

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

SEDE JAÉN



**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO
CONVENCIONAL $f'c=210 \text{ kg. / cm}^2$ Y EL CONCRETO CON MATERIAL
RECICLADO POLIETILENO TEREFTALATO (PET) EN LA CIUDAD
DE JAÉN - CAJAMARCA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR

BACH. PERALTA GUEVARA RONAL

ASESOR:

ING. MARCO WILDER HOYOS SAUCEDO

CAJAMARCA - PERÚ

NOVIEMBRE, 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CONVENCIONAL $f'c = 210kg/cm^2$ Y EL CONCRETO CON MATERIAL RECICLADO POLIETILENO TEREFTALATO (PET) EN LA CIUDAD DE –JAÉN- CAJAMARCA.

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

BACHILLER: PERALTA GUEVARA RONAL

ASESOR: ING. MARCO HOYOS SAUCEDO

Cajamarca, Perú.

Noviembre-2014

COPYRIGHT © 2014 by
RONAL PERALTA GUEVARA
Todos los derechos reservados

DEDICATORIA.

A DIOS:

Por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A MI MADRE:

Por ser la persona que me dio la vida y a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

A MI PADRE:

Por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A MI HERMANA.

Por ser mi mejor amiga y estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

AGRADECIMIENTO.

Mi gratitud es principalmente a Dios quien me dio la vida y la ha llenado de bendiciones en todo este tiempo, a él que con su infinito amor me ha dado la sabiduría suficiente para culminar mi carrera universitaria.

A mis padres que creyeron en mí y me brindaron su apoyo incondicional durante todos los años de mi vida.

A mi hermana quien supo darme palabras de aliento afianzando mi confianza para no rendirme antes de cumplir la meta propuesta.

A mis maestros gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional

A mi asesor de tesis por la orientación y ayuda que me brindo para la realización de esta tesis, por su apoyo y amistad que me permitieron aprender mucho más que lo estudiado en el proyecto.

A nuestra escuela de ingeniería civil de la universidad nacional de Cajamarca sede Jaén, por la formación profesional brindada y su excelente plana docente, de la cual estamos orgullosos por haber egresado.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pagina
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE FORMULAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. CAPÍTULO I: INTRODUCCION	1
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Antecedentes de otras investigaciones: Internacionales.....	3
2.1.2 Antecedentes de otras investigaciones: Nacionales	5
2.2. Bases teoricas	6
2.2.1. Características del concreto convencional y concreto PET.....	6
2.2.3. Agregado	6
2.2.4. Propiedades principales de los agregados	7
A. Granulometría.....	7
B. Tamaño Máximo.....	7
C. Peso Unitario	7
D. Peso Específico.....	7
E. Humedad y Absorción	7
F. Segregación.....	8
G. Impurezas	8
H. Forma de Partículas y Textura superficial.....	8
2.2.5. Cemento Portland.....	9
A Proceso de fabricacion del cemento	9
2.2.6. El agua.....	12
2.2.8. PET	13

2.2.8.1.	Generalidades.....	13
2.2.8.2.	Definicion del PET.....	13
2.2.8.3.	Propiedades fisicas y quimicas del PET.....	15
2.2.8.4.	Obtencion del PET.....	17
A.	Polimerización.....	17
B.	Cristalizacioón.....	19
C.	Polimerización en estado solido o post polimerizacion.....	19
D.	Clasificacion de los polimeros.....	19
2.9.	Diseño de mezclas ACI.....	20
2.10.	Definicion de terminos Basicos.....	29
3.	CAPÍTULO III: MATERIALES Y METODOS.....	32
3.1.	Ubicación de la investigacion.....	32
3.3.	Materiales.....	32
3.6.	Metodologia.....	34
3.7.	Tipo de investigacion.....	35
3.8.	Ensayos realizados en laboratorio.....	36
3.8.1.	Agregado fino.....	36
3.7.2.	PET(Polietileno Tereftalato).....	44
3.7.3.	Agregado grueso.....	44
3.7.4.	Recoleccion y trituracion del PET.....	55
3.7.5.	Prueba estandar para la elaboracion de especimenes de concreto.....	57
3.7.6.	Practica para la elaboracion y curado de especimenes de concreto.....	59
3.7.7.	Metodo para determinar la resistencia a la comprecion del concreto.....	65
4.	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	72
4.1.	Diseño de mezclas.....	72
4.1.1.	Concreto convencional.....	73
4.1.2.	Concreto con varios porcentajes de Pet.....	75
4.2.	Ensayos en concreto fresco.....	76
4.2.1.	Asentamiento.....	76

4.2.2.	Peso Unitario.....	77
4.3.	Ensayos concreto endurecido	77
4.3.1.	Ensayos a compresión.....	77
4.4.	Analisis economico.....	81
4.3.1.	Costo del Concreto Patrón	81
4.3.2.	Costo del concreto Pet Con el 15%.....	81
4.3.3.	Análisis económico:.....	82
4.3.4.	Expresión de resultados:	82
5.	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
5.1.	CONCLUSIONES.....	83
5.2.	RECOMENDACIONES.....	84
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
	LINKOGRAFIAS.....	86
	ANEXOS A	87
	ANEXOS B.....	96
	ANEXOS C	110
	ANEXOS D	115

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS	PÁGINA
Tabla 1: Tipos de cemento Portland.....	10
Tabla 2: Propiedades físicas y químicas del cemento	11
Tabla 3: Propiedades físicas del PET	16
Tabla 4: Propiedades mecánicas del PET.....	16
Tabla 5: Clasificación de los polímeros de acuerdo a su uso	19
Tabla 6: Resistencia requerida	20
Tabla 7: Selección de asentamiento	21
Tabla 8: Determinación del contenido atrapado.....	22
Tabla 9: Determinación del contenido de aire total	22
Tabla 10: Determinación del volumen de agua.....	23
Tabla 11: Selección de la relación agua cemento.....	23
Tabla 12: Peso del agregado grueso	24
Tabla 13: Módulo de finura.....	24
Tabla 14: Ensayo de compresión del concreto convencional.....	35
Tabla 15: Ensayo de compresión del concreto PET.....	36
Tabla 16: Clasificación de las botellas según su capacidad	56
Tabla 17: Requisitos de la barra compactadora	60
Tabla 18: Método de consolidación	63
Tabla 19: Moldeo de especímenes	63
Tabla 20: Tolerancia permisible por ensayo	69
Tabla 21: Información requerida para el diseño de mezclas	73
Tabla 22: Dosificación final del concreto	74
Tabla 23: Dosificación del concreto con varios porcentajes PET.....	75
Tabla 24: Resultados del asentamiento (slump).....	76
Tabla 25: Peso unitario del concreto Pet.....	77
Tabla 26: Resultado del esfuerzo de compresión con varios % PET	78
Tabla 27: Análisis de costos unitarios del concreto PET	82

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINA
Figura 1: Sistema de identificación de envases PET.....	14
Figura 2: Moldes cilindricos.....	33
Figura 3: Herramientas :Balanza y tamices.....	33
Figura 4: Maquina de rotura de testigos a compresion	34
Figura 5: Molde cónico y barra compactadora.....	39
Figura 6: Secado de agregado fino	39
Figura 7: Cuarteo de muestra	42
Figura 8:enrazado de la muestra.....	43
Figura 9: Mezcla de PET y gasolina	46
Figura 10: Pesado de material PET	47
Figura 11: Compactado de PET	48
Figura 12: Granulometria de piedra chancada	50
Figura 13: Agregado sumergido en agua.....	52
Figura 14: Peso de la muestra sumergido en agua	53
Figura 15:Clasificación de botellas	56
Figura 16: Varillado del espécimen.....	58
Figura 17: Enrazando la superficie de la probeta.....	58
Figura 18: Pesado de la probeta de concreto.....	70
Figura 19: Ensayo de la probeta en la maquina a compresión.....	71
Figura 20: Esquema de los patrones de tipos de fractura.....	71
Figura 21: Porcentaje de los componentes del concreto	75
Figura 22: Resultados de asentamiento.....	77
Figura 23: Resultado del esfuerzo a la compresión con varios porcentajes de PET	79
Figura 24: Esfuerzos a compresión para concretos 15% Pet y convencional	80
Figura 25: Esfuerzos a compresión para concretos 30% Pet y convencional	80
Figura 26: Esfuerzos a compresión para concretos 45% Pet y convencional	81

Figura 27: Agregado fino	87
Figura 28: Agregado grueso	87
Figura 29: PET(Polietileno Tereftalato).....	87
Figura 30: Maquina trituradora de pet.....	87
Figura 31: Muestra saturada en agua.....	88
Figura 32: Muestra superficialmente seca.....	88
Figura 33: Peso de la muestra saturada con superficie seca.....	88
Figura 34: Peso de la muestra en agua	88
Figura 35: Muestra ventilada con aire tibio.....	89
Figura 36: Ensayo del cono con la muestra.....	89
Figura 37: Colocando el agregado en el deposito	89
Figura 38: Compactando dicha muestra.....	89
Figura 39: Enrazando la superficie para luego pesarlo	90
Figura 40: Peso de la muestra.....	90
Figura 44: Peso de los agregados para el diseño de mezclas	91
Figura 45: Agregando los agregados a un deposito para mezclarlo.....	91
Figura 48: Nivelado para medir el slump en la muestra diseñada.....	92
Figura 49: Midiendo el slump.....	92
Figura 51:Llenado de la probeta en capas.....	93
Figura 52: Chuseado de la probeta	93
Figura 53: Enrazado de la probeta para luego dejar secar y llevar a curalo.....	94
Figura 54:Probeta lista para ser curada	94
Figura 55: Cuarado de las probetas con % PET.....	94
Figura 56: Curado de las probetas concreto convencional.....	94
Figura 57: Probetas despues del curado listas para el ensayo	95
Figura 58:Pesado de la probeta	95
Figura 59: Ensayo de la probeta.....	95
Figura 60: Fracturas despues del ensayo de la probeta	95

ÍNDICE DE FORMULAS

FORMULA	PÁGINA
Formula N 1: Formula química del PET.....	13
Formula N 2: Correccion por humedad del diseño de mezcla en estado seco.....	25
Formula N 3: Aporte de humedad agregados.....	25
Formula N 4: Calculo del agua efectiva.....	25
Formula N 5: Peso específico de masa.....	54
Formula N 6: Peso específico saturada superficie seca.....	54
Formula N 7: Peso específico aparente.....	54
Formula N 8: Absorción.....	54

