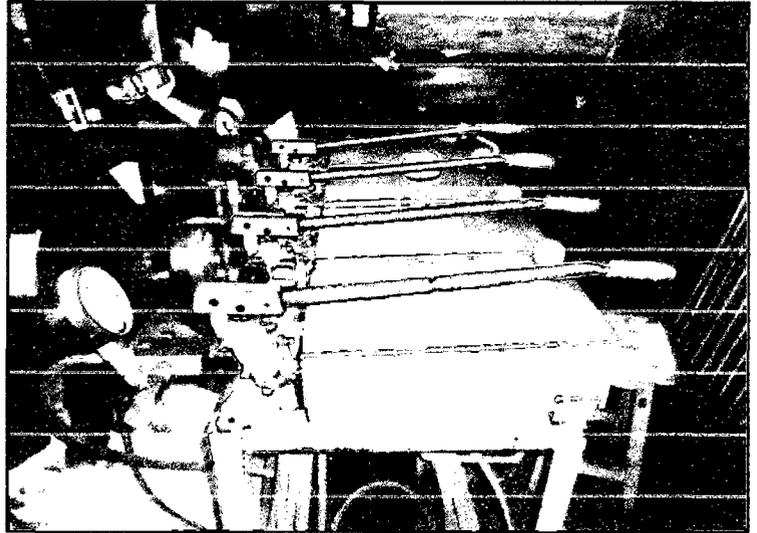
TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 21

Sistema hidráulico manual de inyección de presión.

TESISTAS:

BRUNO CASTILLO EDUARDO A.

PERALTA LOPEZ JUAN C.

TESIS:

"DETERMINACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE".



DESCRIPCIÓN: FOTO N° 22

Falla de rotura de la probeta. (Falla tipo 2)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

OFICINA CENTRAL DE INVESTIGACIÓN

“CATÁLOGO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN – TIPRO”

Resolución N° 1562 – 2006 - ANR

REGISTRO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA O CARRERA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL

TITULO DEL TRABAJO: “DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO A COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO EN LA PLANTA CONCRETERA DINO-CHIMBOTE”

ÁREA DE INVESTIGACIÓN: CONCRETO

AUTOR(ES):

- DNI: 46721499 BRUNO CASTILLO EDUARDO ADOLFO
- DNI: 45567313 PERALTA LÓPEZ JUAN CARLOS

TITULO PROFESIONAL A QUE CONDUCE: TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AÑO DE APROBACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN: 2014

II. CONTENIDO DEL RESUMEN

• PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

En Chimbote y Nuevo Chimbote, el principal proveedor de concreto premezclado es la empresa Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L (DINO S.R.L) el cuál es el principal abastecedor de concreto premezclado en la ciudad.

Dentro de los parámetros que se usan para cumplir con los requisitos especificados en el control de calidad del concreto tenemos: En estado fresco (Asentamiento, Temperatura, Densidad-Peso Unitario, Contenido de Aire, Otros) y en estado endurecido principalmente la resistencia a la compresión, siendo éste un indicador de la capacidad de resistencia que tiene el concreto; sin embargo un parámetro importante también es el módulo de elasticidad del concreto, que es una medida de su rigidez y que es importante en el análisis de estructuras o construcciones en general.

Por lo general se emplea la fórmula propuesta por el ACI 318-11, 8.5.1 la cual es muy general y no se ajustan favorablemente a las condiciones del concreto de la Ciudad de Chimbote, y difiere dependiendo de las características físicas y mecánicas de los materiales intervinientes en la elaboración del concreto, por eso se plantea en la presente investigación determinar este parámetro según la norma ASTM C-469 para el concreto más comercial que

DINO S.R.L abastece el cual es 210 kg/cm² , huso 67, Asentamiento 5", Antisalitre con Fortimax 3, y de este modo reajustar la fórmula citada en la Norma ACI 318-11, 8.5.1 respecto a el cálculo del Módulo de Elasticidad para concretos de peso normal ASTM C-469.

También es necesario conocer el diseño de mezcla del concreto producido en la planta Concretera DINO, para resistencia de 210 kg/cm² Antisalitre con Fortimax 3 y verificar que se cumplan con los parámetros contemplados en el diseño: peso unitario y rendimiento, extracción y curado de testigos de concreto en obra; y en estado endurecido: resistencia a la compresión y módulo de elasticidad.

Íntimamente relacionada con la resistencia está la deformación, a cualquier esfuerzo siempre hay asociada una deformación y viceversa, asimismo existen deformaciones que pueden ser causadas por otras causas como: humedad o temperatura y que la relación entre el esfuerzo y la deformación en una forma integral es de sumo interés en el diseño estructural.

En la presente investigación se realizó un estudio del módulo de elasticidad estático a compresión del concreto de la planta Concretera Dino-Chimbote y se determinó un factor de corrección de la fórmula del módulo de elasticidad del concreto

propuesta por el ACI 318-11,8.5.1 para ser usado en el análisis de estructuras de Edificaciones en la Ciudad de Chimbote.