RESUMEN

La utilización de materiales reciclables en la construcción tiene como propósito resolver algunos de los problemas ocasionados en el manejo de residuos sólidos plásticos, en particular el polietileno tereftalato PET, el mismo que es empleado como agregado en el concreto para este proyecto. El presente estudio muestra la evaluación de la resistencia a la compresión del concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y el concreto con material reciclado Pet (Polietileno Tereftalato), con el propósito de observar las ventajas y desventajas del uno frente al otro. Para este fin, en la primera etapa se evaluaron las propiedades mecánicas y físicas de cada uno de los agregados, agua, cemento y PET, necesarias para el diseño de las mezclas de concreto. La segunda etapa consistió en el diseño de las mezclas de concreto convencional y concreto PET con el porcentaje óptimo de PET y la fabricación de probetas para realizar los respectivos ensayos en concreto endurecido. La tercera etapa se desarrolló el análisis comparativo de las propiedades mecánicas ya mencionadas; así como un análisis económico del proyecto. Los resultados obtenidos después de realizar los ensayos de compresión realizados a los 7, 14 y 28 días para el concreto pet y el concreto convencional fueron respectivamente de 163.08 kg/cm^2 , 227.89 kg/cm^2 , 282.32 kg/cm^2 y el concreto Pet (15%) es 109.99 kg/cm^2 , 180.08 kg/cm^2 , 242.52 kg/cm^2 , analizamos estos dos concretos porque el concreto Pet (30%) y (45%), no cumplen con la resistencia específica dada. Durante la elaboración de concreto fresco a medida que aumentamos el porcentaje pet la consistencia (slump) de la mezcla disminuye de 4" a 1.5", reduciendo su trabajabilidad considerablemente.

Palabras claves: Agregado, trabajabilidad, concreto fresco, residuos sólidos, propiedades mecánicas, resistencia a la compresión.

ABSTRACT

The use of recycled materials in construction aims to solve some of the problems arising in the management of solid waste plastics, including polyethylene terephthalate PET, the same that is used as aggregate in the concrete for this project. The study shows the evaluation of the compressive strength of conventional concrete and concrete with recycled PET material (polyethylene terephthalate), in order to observe the advantages and disadvantages of facing each other. For this purpose, in the first stage the mechanical and physical characteristics of each of the aggregates, water, cement and PET, necessary to design concrete mixes were evaluated properties. The second stage will consist of the design of the conventional concrete mixes and concrete PET with the optimal percentage of PET and manufacture specimens for the respective tests in hardened concrete. The third stage the comparative analysis of the mechanical properties mentioned above was developed; well as an economic analysis of the project. The results obtained after performing compression tests performed at the 7.14 and 28 days for concrete and conventional concrete pet were respectively 163.08kg / cm², 227.89kg / cm², 282.32kg / cm² and concrete Pet (15 %) is 109.99kg / cm², 180.08kg / cm², 242.52kg / cm². we analyze these two concrete because concrete Pet (30%) and (45%) do not meet the specified strength dada. Durante the preparation of fresh concrete as we increase the percentage pet the consistence (slump) of the mixture decreases 4 "to 1.5, considerably reducing its workability.

Keywords: Added, workability, fresh concrete, solid waste, mechanical properties, compressive strength.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En un planeta como la tierra que ha sido modificado en los últimos 100 años mucho más que en toda la existencia de la humanidad, pretendiendo encontrar confort a costa de la destrucción de la naturaleza, el desarrollo de tecnologías limpias y la gestión integral de residuos sólidos es una necesidad urgente. Esta problemática ha dado lugar a que la mayoría de países busquen soluciones en conjunto para disminuir los índices de contaminación en el planeta.

En el país es creciente la necesidad de desarrollar proyectos verdes, a fin de disminuir el problema de la contaminación ambiental generado por el mal manejo de los residuos sólidos, en este caso el manejo de material plástico hecho de polietileno tereftalato (PET).

El estudio que aquí se presenta es una iniciativa más para la reutilización de residuos plásticos y una alternativa a la sustitución parcial de los agregados convencionales, encapsulando en elementos de concreto a las botellas de plástico, debido a esto se formula la pregunta principal ¿Qué relación existe en la resistencia a la compresión entre el concreto empleando material reciclado Pet (Polietileno Tereftalato) y concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?, obteniendo resultados en la disminución de la resistencia a la compresión del concreto Pet en un 12%, respecto al concreto convencional, lo que nos da que nuestra hipótesis no es verdadera.

En la justificación de nuestro estudio se identificaron los diferentes procesos y etapas para la elaboración de concreto usando PET (Polietileno tereftalato), la cual es una tecnología sustentable y así promoviendo el uso racional de recursos disponibles en la ciudad de Jaén en vez de enterrarlos, quemarlos o acumularlos en basureros al aire libre, vamos aplicar procedimientos para la fabricación que no son contaminantes para el medio ambiente.

Los alcances para la elaboración de las muestras de concreto se emplearán agregados (fino y grueso) procedentes del río Chamaya (Arenera Jaén), pero que cumplan con los requisitos técnicos empleados en las NTP, los alcances que genere esta investigación podrá ser de gran utilidad para mejorar el proceso de fabricación y así obtener unidades de mejores características.

Las limitaciones de nuestra investigación es la falta de máquinas trituradoras de plásticos (Pet) en la zona de Jaén lo cual se tendrá que llevar a triturar el material a la ciudad de Chiclayo.

El objetivo principal es evaluar la resistencia a la compresión de un concreto fabricado con PET (Polietileno Tereftalato) en relación con el concreto convencional, teniendo como objetivos específicos, evaluar la resistencia a la compresión del concreto fabricado con PET (Polietileno Tereftalato) en relación con el concreto convencional $f'c = 210kg / cm^2$ a los 7,14 y 28 días ,observar las ventajas y desventajas del uno frente al otro, comparar los costos de elaboración de concreto convencional y concreto PET, ver el impacto ambiental provocado y evaluar la trabajabilidad del concreto PET.

El estudio está compuesto por 4 capítulos y anexos como se indica a continuación.

En el Capítulo I, se presenta la introducción el cual se describe el contexto y el problema, la justificación, los alcances y los objetivos de la investigación.

En el Capítulo II, El marco teórico, que incluye los antecedentes teóricos de la investigación; además las bases teóricas que servirán como sustento y por último la definición de términos básicos los cuales constituyen términos relacionados con las variables de la investigación.

En el Capítulo III, se describen las metodologías y se muestran los resultados de: resistencia a la compresión, asentamiento (slump).

En el Capítulo IV, Se hace el análisis y discusión de resultados en el cual se explica y discute los resultados obtenidos en la investigación siguiendo una secuencia de acuerdo a los objetivos planteados.

En el capítulo V, conclusiones y recomendaciones, en este capítulo se analiza y sintetiza en comentarios a fin de establecer las ventajas o desventajas del concreto PET con el concreto convencional.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1. Antecedentes Teóricos de Investigación.

2.1.1. Internacionales.

Pietrobelli, en sus estudios el realizo diseño de concretos de 300 kg/cm^2 , en el cual el remplazo polietileno de tereftalato (PET) al diseño de la mezcla patrón, en el cual tuvo dos diseños de mezclas una con concreto normal y la otra con concreto PET y haciendo una comparación entre estos dos concretos obtuvo:

Dosificaciones que fueron para un $f'c=300\text{kg/cm}^2$ (1:1,47:2,28:0,43), adicionando a dicha dosificación porcentajes de pet que son 15%,30% y 45% como agregado fino.

La resistencia a la compresión a los 7, 14,28 días del concreto Pet disminuye un 25% para para un $f'c=300\text{kg/cm}^2$, manteniendo la misma relación agua cemento.

En la elaboración de su concreto fresco, a medida que aumentaban el porcentaje (15%,30%, 45%) de PET al concreto, la consistencia (slump) de la mezcla disminuye de 4" (según diseño) a 2", reduciendo su trabajabilidad consideradamente. (Pietrobelli; 2010)

En esta investigación, Gaggino recicla residuos plásticos para la fabricación de componentes constructivos. Los materiales que utilizaron fueron: polietileno tereftalato, procedente de envases descartables de bebidas; y films de plásticos varios: polietileno, polipropileno violentado y poli cloruro de vinilo, procedentes de embalajes de alimentos reciclados, estos datos fueron ensayados en la Universidad de Córdoba y en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), el cual al terminar los ensayos se llegaron a conclusiones que la resistencias a la compresión es menor a las habituales, pero suficientes para estructuras que no soportan grandes esfuerzos.

Respecto a sus pesos unitarios del concreto normal y concreto con material reciclable hay una disminución lo que hace que sea un concreto menos pesado.

Trabajabilidad del concreto disminuye al incorporar % de Pet (Polietileno Tereftalato) a la mezcla. (Gaggino, 2008).

En sus estudios, Méndez describe hacer una propuesta para poder sustituir agregados pétreos por agregados Pet, para diseño de una mezcla de concreto con resistencia de $210\text{kg}/\text{cm}^2$ con lo cual se logró obtener un agregado Grueso Plástico, con una semejanza en su totalidad a la de un agregado Pétreo natural.

Dado los resultados obtenidos en cada probeta de concreto ensayada, se puede concluir que se obtuvieron resultados exitosos, esto se observó en las tres mezclas de concreto 90%-10%, 80%-20%, y 70%-30%, de agregados Pétreos Naturales con Agregados Plásticos, la resistencia varia en días, entiéndase que mientras más agregado Plástico se le agregara a la mezcla, tardará de dos a tres días más en llegar a la resistencia máxima buscada. Por ser el concreto un material constituido por diferentes componentes, su calidad final, tanto en estado fresco como en estado endurecido, depende fundamentalmente de la calidad de los materiales empleados en su elaboración. (Méndez ,2012).

En sus estudios tratan de usar un Agregado alternativo para la fabricación de bloques y adoquines en base a polietileno tereftalato (PET).

En conclusión de sus ensayos hechos a mayor agregado Pet agregado al diseño de mezcla la resistencia del concreto disminuye lo cual dicho concreto no sirve para elementos estructurales pero si para elementos que no soportan grandes esfuerzos. (Cañizares & Moreno ,2011).

En su estudio describe información sobre el estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plástico y llantas.

Nos da a conocer que el manejo del diseño de las mezclas disminuye con la adición de materiales de reciclaje. Este fenómeno se observó especialmente en la mezcla con plástico PET, ya que, en su caso, cuando se utilizó una relación agua/cemento, correspondiente a una mezcla de resistencia moderada, se obtuvo un valor de asentamiento de 1 cm únicamente.

En conclusión nos dice que el diseño de mezclas con materiales de reciclaje, estudiadas presentan características aptas para usos no estructurales; sin embargo, poseen la ventaja de ser un método de mitigación de daños ambientales producidos por este tipo de desechos. (Hernández ,2011).

2.1.2. Nacionales.

En sus estudios realizados describe la información sobre la comparación de elementos fabricados de concreto convencional y concreto con material reciclable Pet (Polietileno Tereftalato), hechos por Rony Alberto Benites & Santos Alejandro Bernilla, desarrollados en la zona de Chiclayo llegando a obtener los siguientes resultados.

Ellos obtuvieron las siguientes dosificaciones: para un $f'c$: 210+10% PET (1 : 1.94 : 2.90 : 0.1), para un $f'c$: 210+25 PET (1 : 1.62 : 2.90 : 0.32) y para un $f'c$: 210+50% PET (1 : 1.08 : 2.90 : 0.64), llegando a obtener resistencias similares a los del concreto convencional al 10 % y 25 % de PET pero con una ligera disminución en su resistencia pero que aún está por encima de la resistencias de diseño, siendo no favorable el uso del PET al 50%.

Es por ello que el análisis comparativo se realizó a la dosificación con el 25 % de PET, la cual encapsula 97.06 kg para un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$

También evaluaron la resistencia a la compresión a los 7, 14,28 días entre el concreto convencional y el concreto Pet el cual observaron que disminuye un 9.97% para un

$f'c=210\text{kg/cm}^2$, manteniendo la misma relación agua cemento.

Durante la elaboración de su concreto fresco, a medida que aumentaban el porcentaje (10%,25%, 50%) de PET al concreto, la consistencia (slump) de la mezcla disminuye de 4" (según diseño) a 1.5", reduciendo su trabajabilidad considerablemente.

El contenido de aire sufre un ligero incremento alrededor de 47.05%, en el Concreto de

$f'c=210\text{kg/cm}^2$, esto hace que la resistencia del concreto sea menor a la del concreto convencional y hace que el concreto sea más liviano.

2.2.-Bases Teóricas.

2.2.1.-Características del concreto convencional.

El concreto es un material pétreo artificial, no homogéneo, constituido por la mezcla apropiada de cemento, agregados finos (arena), agregados gruesos (piedra chancada) y agua, con la eventual incorporación de aditivos.

El concreto convencional debe cumplir con los requisitos de trabajabilidad, consistencia, resistencia, durabilidad y economía. Estas características no son independientes entre sí, sino están estrechamente ligadas, dependen fundamentalmente de la relación agua-cemento, de la calidad de los agregados, de sus proporciones y de la forma como se efectúa su preparación, colocación y curado. (Hernández ,2011)

2.2.2.-Características del concreto PET.

El Concreto PET es un material con los mismos componentes del Concreto convencional (cemento, agregados, agua), difiere de éste al sustituir parte del agregado fino por polietileno de tereftalato (PET). (Hernández ,2011).

2.2.3.-Agregados.

Son materiales pétreos naturales, granulares sin forma y volumen definido, que por lo general son inertes. Por su tamaño los agregados pueden clasificarse en finos y gruesos, determinado por el tamaño de mayor predominio usando como referencia un tamiz como límite.

Son conocidos también como áridos, constituyen alrededor del 75% en volumen de una mezcla típica de concreto, razón por la cual sus características resultan tan importantes para la calidad final de la mezcla.

Las características de los agregados empleados en el concreto deberán ser aquellas que beneficien el desarrollo de las propiedades del concreto.

Los agregados desarrollan propiedades tales como la trabajabilidad, la exigencia del contenido del cemento, la adherencia con la pasta y el desarrollo de las resistencias mecánicas, entre otras. (Méndez ,2012)

2.2.4.-Propiedades principales de los agregados

2.2.4.1.-Granulometría.

Se define como la distribución del tamaño de las partículas, que se determina haciendo pasar una muestra representativa del material por una serie de tamices ordenados por abertura, de mayor a menor.

Se relaciona directamente con la trabajabilidad del concreto, y así con todas las propiedades ligadas a ésta. En esto radica la importancia de estudiar la granulometría de los agregados.

La granulometría de la arena tiene mayor influencia sobre la trabajabilidad que el agregado grueso en razón de su mayor valor de superficie específica. (Hernández ,2011).

2.2.4.2.-Tamaño Máximo.

Se entiende por tamaño máximo de un agregado a la abertura del tamiz o malla menor a través del cual debe pasar como mínimo el 95% ó más del material cernido. (Hernández ,2011)

2.2.4.3.-Peso Unitario.

Es el que se toma como volumen de referencia. Existen dos clases: el suelto, el cual se determina al dejar caer libremente el agregado dentro del recipiente, y el compacto: el material se compacta de modo similar a como se hace con el concreto. (Hernández ,2011).

2.2.4.4.-Peso Específico.

Es el peso de un cuerpo dividido entre su volumen. Los materiales granulométricos tienen dos tipos de pesos específicos: el aparente, que es el peso de un conjunto de agregados dividido entre su volumen incluyendo los espacios vacíos entre granos, y el absoluto: peso de un grano dividido entre su volumen. (Hernández ,2011).

2.2.4.5.-Humedad y Absorción.

Es la diferencia entre el peso del material húmedo y el mismo, secado al horno. Se suele expresar como porcentaje en peso, referido al material seco. Esta se encuentra en los agregados de dos maneras diferentes: uno es rellenando los poros y micro poros internos de los granos, y la otra es como una película envolvente más o menos gruesa. Hernández (2011),

2.2.4.6.-Segregación.

Cuando se manejan agregados en los que hay presencia de granos con tamaños muy contrastantes, se puede presentar tendencia a su separación, en lo que denominamos segregación del agregado, lo cual generaría concreto de calidad heterogénea y dudosa.

La tendencia a la segregación se contrarresta manejando los agregados en fracciones separadas, de acuerdo a su tamaño, que solo se combinan en el momento del mezclado. A veces la naturaleza produce gradaciones granulométricas combinadas, con gruesos y finos, y que teóricamente podrían ser adecuadas para usarse directamente como agregados. (Hernández ,2011).

2.2.4.7.-Impurezas.

Al agregado los puede acompañar algunas impurezas perjudiciales, la mayoría de origen natural y acompañando a la arena. Las especificaciones normativas establecen límites para estas impurezas.

La materia orgánica en descomposición puede producir trastornos en las reacciones del cemento. El fraguado puede ser alterado, e incluso impedido, como es el caso en presencia de abundantes azúcares.

Otras impurezas importantes son las sales naturales, entre las cuales, las más frecuentes son el Cloruro de sodio y el sulfato de calcio, o yeso, o bien las sales procedentes de efluentes industriales, que pueden tener una composición muy variada. (Hernández ,2011).

2.2.4.8.-Forma de Partículas y Textura superficial.

La forma de partícula y la textura superficial de un agregado influyen más en las propiedades del concreto fresco, que en las propiedades del concreto endurecido. Para producir un concreto trabajable, las partículas alongadas, angulares, de textura rugosa necesitan más agua que los agregados compactos, redondeados y lisos.

Sin embargo, con una granulometría satisfactoria, los agregados triturados y no triturados generalmente dan la misma resistencia para el mismo factor de cemento, los agregados pobremente graduados o angulares pueden ser también más difíciles de bombear. La adherencia entre la pasta de cemento y un agregado generalmente aumenta a medida que las partículas cambian de lisas y redondeadas a rugosas y angulares. (Hernández ,2011).

2.2.5-Cemento.

Se denomina cemento a un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas que posteriormente son molidas, y tiene la propiedad de endurecer al contacto con el agua.

Mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétreo, denominada hormigón (en España, parte de Sudamérica y el Caribe hispano) o concreto (en México y parte de Sudamérica). Su uso está muy generalizado en construcción e ingeniería civil.

El cemento es un Clinker finamente pulverizado, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contiene cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones, previamente establecidas, para lograr las propiedades deseadas. (Hernández ,2011).

A.-PROCESO DE FABRICACIÓN

El proceso de fabricación empleado en determinada planta productora de cemento varía de acuerdo con sus circunstancias particulares, pero en general todas realizan las siguientes 6 etapas:

1.-Explotación de materias primas: este procedimiento se hace de acuerdo a las normas y parámetros convencionales. Dependiendo de la dureza de los materiales se usan explosivos y trituración posterior, en otros casos el simple arrastre es suficiente. Una vez extraídos los materiales de las respectivas canteras, se lleva a un proceso de trituración primaria para obtener tamaños máximos de 1". Los materiales que no requieran trituración se llevan a un lugar de almacenamiento [Instituto del Concreto, 1997].

2.-Dosificación, molienda y homogenización de materias primas: las materias primas seleccionadas se trituran, muelen y dosifican de tal manera que la mezcla resultante tenga la composición química deseada. Se puede utilizar un proceso seco o húmedo. En el proceso seco, la molienda y el mezclado se realizan con materiales secos. [Instituto del Concreto, 1997].

3.-Clinkerización: Luego del mezclado, la materia prima molida se alimenta por el extremo superior de un horno, pasa a una velocidad que se controla por medio de la pendiente y la velocidad rotacional del horno.

En el extremo inferior del horno el combustible para calcinar es inyectado; donde las temperaturas de 1420°C a 1650°C transforman químicamente a la materia prima en clínker de cemento, que tiene la forma de pelotillas negro-grisáceas de 12 mm de diámetro [Instituto del Concreto, 1997].

4.-Enfriamiento: el material transformado en clínker debe ser enfriado rápidamente a 70°C para garantizar que el cemento fabricado, después de fraguado, no presente cambio de volumen.

5.-Molienda de Clínker, adiciones de yeso: en este proceso se transforma el clínker en polvo y se agregan las adiciones (puzolanas o escoria de alto horno). Luego se introduce el yeso, se muele tan finamente que casi en su totalidad logra pasar la malla No. 200 y así se hace obtiene el cemento Pórtland propiamente dicho. El yeso es indispensable para controlar el endurecimiento del cemento una vez entra en contacto con el agua, porque cuando su cantidad es muy baja el endurecimiento puede ocurrir de manera instantánea.

6.-Empaque y distribución: el cemento resultante del molino se transporta en forma mecánica o neumática a silos de almacenamiento y posteriormente se empaca en bultos. También se puede descargar directamente en carros cisternas para su distribución a granel [Instituto del Concreto, 1997].