Es por ello que nos planteamos la siguiente interrogante:

¿En qué medida el valor del módulo de elasticidad estático a compresión del concreto según la norma ASTM C-469, en la planta Concretera DINO, tendrá una variación respecto de la Norma ACI 318-11, 8.5.1 en la ciudad de Chimbote?

- **OBJETIVOS**

OBJETIVO GENERAL:

- ✓ Determinar la variación del módulo de elasticidad estático a compresión del concreto según la Norma ASTM C-469, respecto a la Norma ACI 318-11,8.5.1, en la Concretera DINO-CHIMBOTE.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Calcular un factor de corrección "k" a la fórmula del Módulo de elasticidad estático a compresión (Módulo de Young) del concreto, según Norma ACI 318-11, 8.5.1 y del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Concreto Armado, Ítem 8.5.1.

- ✓ Realizar los ensayos de resistencia a la compresión, peso unitario y módulo de elasticidad estático a compresión del concreto de conformidad con las normas NTP (Norma Técnica Peruana) y ASTM respectivamente, de una muestra estadísticamente aceptable.
- ✓ Analizar una estructura, comparando el comportamiento estructural en función a los diferentes módulos de elasticidad obtenidos.

- **HIPÓTESIS:**

“**SI** usamos testigos cilíndricos de concreto extraídos de la Concretera DINO en la Ciudad de Nuevo Chimbote para determinar el valor Módulo de Elasticidad Estático a Compresión del Concreto según la norma ASTM C-469, **ENTONCES** se obtendrá un factor de corrección “k” del módulo de elasticidad estático a compresión respecto a la Norma ACI 318-11,8.5.1.

- **MARCO TEORICO:**

Para estimar las deformaciones en elementos o estructuras de concreto armado, debidas a las cargas de corta duración, donde es posible asumir para el concreto una relación lineal entre esfuerzos y deformaciones sin errores importantes, es necesario definir un valor del módulo de elasticidad. Las curvas esfuerzo - deformación del concreto no son lineales (ver figuras 6,10,11,12) por lo tanto el concepto convencional de módulo de elasticidad, como el que empleamos para el acero, no es correcto. Sin embargo para esfuerzos bajos de hasta 0.4 a 0.5 f_c el suponer un comportamiento lineal no conlleva a errores importantes.

La figura N° 16 (Harmsen) muestra las distintas definiciones que puede adoptar el módulo de elasticidad del concreto simple: el módulo tangente inicial, el módulo tangente en un punto determinado de la curva y el módulo secante entre dos puntos de la misma. Esta última definición es la más utilizada para cargas de corta duración y se suele calcular para un esfuerzo cercano a 0.5 f_c . El módulo de elasticidad tangente inicial, normalmente es un 10% mayor que el secante. Las Normas ASTM (C469-94) especifican la manera de calcular el módulo secante a partir de los ensayos de compresión en probetas estándar de concreto.

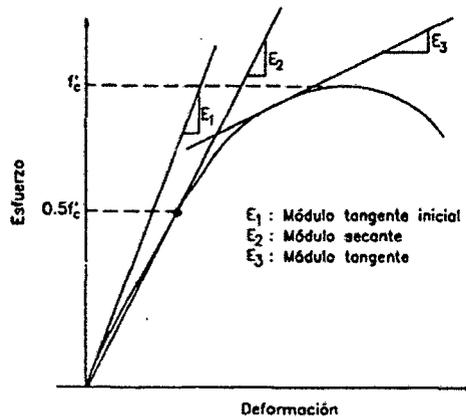


Fig. Nº 17. Módulo de elasticidad del concreto.

Para tomar en cuenta los efectos de las cargas sostenidas (cargas de larga duración) es necesario corregir el módulo de elasticidad determinado para cargas de cortas duración, ya que el flujo plástico del concreto modifica las deformaciones internas. Una posibilidad es utilizar el Coeficiente de Flujo Plástico del concreto \$C_t\$ el cual es dependiente del tiempo, con lo cual el módulo de elasticidad puede aproximarse mediante la ecuación 1-10 (Park - Paulay).

$$E_c(t) = \frac{E_c}{1+C_t} \quad (1-10)$$

El módulo de elasticidad del concreto depende de muchas variables, entre las principales están:

- a. El módulo de elasticidad de la pasta de cemento (matriz). Un incremento en la relación w/c aumenta la porosidad de la pasta reduciendo el módulo de elasticidad (E_c) en consecuencia hay dependencia entre E_c y f'_c .
- b. El módulo de elasticidad de los agregados. Los agregados de peso normal tienen un módulo que varía entre 1.5 a 5 veces el módulo de elasticidad de la pasta. Por lo tanto el tipo de agregado y la cantidad presente en la mezcla influyen fuertemente en el valor de E_c .

El ACI permite estimar el valor E_c para concretos de peso específico entre 1,400 y 2,500 kg/m³ mediante la ecuación 1-11:

$$E_c = 0.14 (\gamma)^{1.5} \sqrt{f'_c} \quad (1-11) \text{ ACI - 11, 8.5.1}$$

Siendo γ el peso específico del concreto en kg/m³. Este valor corresponde al módulo de elasticidad secante del concreto, medido al 45% de f'_c aproximadamente, en ensayos de corta duración.