B.-Clasificación:

Tabla 1: Tipos de cementos Portland.

Tipo de cemento	Características
Tipos I	Portland normal
Tipos II	Portland moderada resistencia a los sulfatos
Tipos III	Portland fraguado rápido, alta resistencia inicial.
Tipos IV	Portland bajo calor de hidratación
Tipos V	Portland alta resistencia a los sulfatos

Fuente : (Según La Norma Astm C – 150)

C.-Propiedades físicas y química.

Los cementos pertenecen a la clase de materiales denominados aglomerantes en construcción, como la cal aérea y el yeso (no hidráulico), el cemento endurece rápidamente y alcanza resistencias altas; esto gracias a reacciones complicadas de la combinación cal – sílice. (Méndez ,2012).

Tabla 2: propiedades físicas y químicas del cemento.

Químicas	Físicas
Modulo Fundente	Superficie Específica
Compuestos Secundarios	Tiempo de Fraguado
Perdida por Calcinación	Falso Fraguado
Residuo Insoluble	Estabilidad de Volumen
	Resistencia Mecánica
	Contenido de Aire
	Calor de Hidratación

Fuente: (Instituto del Concreto, 1997)

E.-Peso específico.

Un saco de cemento portland pesa 42,5 kg y tiene un volumen de aproximadamente 1 pie cúbico (28,32 lt) cuando acaba de ser empacado.

Un cemento portland demasiado suelto puede pesar únicamente 833 kg/m, mientras que si se compacta por vibración, el mismo cemento puede llegar a pesar 1 ,650 kg/m. por este motivo, la práctica correcta consiste en pesar el cemento a granel para cada mezcla de concreto que se vaya a producir.

El peso específico del cemento Pacasmayo es de 3,15 gr/cm³. El peso específico de un cemento, determinado con la norma ASTM C-188 “método de ensayo estándar para densidad del cemento hidráulico” no es indicador de la calidad del cemento; su uso principal se tiene en los cálculos de proporción de mezclas.

El peso específico también se puede determinar por LA NTP 334.005:1968 - cementos, “método de determinación del peso específico”. (Méndez ,2012).

F.-Cemento Pacasmayo Tipo I.

El cemento Tipo I es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de Clinker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado. (Méndez ,2012).

Propiedades

Mayores resistencias iniciales.

Menores tiempos de fraguado.

Aplicaciones

Obras de concreto y concreto armado en general.

Estructuras que requieran un rápido desencofrado.

Concreto en clima frío.

Productos prefabricados.

Pavimentos y cimentaciones.

2.2.6.-El agua.

El agua es otro elemento importante en la elaboración del concreto, empleándose en su amasado y curado, así como en el lavado de los agregados.

Como componente del concreto convencional, el agua suele representar aproximadamente entre 10 y 25 por ciento del volumen del concreto recién mezclado, dependiendo del tamaño máximo de agregado que se utilice y del revenimiento que se requiera.

El agua que se añade junto a distintos materiales al elaborar el concreto, tiene las siguientes funciones: Es el elemento por medio del cual el cemento desarrolla sus propiedades aglutinantes, experimentando reacciones químicas y dándole a la vez las características principales de hidratación, fraguado y endurecimiento, actuar como lubricante, haciendo posible que la masa fresca sea trabajable, crear espacios en la pasta para los productos resultantes de la hidratación del cemento. (Méndez ,2012).

2.2.8.-PET.

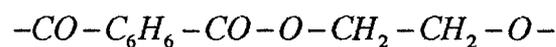
2.2.8.1.-Generalidades.

El PET, cuyo nombre técnico es Polietileno Tereftalato, fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J. T. Dickinson en 1941. Años más tarde, en 1951 comenzó la producción comercial de fibra de poliéster.

Desde entonces, la fabricación de PET ha presentado un continuo desarrollo tecnológico, logrando un alto nivel de calidad y una diversificación en sus empleos.

A partir de 1976 se emplea en la fabricación de envases ligeros, transparentes y resistentes, principalmente para bebidas, los cuales, al principio eran botellas gruesas y rígidas, pero hoy en día, sin perder sus excelentes propiedades como envase, son mucho más ligeros.

El PET se produce a partir del Ácido Tereftálico y Etilenglicol y su fórmula química es la siguiente.



Formula 1: Formula química del PET (CHAUSIN, 2002).

El PET es un material caracterizado por su gran ligereza, resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo, es una barrera contra los gases, es 100% reciclable y se identifica con el número uno, o las siglas PET, o "PETE" en inglés, rodeado por tres flechas en el fondo de los envases fabricados con este material, según el sistema de identificación SPI. En resumen, es un plástico de alta calidad con posibilidad de ser reutilizable. (Méndez ,2012).

2.2.8.2.-Definición de PET

Gracias a sus muchas cualidades como fuerza, ligereza, transparencia, brillo y reciclables, el PET es muy apreciada por los consumidores. Es sólo que el consumidor pueda identificar un producto que ofrece tantas ventajas y en el que confiar. Para hacer visible la posibilidad de recuperar un paquete a la "American Society of Plastics Industry" ha desarrollado un símbolo que se ha convertido en norma: las flechas tres interdirecionadas.

Este símbolo, junto con el sistema de numeración que identifica la naturaleza del material, permite la correcta identificación de PET. El sistema de numeración que se trate combina plásticos con números de 1-19.

El PET es identificado con el número 1

Este símbolo puede aparecer tanto en la impresión de envases con forma de tapa de la parte inferior de la misma.

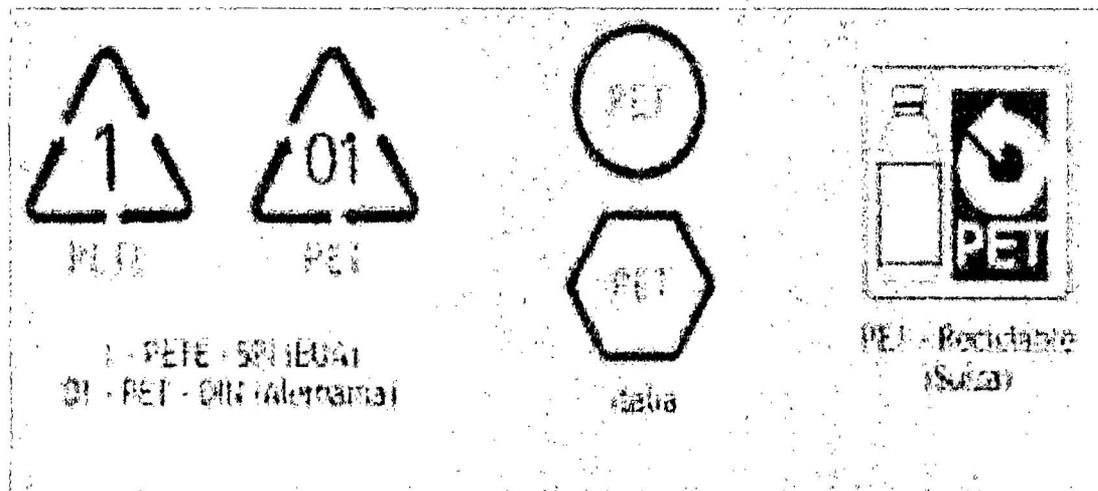


Figura 1: Sistema de Identificación de Envases PET.

Existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y cristalinidad. Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra, los de peso molecular medio, grado película y, de mayor peso molecular, grado ingeniería.

El Polietileno Tereftalato (PET) es un Poliéster Termoplástico y se produce a partir de dos compuestos principalmente: Ácido Tereftálico y Etilenglicol, aunque también puede obtenerse utilizando Dimetiltereftalato en lugar de Ácido Tereftálico.

Este material tiene una baja velocidad de cristalización y puede encontrarse en estado amorfo-transparente o cristalino.

El Polietileno Tereftalato en general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad. De acuerdo a su orientación presenta propiedades de transparencia y resistencia química. (Méndez (2012))

2.2.8.3.-Propiedades y características químicas del PET. (Méndez (2012))

Los plásticos son sustancias químicas sintéticas denominados polímeros, de estructura macromolecular que puede ser moldeada mediante calor o presión y cuyo componente principal es el carbono.

Estos polímeros son grandes agrupaciones de monómeros unidos mediante un proceso químico llamado polimerización.

Los plásticos proporcionan el balance necesario de propiedades que no pueden lograrse con otros materiales por ejemplo: color, poco peso, tacto agradable y resistencia a la degradación ambiental y biológica

De hecho, plástico se refiere a un estado del material, pero no al material en sí: los polímeros sintéticos habitualmente llamados plásticos, son en realidad materiales sintéticos que pueden alcanzar el estado plástico, esto es cuando el material se encuentra viscoso o fluido, y no tiene propiedades de resistencia a esfuerzos mecánicos.

Este estado se alcanza cuando el material en estado sólido se transforma en estado plástico generalmente por calentamiento, y es ideal para los diferentes procesos productivos ya que en este estado es cuando el material puede manipularse de las distintas formas que existen en la actualidad

Así que la palabra plástico es una forma de referirse a materiales sintéticos capaces de entrar en un estado plástico, pero plástico no es necesariamente el grupo de materiales a los que cotidianamente hace referencia esta palabra

Las propiedades y características de la mayoría de los plásticos (aunque no siempre se cumplen en determinados plásticos especiales) son estas

Fáciles de trabajar y moldear.

Tienen un bajo costo de producción

Poseen baja densidad.

Suelen ser impermeables.

Tabla 3: Propiedades físicas del PET

PROPIEDADES FISICAS	
Absorción de Agua - Equilibrio (%)	< 0,7
Densidad (g / cm ³)	1,3-1,4
Índice refractivo	1,58-1,64
Inflamabilidad	Auto extinguible
Resistencia los ultravioletas	Buena

Fuente: (Enciclopedia del Plástico 2000)

Tabla 4: Propiedades mecánicas del PET

PROPIEDADES MECANICAS	
Coefficiente de fricción	0.2-0.4
Dureza-Rocwell	94-101
Resistencia a la tracción (Mpa)	190-160
Resistencia al Impacto (Jm)	13-35

Fuente:(Enciclopedia del Plástico 2000)

2.2.8.4.-Obtención del PET.

El PET es una resina poliéster de glicol etilénico y ácido tereftálico. Se clasifica en función de la viscosidad intrínseca, la cual es directamente proporcional a su peso molecular y de la modificación polimérica que reduce la velocidad de cristalización y el punto de fusión.

La primera parte de la producción de plásticos consiste en la elaboración de polímeros en la industria química. Hoy en día la recuperación de plásticos post- consumidor es esencial también.

Parte de los plásticos terminados por la industria se usan directamente en forma de grano o resina. Más frecuentemente, se utilizan varias formas de moldeo (por inyección, compresión, rotación, inflación, etc.) o la extrusión de perfiles o hilos. Parte del mayor proceso de plásticos se realiza en un horno. (Méndez ,2012).

A.-Polimerización.

De manera industrial, se puede partir de dos productos intermedios distintos:

TPA -Ácido Tereftálico.

DMT –Dimetiltereftalato.

Mediante la esterificación la cual consiste en la eliminación de agua en el proceso del TPA y metanol en el proceso del DMT, se obtiene el monómero Bis-beta-hidroxi-etil-tereftalato, para posteriormente pasar a la fase de policondensación, la que se realiza mediante catalizadores y temperaturas elevadas arriba de 270° C, alcanzando así la polimerización de esta resina.

Cuando la masa del polímero ha alcanzado la viscosidad deseada, se romperá el vacío, introduciendo nitrógeno en el recipiente. En este punto se detiene la reacción y la presencia del nitrógeno evita fenómenos de oxidación.

La masa fundida, por efecto de una suave presión ejercida por el nitrógeno, es obligada a pasar a través de una matriz, en forma de hilos gruesos, cayendo en un recipiente con agua, donde se enfrían y consolidan.

Los hilos que pasan por una cortadora, se reducen a gránulos, los cuales, tamizados y desempolvados se envían al almacenamiento y fabricación.

El gránulo así obtenido es brillante y transparente porque es amorfo, tiene baja viscosidad, o sea un bajo peso molecular, volviéndolo apto para la producción de botellas. (Méndez ,2012).

B.-Cristalización.

La cristalización es el cambio de estructura de los polímeros semicristalinos, de estructura amorfa (transparente a la luz), a una estructura cristalina (opaca a la luz) que le confiere a la resina una coloración blanca lechosa.

El proceso industrial consiste en un tratamiento térmico a 130 - 160 °C, durante un tiempo que puede variar de 10 minutos a una hora. Con la cristalización, la densidad del PET pasa de 1,33 g/cm³ del amorfo a 1.4 del cristalino. (Méndez ,2012).

C.-Polimerización en estado sólido o Post polimerización.

Esta es una fase posterior de polimerización del PET. El granulo cristalizado es sometido a un flujo de gas inerte (nitrógeno) a temperatura elevada (sobre los 200 ° C). Este tratamiento crea una reacción de polimerización que aumenta el peso molecular de la resina hasta los valores correspondientes de índice de Viscosidad (0.72 – 0.86), idóneos para la fabricación de botellas. Esta resina contiene un elevado porcentaje de cristalinidad (> 50) con viscosidad Grado para Botella (“Bottle Grade”).

La fabricación de botellas PET consiste en un proceso de inyección-estirado-soplado.

Estas son sometidas a un proceso de calentamiento controlado y gradual y a un moldeado donde son estirados por medio de una varilla hasta el tamaño definitivo del envase. Por último son "soplados" inflados con aire a presión limpio hasta que toman la forma del molde.

Con este proceso, las moléculas se acomodan en forma de red, orientándose en dos direcciones; longitudinal y paralela al eje del envase, propiedad denominada biorientación la cual aporta la elevada resistencia mecánica del envase. (Méndez ,2012).

E.-Clasificación de los Polímeros.

Méndez (2012), Los polímeros de acuerdo a su aplicación, se clasifican en: Termoestables, Termoplásticos, Elastómeros y Fibras, como se indica en la Tabla 7

Tabla 5: Clasificación de los polímeros de acuerdo a su uso."

TIPO	MATERIAL	APLICACIONES
TERMOESTABLES	Resina Poliester	Encapsulado, laminas acanaladas
	Resina fenolitica	Apagadores de luz
	Resina Melaminica	Vajillas
	Poliuretano	Colchones, espumas y rellenos de muebles
TERMOPLATICOS	Polietileno Tereftalato(PET)	Botellas, envases termoformados.
	Polietileno de baja densidad (LDPE/PEBD)	Bolsas
	Polietileno de alta densidad (HDPE/PEAD)	Bolsas tipo papel, tuberías, cubiertas, botellas.
	Cloruro de vinilo(PVC)	Juguetes, tuberías, cable electrico,mangeras.
	Polipropileno(PP)	Recipientes de comidas, sillas, películas.
	Poliestireno(PS)	Estuches de cosmeticos, envases termoformados.
ELASTOMEROS	Acrlitrilo-butadieno-estireno	Carcasas de teléfonos, licuadoras, máquina de escribir.
	Nylon	Engranajes, rueda de patines.
	Caucho sintético, látex neopreno.	Neumáticos, guantes, trajes especiales impermeables.
FIBRAS	Poliamidas y Poliésteres.	Tejidos impermeables, mallas de invernaderos.

Fuente: Enciclopedia del Plástico 2000"

2.9.- Diseño de mezclas (Método ACI)

El método utilizado para realizar los diseños de mezcla de concreto de referencia para $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ utilizando la piedra triturada como agregado grueso, es el American Concrete Institute elaborado por el Comité ACI 211. El método americano ACI es el más conocido y ampliamente usado, fundamentado en el principio básico de la relación agua/cemento desarrollado por Abrams, que consiste en seguir en forma ordenada una secuencia de pasos y determinar la cantidad de cada material en peso y en volumen, para 1m^3 de concreto

A. RECAUDAR EL SIGUIENTE CONJUNTO DE INFORMACIÓN.

De los agregados: peso específico, absorción, humedad, peso unitario, granulometría, módulo de finura.

Del PET (Polietileno): peso específico, absorción, humedad, peso unitario, granulometría, módulo de finura

Del cemento: tipo peso específico, peso unitario.

Del elemento a vaciar: tamaño y forma de las estructuras.

Resistencia a la compresión: especificada y requerida.

B. DETERMINAR LA RESISTENCIA REQUERIDA.

Esta resistencia va estar en función a la experiencia del diseñador o la disponibilidad de información que tenga el mismo, pero siempre vamos a tener que diseñar para algo más de resistencia de tal manera que solo un pequeño porcentaje de las muestras (normalmente el 1%, según el ACI) puedan tener resistencias inferiores a la especificada, como se muestra en la siguiente figura:

Tabla 6: Resistencia requerida.

f'_c especificado	f'_{cr} (kg/cm^2)
< 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
> 350	$f'_c + 98$

Fuente :(según ACI-211)

C. SELECCIONAR EL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO.

La mayoría de veces son las características geométricas y las condiciones de refuerzo de las estructuras las que limitan el tamaño máximo del agregado que pueden utilizarse, pero a la vez existen también consideraciones a tomar en cuenta como la producción, el transporte y la colocación del concreto que también pueden influir en limitarlo.

El TMN del agregado grueso no deberá ser mayor de:

- ✓ 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados.
- ✓ 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, torones o ductos de pre-esfuerzo.
- ✓ 1/3 del peralte de las losas

Estas limitaciones a menudo evitan si la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto puede colocarse sin dejar zonas o vacíos en forma de panal.

D. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO.

Si el asentamiento no se encuentra especificado entonces se puede partir con los valores indicados. (Tipo de estructura)

Tabla 7: Selección del asentamiento (Slump)

Tipos de Construcción	Asentamiento (cm)	
	Máximo*	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	8	2
Zapatas, cajones de cimentación y muros de sub-estructuras sencillos	8	2
Vigas y muros reforzados	10	2
Columnas para edificios	10	2
Pavimentos y losas	8	2
Concreto masivo	8	2

Fuente :(según ACI-211)

E. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE.

El ACI 211 establece una tabla que proporciona aproximadamente el porcentaje de contenido de aire atrapado en una mezcla de concreto en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso. La tabla 3 indica la cantidad aproximada de contenido de aire atrapado que se espera encontrar en concretos sin aire incluido.

En el caso del contenido de aire incorporado también presenta una tabla indicando valores aproximados en función además de las condiciones de exposición, suave, moderada y severa.

Tabla 8: Determinación del contenido de aire atrapado

TNM del AGREGADO GRUESO	Contenido de aire total (%)		
	Exposición suave	Exposición moderada	Exposición severa
3/8"	4.5	6	7.5
1/2"	4	5.5	7
3/4"	3.5	5	6
1"	3	4.5	6
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2	4	5
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1	3	4

Fuente :(según ACI-211)

Tabla 9: Determinación del contenido de aire total.

TNM del AGREGADO GRUESO	Aire atrapado%
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Fuente :(según ACI-211)

F. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA.

La cantidad de agua (por volumen unitario de concreto) que se requiere para producir un asentamiento dado, depende del tamaño máximo de agregado, de la forma de las partículas y gradación de los agregados y de la cantidad de aire incluido.

Tabla 10: Determinación del volumen de agua

Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para TNM agregados y consistencia							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto Sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	x
Concreto Con Aire Incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154	x

G.-SELECCIONAR LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO

La relación a/c requerida se determina no solo por los requisitos de resistencia, sino también por los factores como la durabilidad y propiedades para el acabado

Tabla 11: Selección de la relación agua - cemento

f'cr	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	x
450	0.38	x

Fuente :(según ACI-211)

H.-CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Se obtiene dividiendo los valores hallados en los pasos (F) / (G)

J.-CÁLCULO DE LOS PESOS DE LOS AGREGADOS.

Está en función del método de diseño específico a emplear o basado puntualmente en alguna teoría de combinación de agregados.

K.-PRESENTAR EL DISEÑO DE MEZCLA EN CONDICIONES SECAS.

Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

Tabla 12: Peso del agregado grueso por unidad de Volumen del concreto

Tamaño máximo del agregado		Volumen de agregado varillado en seco, por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de la arena			
		2.4	2.6	2.8	3
Mm	Plg.				
9.5	3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
19	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
38	1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
75	3"	0.82	0.8	0.78	0.76
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla 13: Módulo de fineza de la combinación de agregados

TNM del agregado grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados el cual da las mejores condiciones de trabajabilidad para distintos contenidos de			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente :(según ACI-211)

L.-CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL DISEÑO DE MEZCLA EN ESTADO SECO.
Hay que tener en cuenta la humedad de los agregados para pesarlos correctamente. Generalmente los agregados están húmedos y a su peso seco debe sumarse el peso del agua que contienen, tanto absorbida como superficial.