Para Concretos de Peso Normal (aproximadamente 2,300 kg/m³) el ACI y la Norma Peruana permiten estimar E_c mediante:

$$E_c = 15,000 \sqrt{f'_c} \quad (\text{Kg/cm}^2) \quad (1-12) \text{ E-060, 8.5.1}$$

Ya que estas ecuaciones ignoran el tipo de agregado utilizado, su dispersión es amplia, los valores medidos en ensayos varían entre 0.8 y 1.2 del predicho por las ecuaciones.

Cuando sea necesario una mejor estimación del módulo de elasticidad para cargas de corta duración, por ejemplo para el caso en que las deflexiones o vibraciones sean determinantes en el diseño, se recomienda obtener mediante ensayos el módulo de Elasticidad del concreto a utilizarse.

- **CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES:**

CONCLUSIONES.

- ✓ El Módulo de Elasticidad del Concreto en la Planta de DINO, presentó una variación promedio del +5.77% respecto a la fórmula del ACI 318-11, 8.5.1 y +19.85% con respecto a la Formula del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Concreto Armado, Ítem 8.5.1, por lo tanto la hipótesis es aceptada.
- ✓ Se obtuvo un factor de corrección a la Fórmula del ACI 318-11, 8.5.1 de "k₁" = 1.0577 y de "k₂" = 1.1985 a la Formula del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Concreto Armado, Ítem 8.5.1.
- ✓ En base a los análisis efectuados se proponen las siguientes ecuaciones para la determinación del módulo de elasticidad del concreto para la Ciudad de Chimbote:

$$E_{cr} = 0.15 (\gamma)^{1.5} \sqrt{f_c} \quad \text{kg/cm}^2 \quad \text{ACI 318-11, 8.5.1}$$

$$E_{cr} = 18,000 \sqrt{f_c} \quad \text{kg/cm}^2 \quad \text{RNE, E-060, 8.5.1}$$

- ✓ Se obtuvo un valor promedio del peso unitario del concreto de 2450 kg/m³ en la Planta Concretera de DINO-CHIMBOTE.
- ✓ Se obtuvo un valor promedio del módulo de elasticidad del concreto de 260,217.4 kg/cm² en la Planta Concretera de DINO-CHIMBOTE.
- ✓ Se realizó el estudio comparativo del comportamiento de una estructura bajo diferentes valores del módulo de elasticidad y peso específico del concreto de acuerdo a la Norma ACI 318-11,8.5.1 y del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Concreto Armado,

Ítem 8.5.1, y a la investigación realizada, obteniéndose que el concreto producido en la Planta Dino-Chimbote posee un mayor valor del módulo de elasticidad respecto a las Normas indicadas anteriormente, lo cual significa que estructuras construidas con concreto suministrado por Dino-Chimbote tendrá mejores propiedades elásticas.

- ✓ Con esta nueva propuesta de modificación de la fórmula del ACI 318-11, 8.5.1, y del Reglamento Nacional de Edificaciones, E-060, Ítem 8.5.1 se demuestra que el valor del módulo de elasticidad del concreto según Norma ASTM C-469 sobreestima las fórmulas teóricas.

RECOMENDACIONES.

- ✓ Se recomienda que estudios similares se realicen en otras regiones del Perú, para garantizar mejores diseños y reevaluar las ecuaciones propuestas por los códigos de cada país.
- ✓ Realizar diseños y elaboración de pruebas en laboratorio a fin de encontrar menos dispersión en los resultados.
- ✓ Estudiar la evolución en el tiempo de los módulos de elasticidad y resistencias a la compresión del concreto.
- ✓ Se recomienda usar estos valores obtenidos de nuestro estudio en el Análisis de Estructuras en la ciudad de Chimbote.
- ✓ Se recomienda realizar ensayos del módulo de elasticidad dinámico del concreto producido en la ciudad de Chimbote.

• **BIBLIOGRAFÍA:**

- ✓ **ACI 318-11.** *Reglamento del American Concrete Institute Cap. 8.5.1*
- ✓ **Antonio Blanco Blasco.** "ESTRUCTURACIÓN Y DISEÑO DE EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO"- Colección del Ingeniero Civil – Libro 2. Perú. Mayo 1997.
- ✓ **Enrique Pasquel Carbajal;** "TÓPICOS DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO".
- ✓ **Enrique Rivva López;** "NATURALEZA Y MATERIALES DEL CONCRETO"; Perú 2000.
- ✓ **Enrique Rivva López;** "DISEÑO DE MEZCLAS" 1era Edición – Diciembre 2010. Perú.
- ✓ **Jack C. Mc Cormac.** "DISEÑO DE CONCRETO REFORZADO". 4ª Edición. Clemson University.
- ✓ **Jorge Días Mosto.** "RESISTENCIA DE MATERIALES". Perú. Julio 1966.
- ✓ **Norma ASTM C-469** *American Society for Testing Materials.*
- ✓ **Roberto Morales Morales;** "DISEÑO EN CONCRETO ARMADO". Perú. Junio 2012.
- ✓ **Teodoro Harmsen;** "DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO". 3era edición, Perú, PUCP, 2002.