Formula 2: Corrección por humedad del diseño de mezcla en estado seco

$$\text{Peso Agregado Húmedo} = \text{Peso Agregado Seco} * (1 + C.H (\%))$$

Donde

C.H. (%): Contenido de humedad del agregado.

M.-CÁLCULO DEL AGUA EFECTIVA

El agua a utilizarse en la mezcla de prueba debe incrementarse o reducirse en una cantidad igual a la humedad libre que contiene el agregado, esto es, humedad total menos absorción. Para esto se utilizará la siguiente formula

Formula 3: Aporte de humedad agregados

$$\text{Aporte Hum. Agregados} = \text{Peso Agregado seco} * (\%C.H - \% \text{Absorción})$$

Formula 4: Cálculo del agua efectiva

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Agua de Diseño} - \text{Aporte Humedo. Agregados}$$

N.-Presentar el diseño de mezcla en condiciones húmedas.

Realizar los ajustes a las mezclas de pruebas

Para obtener las proporciones de la mezcla de concreto que cumpla con las características deseadas, con los materiales disponibles.

Se prepara una primera mezcla de prueba con unas proporciones iniciales que se determinan siguiendo los pasos que a continuación se indican.

A esta mezcla de prueba se le mide su consistencia y se compara con la deseada: si difieren, se ajustan las proporciones.

Se prepara, luego, una segunda mezcla de prueba con las proporciones ajustadas, que ya garantiza la consistencia deseada; se toman muestras de cilindro de ella y se determina su resistencia a la compresión; se compara con la resistencia deseada y si difieren, se reajustan las proporciones.

Se prepara una tercera mezcla de prueba con las proporciones reajustadas que debe cumplir con la consistencia y la resistencia deseada; en el caso de que no cumpla alguna de las condiciones por algún error cometido o debido a la aleatoriedad misma de los ensayos, pueden ser ajustes semejantes a los indicados hasta obtener los resultados esperados

PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS CON LAS QUE DEBE CONTAR UN CONCRETO ELABORADO EN LABORATORIO.

1.-Trabajabilidad

La facilidad de colocar, consolidar y acabar al concreto recién mezclado se denomina trabajabilidad

El concreto debe ser trabajable pero no se debe segregar excesivamente. El sangrado es la migración del agua hacia la superficie superior del concreto recién mezclado provocada por el asentamiento de los materiales como arena y piedra dentro de la masa.

2.-Resistencia.

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm^2) a una edad de 28 días se le designe con el símbolo ($f'c$), el cual significa resistencia a la compresión.

La resistencia del concreto a la compresión es una propiedad física fundamental, y es frecuentemente empleada en los cálculos para diseño de puente, de edificios y otras estructuras. El concreto de uso generalizado tiene una resistencia a la compresión entre 210 y 350 kg/cm^2 .

La resistencia a la compresión se puede utilizar como índice de la resistencia a la flexión, vez que entre ellas se ha establecido la relación empírica para los materiales y el tamaño del elemento en cuestión.

El valor de la resistencia a la tensión del concreto es aproximadamente de 8% a 12% de su resistencia a compresión y a menudo se estima como 1.33 a 1.99 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión.

Los principales factores que afectan a la resistencia son la relación Agua- Cemento y la edad, o el grado a que haya progresado la hidratación.

3.-Consistencia:

Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada

4.-Segregación:

Es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del Agregado Grueso del Mortero.

Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, etc. La segregación es una función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda es esta y menor cuando más seca lo es.

En el proceso de diseño de mezclas, es necesario tener siempre presente el riesgo de segregación, pudiéndose disminuir este, mediante el aumento de finos (cemento o Agregado fino) de la consistencia de la mezcla.

Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas.

La segregación ocurre cuando parte del concreto se mueve más rápido que el concreto adyacente, por ejemplo, el traqueteo de las carretillas con ruedas metálicas tiende a producir que el agregado grueso se precipite al fondo mientras que la lechada asciende a la superficie

5.-Exudación:

(Estado Plástico): Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. Este fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado.

La exudación puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, de un exceso de agua en la misma, de la utilización de aditivos, y de la temperatura, en la medida en que a mayor temperatura mayor es la velocidad de exudación.

La exudación es perjudicial para el concreto, pues como consecuencia de este fenómeno la superficie de contacto durante la colocación de una capa sobre otra puede disminuir su resistencia debido al incremento de la relación agua cemento en esta zona.

6.-Durabilidad:

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufridos por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación.

7.-Curado.

Es un proceso mediante el cual se logra la conservación de la temperatura y humedad del concreto fresco colocado, durante algún periodo, para asegurar una hidratación adecuada y endurecimiento apropiado del concreto.

8.-Fraguado:

Es el proceso de hidratación de los distintos componentes de un aglomerante hidráulico por el cual esta adquiere una mayor consistencia puesta en evidencia por ensayos específicos.

Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras y resistentes.

2.10.- Definición de términos básicos.

Aglomerante o conglomerante.

Materiales que, en estado pastoso y con consistencia variable, tienen la propiedad de poderse moldear, de adherirse fácilmente a otros materiales, de unirlos entre sí, protegerlos, endurecerse y alcanzar resistencias mecánicas considerables. (Méndez ,2012).

Agregado.

Material granular, de origen natural o artificial, como arena, arena, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico. (Méndez ,2012),

Agrietamiento o figuración.

Fenómeno que se genera cuando el concreto se contrae y expande con los cambios de humedad y temperatura, y se deforma dependiendo de la carga y de las condiciones de apoyo. (Méndez ,2012).

Cemento.

Mezcla de Caliza y Arcilla, sometida a calcinación y molida, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua y se usa como aglomerante en morteros y concretos. (Méndez ,2012)

Concreto endurecido.

Después de que el concreto ha fraguado, empieza a ganar resistencia y endurece. Las propiedades del concreto endurecido son la resistencia y durabilidad. (Méndez Silva ,2012).

Concreto expuesto.

Concreto que cuya superficie se encuentra en contacto directo con el medio ambiente. (Concreto caravista). (Méndez ,2012).

Concreto fresco.

Es aquel recién preparado cuyo estado es plástico y moldeable en el cual no se produce el fraguado ni el endurecimiento y adopta la forma del encofrado. (Méndez ,2012).

Concreto simple.

Concreto estructural sin armadura de refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para el concreto reforzado. (Méndez ,2012).

Curado del concreto.

Tratamiento que se da al concreto, mortero, etc.

Después de su colocación a fin de mantener húmedas sus superficies, lo cual impide la rápida evaporación del agua de amasado. Esta tarea suaviza la retracción del material y evita su agrietamiento por desecación brusca. (Méndez ,2012).

Diseño de mezcla.

Proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que forman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados. (Méndez ,2012).

Dosificación.

Implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen al concreto, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas. (Hernández ,2011).

Durabilidad.

Habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, la abrasión, o cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzca deterioro del concreto. (Hernández ,2011).

Espécimen.

Muestra o ejemplar. (Hernández ,2011).

Exudación.

Ascensión de agua de amasado hacia la superficie del concreto fresco tras la separación de esta de la pasta de cemento.(Hernández ,2011).

Hidratación.

Reacción fisico-química que se produce al mezclar una sustancia con el agua, como los aglomerantes, dando lugar a nuevas sustancias y compuestos. (Hernández ,2011).

Intemperismo.

Acción combinada de procesos (climáticos, biológicos, etc.) mediante los cuales el concreto o la superficie del concreto es descompuesto y desintegrado por la exposición continua a los agente atmosféricos. (Hernández ,2011).

Resistencia.

Capacidad de un material de presentar oposición, en mayor o menor grado, frente a las fuerzas aplicadas sobre el mismo, sin sufrir deformaciones o rotura. (Hernández ,2011).

Polímero:

Macromoléculas formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeras. (Hernández ,2011).

Resinas:

Sustancias que sufren un proceso de polimerización o secado dando lugar a productos sólidos siendo en primer lugar líquidas. (Hernández ,2011).

PET (Polietileno tereftalato)

El PET es un producto transparente, resistente y ultraligero. (Méndez ,2012).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El área de estudio fue la zona urbana de la Provincia de Jaén, con coordenadas geográficas $X=745625.38$ y $Y=9363329,41$. La extensión aproximada del área urbana es de 527.25 Km². En la Provincia de Jaén, la disposición de residuos sólidos constituye un problema de difícil solución, parte de estos residuos sólidos son enterrados en los botaderos de basura que están en diferentes puntos de la ciudad, lo cual no es una alternativa razonable desde el punto de vista ambiental, ya que dichos residuos son degradables a largo plazo. El estudio abarcó lugares donde se encontraba la mayor presencia de residuos sólidos de PET (Poliétileno Tereftalato), en este caso fue obtenido de la recolección de botellas descartables realizado en distintas zonas marginales donde existían botaderos informales, en las calles de la ciudad las cuales contaminan el medio ambiente.

3.2.-TIEMPO EN EL CUAL SE REALIZO LA INVESTIGACION.

El proyecto de investigación se desarrolló en los meses de septiembre y octubre.

3.3.- MATERIALES:

Agregados.

Se tendrá especial cuidado en seleccionar la procedencia de los materiales, tienen que estar aptos para su uso, libres de impurezas y de partículas orgánicas; los agregados serán obtenidos de la cantera (Arenera Jaén), ubicado en la Provincia de Jaén, Departamento Cajamarca .

El cemento será Portland tipo I y el material Nuevo a utilizar como agregado fino (PET) será recolectado de las distintas instituciones que recolectan los residuos sólidos ,zonas marginales donde existen botaderos informales, calles de la ciudad las cuales contaminan el medio ambiente.

Agua: Se empleó agua potable presente en la zona.

Computadora, software: Microsoft office Excel, Microsoft office Word, AutoCAD versión 2011, Cámara digital.

3.4.- HERRAMIENTAS.

En la figura 2 se muestra los moldes cilíndricos de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura utilizados para la elaboración de los especímenes de concreto. NTP 339.034:2008.

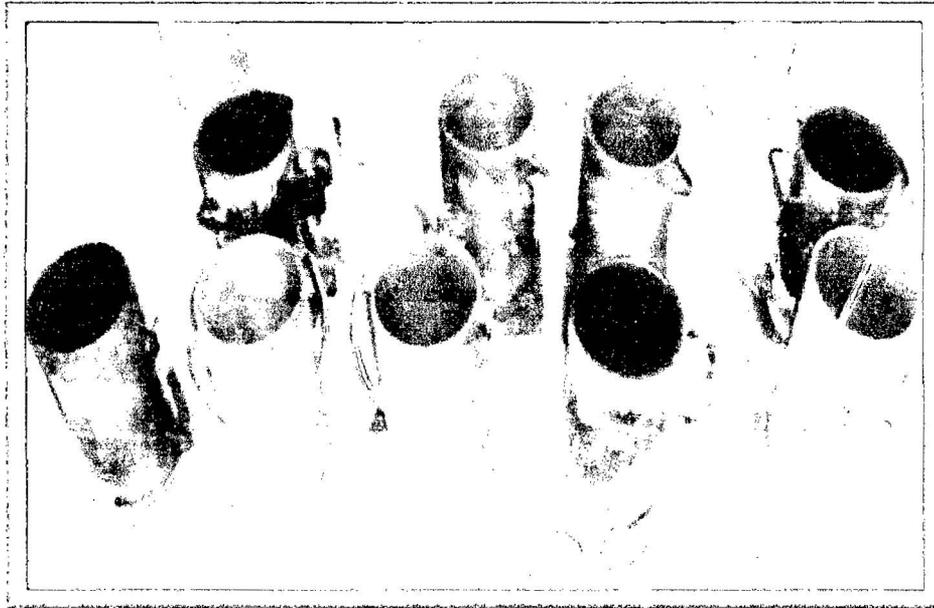


Figura 02: Moldes cilíndricos.

En la figura 3 se muestra las diversas herramientas empleadas en la elaboración de muestras de concreto y ensayo de materiales (tamices, picotas, horno, taras, etc.)



Figura 03: Se muestra balanzas, tamices.

3.5.- EQUIPOS:

En la figura 4 se muestra la Máquina de rotura de testigos de concreto a compresión, el cual su uso es manual.

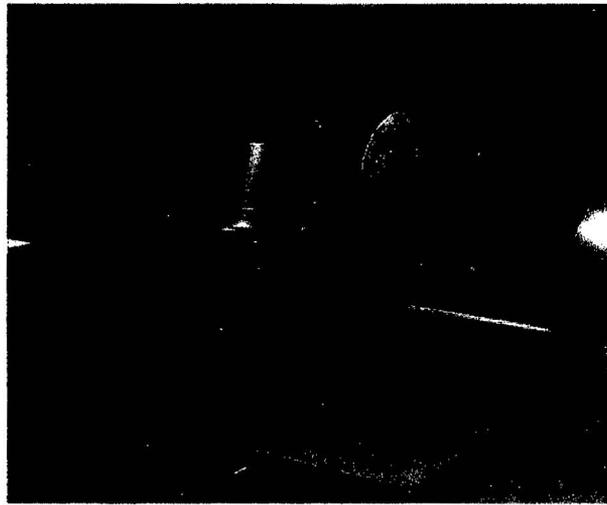


Figura 04: Máquina de rotura de testigos a compresión.

3.6.- METODOLOGÍA:

Fase de campo: Se visitó la Arenera Jaén para adquirir dichos materiales como son (Agregado Fino y Agregado Grueso), para el diseño del experimento, seguido se inició con la recolección de botellas descartables (PET), en las distintas zonas marginales de la ciudad de Jaén, y también en botaderos formales o botaderos informales.

Fase de laboratorio: El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), NTP (Normas Técnicas Peruanas), estipula los ensayos que deben realizarse a los agregados para ver si son utilizados como material en el diseño de mezclas, los ensayos realizados fueron: Humedad natural, Absorción, Peso específico de Masa, Modulo de Finesa, Tamaño Máximo del Agregado, Peso Unitario Suelto, Peso Unitario Varillado, Ensayo a la Compresión.

Fase de Gabinete: Con los resultados de los ensayos de las propiedades de los agregados, se procedió a determinar el diseño de mezclas del Concreto Convencional que sirvió de base para desarrollar el concreto con material reciclado Pet (Polietileno Tereftalato), solo que los valores del agregado fino se modificaban según el porcentaje de Pet que se le adicionaba.

En éste trabajo se propone una metodología simple no probabilístico para evaluar la resistencia a la compresión.

La metodología utilizada para determinar las propiedades fisico-mecánicas de los Agregados fue tomada de la norma E-060 del Reglamento Nacional de Edificaciones y N.T.P.

3.7.-TIPO DE INVESTIGACION:

En el presente estudio se realizó una investigación experimental-descriptiva, ya que se hizo uso de un laboratorio particular y el laboratorio de la UNC-Jaén para luego describir los resultados, se evaluaron la Resistencia a la Compresión de un concreto convencional y un concreto PET (Polietileno Tereftalato), en la ciudad de Jaén.

La investigación se centró en describir y comparar los resultados que obtengamos del laboratorio con la norma E-060, establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones Y N.T.P (Norma Técnica Peruana), la metodología empleada para la realización del presente estudio será la utilización exclusivamente de laboratorio sacando las respectivas muestras para su posterior estudio.

La cantidad de muestras ensayadas son 36 correspondientes a muestras cilíndricas de 30cm de largo y 15 cm de diámetro.

Desarrollando dos pruebas a la compresión de concreto convencional y concreto con material PET.

Tabla 14: Ensayos de compresión al concreto convencional.

PRUEBA N°1: CONCRETO CONVENCIONAL		
Tiempo de rotura	Dosis de Pet(%)	N° de muestras
7	0	3
14	0	9
28	0	9

Tabla 15: Ensayos de compresión al concreto PET.

PRUEBA N°2		
CONCRETO CON PET(POLIETILENO TEREFTALATO)		
Tiempo de rotura	Dosis de Pet(%)	N° de muestras
7	15	3
14	15	3
28	15	3
7	30	3
14	30	3
28	30	3
7	45	3
14	45	3
28	45	3

3.8.- ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO.

3.8.1.- AGREGADO FINO:

A. Análisis granulométrico (NTP 400.012; 2013, ASTM C 136).

Resumen del Método.

Este método cubre la determinación de la distribución por tamaño de las partículas de agregado fino mediante tamizado. Una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

Materiales.

Balanza. Con aproximación y exacta de 0.1 gr o 0.1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

Tamices. Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado.

Horno: Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Procedimiento.

- a. Se toma el agregado fino y se cuartea para obtener una muestra de aproximadamente 600 gramos.
- b. Se seca la muestra a una temperatura constante de 110 ± 5 °C y cuando el material este seco y frío, se toman 500 gramos.
- c. Se colocan las mallas en orden decreciente (No.4, 8, 16, 30, 50, 100, 200 y charola), se vierte la muestra de 500 gramos en la malla superior y se tapa.
- d. Se agitan las mallas ya sea en forma manual o con algún equipo mecánico por un periodo suficiente, que una vez terminado el cribado, no más del 1% en masa del material retenido en cualquier malla individual, pase por ella durante un minuto de cribado continuo a mano.
- e. Finalmente se determina y registra la masa retenida en cada malla vertiendo su contenido en la balanza, considerando que las partículas que hayan quedado atoradas en cada retícula forman parte del material retenido de la malla correspondiente, por lo que se reintegrará este material cepillando las mallas por el revés.
- f. La masa total del material después del cribado se debe checar con la masa original al inicio de la prueba. Si las cantidades difieren en más de un 0.3%, basado en la masa de la muestra seca inicial, los resultados no deben ser utilizados con fines de aceptación.

Cálculos.

1. Se realiza una tabla con cinco columnas.
2. En la primera columna se escriben los números de las mallas en orden decreciente.
3. En la segunda columna se anotan las masas retenidas en las respectivas mallas de la columna 1.
4. En la tercera columna se anotan los porcentajes del material retenido en cada malla, respecto a la masa total de la muestra, mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{Retenido} = \frac{W_N}{\sum W_T}$$

Donde:

% Retenido = porcentaje retenido en la malla N respecto a la masa original, en %.

W_N = masa del material retenido en la malla N, en gr.

$\sum W_T$ = suma de las masas retenidas de la columna 2, en gr.

5. En la cuarta columna se anotan los porcentajes retenidos acumulados de la siguiente manera:

% Retenido Acumulado = % Retenido en la malla N + % Retenido Acumulado en la malla anterior

6. En la columna cinco se anotan los porcentajes que pasa de la siguiente manera:

% Que pasa = 100 – % Retenido Acumulado en la malla N

7. El módulo de Finura se calcula de la siguiente manera:

El módulo de finura se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar (nombrados más abajo) y dividiendo la suma entre 100.

Los tamices especificados que deben usarse en la determinación del módulo de finura son: No. 100, No. 50, No. 30, No. 16, No. 8, No. 4, 3/8", 3/4", 1/2", 3" y de 6" y el módulo de finura será

$$M. F = \frac{\sum \text{del \% Retenido Acumulado en las mallas } 100, 50, 30, 16, 8}{100} \times 100$$

B. peso específico y absorción. (NTP 400.022; 2013, ASTM C 128).

1. Peso Específico de Masa.
2. Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca.
3. Peso Específico Nominal Aparente
4. Absorción.

Resumen del Método.

Esta NTP se aplica para determinar el peso específico seco, el peso específico húmedo saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción de agregado fino, a fin de usar estos valores tanto en el cálculo y corrección de diseños de mezclas, como el control de uniformidad de sus características físicas

Materiales.

Balanza: Sensible a 0.1% del peso medio y con capacidad de 1000 g. o más.

Frasco: Frasco volumétrico de 500cm³ de capacidad, calibrado hasta 0.1 cm³ a 20°C.

Molde Cónico: Metálico de 40 mm \pm 3 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm \pm 3 mm de diámetro en la parte inferior, y 75 mm \pm 3mm de altura.

Barra Compactadora de metal: de 340g \pm 15g de peso con un extremo de superficie plano circular de 25 mm \pm 3mm de diámetro.

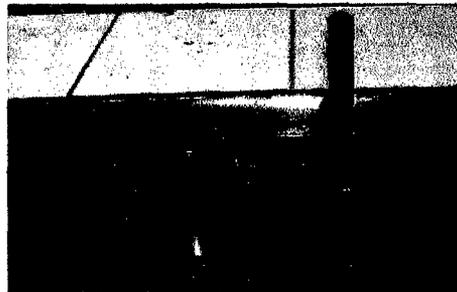


Figura 5: Se muestra el molde cónico y barra compactado.

Horno: Una estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C \pm 5°C.

Preparación de la muestra.

- a. Se coloca aproximadamente 1000g del agregado fino, obtenido por método del cuarteo y secado a peso constante a una temperatura 110°C \pm 5°C.
- b. Se cubica la muestra con agua y se deja reposar durante 24 horas.
- c. Se extiende sobre la superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia, para garantizar un secado uniforme.



Figura 6: secado del agregado fino.

d. Se continúa esta operación hasta que los granos de agregado no se adhiera marcadamente entre sí.

e. Luego se coloca en el molde cónico, se golpea la superficie suavemente 25 veces con la barra de metal y se levanta el molde verticalmente. Si existe humedad libre, el cono de agregado fino mantendrá su forma. Se sigue con el secado, revolviendo constantemente y se prueba a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde. Esto significa que el agregado fino ha alcanzado una condición de superficie seca.

Procedimiento de ensayo.

a. Se introduce de inmediato en el frasco una muestra de 500g del material preparado, se llena de agua para alcanzar aproximadamente la marca de 500cm³ a una temperatura de 23°C ± 2°C.

b. Después de una hora se llena con agua hasta los 500cm³ y se determina el peso total del agua introducida en el frasco con aproximación de 0.1g.

c. Se saca el agregado fino del frasco, se seca a peso constante a una temperatura de 110°C ± 5°C, se enfría a temperatura ambiente en un secador durante ½ hora a 1 ½ y se pesa.

Expresión de resultados.

Peso específico de masa (P_{em}):

Formula 5: Peso específico de masa

$$P_{em} = \frac{w_0}{(V - V_a)} \times 100$$

Peso específico de masa saturado con superficie seca (P_{eSSS})

Formula 6: Peso específico saturado con superficie seca

$$P_{eSSS} = \frac{500}{(V - V_a)} \times 100$$

Peso específico aparente (P_{ea})

Formula 7: Peso específico aparente

$$P_{ea} = \frac{w_0}{(V - V_a) - (500 - w_0)} \times 100$$

Absorción (Ab)

Formula 8: Absorción

$$Ab = \frac{500 - w_0}{w_0} \times 100$$

Dónde:

Pem: Peso específico de masa

w₀: Peso en el aire de la muestra secada en el horno, gramos.

V: Volumen del frasco en cm³

Va: Peso en gramos o volumen en cm³ de agua añadida en el frasco

D. Contenido de Humedad. (NTP 400.010, ASTM C-70)

Procedimiento.

- a. Se toma el agregado y se cuartea para obtener una muestra representativa.
- b. Se determina la masa de la muestra con aproximación al 0.1%.
- c. Se coloca la muestra en una charola y seca en la parrilla. Cuando la muestra está completamente seca, cuando el calor le causa menos del 0.1% de pérdida adicional en masa.
- d. Se determinar la masa de la muestra seca con una precisión de 0.1% después de que se haya enfriado lo suficiente.

Cálculo: $\%H = \frac{W_i - W_f}{W_i}$

donde

Donde

% H = contenido total de humedad, en

%. W_i = masa del material en su estado original, en gr.

W_f = masa del material seco, en gr.

E. Peso Unitario. (NTP 400.017, ASTM C-29)

1. Peso Unitario Seco Suelto.
2. Peso Unitario Seco Compactado.

PESO UNITARIO SUELTO DE LA PIEDRA CHANCADA Y ARENA.

1. Se toma el agregado y se cuarteo para obtener una muestra representativa.



Figura 7. Cuarteo de muestra

2. Se vacía el agregado dentro del recipiente dejándose caer a una altura medida a partir del borde del recipiente de aproximadamente 5 centímetros
3. Se sigue llenando el recipiente hasta colmarlo formando un cono.
4. Se nivela la superficie con los dedos o con la varilla de modo que no quede ningún pedazo sobresaliente.
5. Se determina la masa de la muestra con una precisión de 0.1%.

Cálculo:

$$PV = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

PV = Peso volumétrico de los agregados, en g/cm³.

G = Peso de los agregados más el recipiente, en g.

T = Peso del recipiente, en g.

V = Volumen del recipiente, en cm³.

PESO UNITARIO VARILLADO DE LA PIEDRA CHANCADA Y ARENA

1. Se toma el agregado y se cuarteo para obtener una muestra representativa.
2. Se llena el recipiente a un tercio de su capacidad y se nivela la superficie con los dedos.
3. Se varilla la capa de agregados dando 25 golpes, distribuidos ampliamente sobre la superficie, con la varilla punta de bala.
4. Se llena el recipiente a dos tercios y se vuelve a nivelar y varillar como se hizo en el paso 2.
5. Se llena el recipiente hasta rebasar el borde, se varilla nuevamente y se enrasa con la varilla.
6. Se determinar la masa de la muestra con una precisión de 0.1%

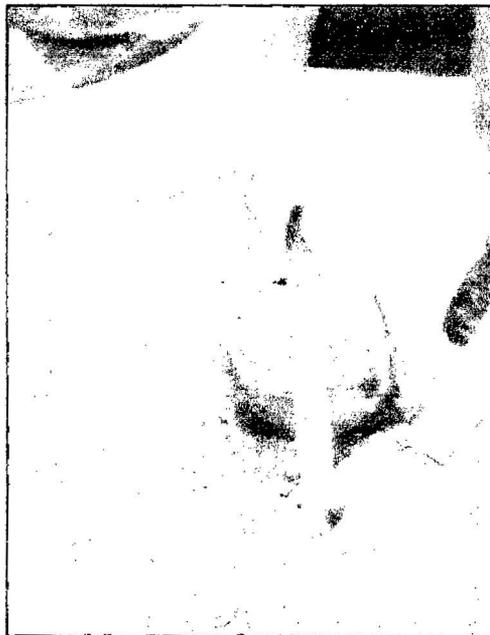


Figura 8. Cuarteo de muestra

3.7.2- ENSAYOS DE LABORATORIO -PET:

A. Análisis granulométrico (NTP 400.012; 2013, ASTM C 136).

Resumen del Método.

Este método cubre la determinación de la distribución por tamaño de las partículas de Pet mediante tamizado. Una muestra de Pet, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

Materiales.

Balanza. Con aproximación y exacta de 0.1 gr o 0.1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

Tamices. Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado.

Horno: Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Procedimiento.

- a. Se toma el Pet y se cuartea para obtener una muestra de aproximadamente 600 gramos.
- b. Se seca la muestra a una temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ y cuando el material este seco y frío, se toman 500 gramos.
- c. Se colocan las mallas en orden decreciente (No.4, 8, 16, 30, 50, 100, 200 y charola), se vierte la muestra de 500 gramos en la malla superior y se tapa.
- d. Se agitan las mallas ya sea en forma manual o con algún equipo mecánico por un periodo suficiente, que una vez terminado el cribado, no más del 1% en masa del material retenido en cualquier malla individual, pase por ella durante un minuto de cribado continuo a mano.
- e. Finalmente se determina y registra la masa retenida en cada malla vertiendo su contenido en la balanza, considerando que las partículas que hayan quedado atoradas en cada retícula forman parte del material retenido de la malla correspondiente, por lo que se reintegrará este material cepillando las mallas por el revés.

f. La masa total del material después del cribado se debe checar con la masa original al inicio de la prueba. Si las cantidades difieren en más de un 0.3%, basado en la masa de la muestra seca inicial, los resultados no deben ser utilizados con fines de aceptación.

Cálculos.

1. Se realiza una tabla con cinco columnas.
2. En la primera columna se escriben los números de las mallas en orden decreciente.
3. En la segunda columna se anotan las masas retenidas en las respectivas mallas de la columna 1.
4. En la tercera columna se anotan los porcentajes del material retenido en cada malla, respecto a la masa total de la muestra, mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{Retenido} = \frac{WN}{\sum WT}$$

Donde:

% Retenido = porcentaje retenido en la malla N respecto a la masa original, en %.

WN = masa del material retenido en la malla N, en gr.

$\sum WT$ = suma de las masas retenidas de la columna 2, en gr.

5. En la cuarta columna se anotan los porcentajes retenidos acumulados de la siguiente manera:
% Retenido Acumulado = % Retenido en la malla N + % Retenido Acumulado en la malla anterior
6. En la columna cinco se anotan los porcentajes que pasa de la siguiente manera:

$$\% \text{ Que pasa} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado en la malla N}$$

7. El módulo de Finura se calcula de la siguiente manera:

$$M. F = \frac{\sum \text{del \% Retenido Acumulado en las mallas } 100,50,30,16,8}{100} \times 100$$

B. peso específico y absorción. (NTP 400.022; 2013, ASTM C 128).

1. Peso Específico de Masa.
2. Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca.
3. Peso Específico Nominal Aparente.
4. Absorción.

Materiales utilizados para calcular el peso específico de masa del Pet (PoliétilenoTereftalato)

Balanza.

Gasolina.

Jarra milimetrada.

Pet (poliétileno tereftalato).

Procedimiento.

- a.- Se pesa 150 gramos de Pet (Poliétileno Tereftalato).
- b.- Se llena la jarra milimetrada de gasolina 500cm^3 que sería nuestro volumen inicial, se agrega el pet y encontraremos el volumen final.

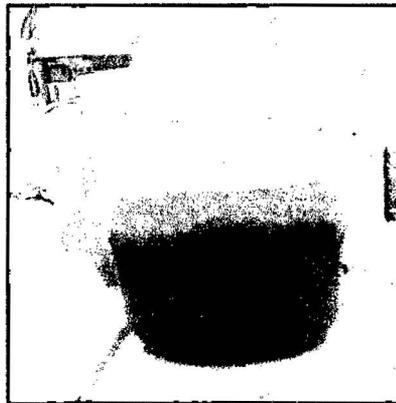


Figura 9: Se mezcla el Pet y la gasolina para ver el volumen final.

- c.-Una vez tenido el volumen final, se encuentra el peso específico de masa del Pet.

$$VF = 670\text{cm}^3 - 500\text{cm}^3 = 170\text{cm}^3$$
$$P_{em} = \frac{\text{masa.inicial}}{\text{Volumen}} = \frac{150\text{gr}}{170\text{cm}^3} = 882.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

C.-Peso Unitario Suelto Del Pet. (NTP 400.017, ASTM C-29)

1. Se toma el agregado y se cuartea para obtener una muestra representativa.
2. Se vacía el agregado dentro del recipiente dejándose caer a una altura medida a partir del borde del recipiente de aproximadamente 5 centímetros
3. Se sigue llenando el recipiente hasta colmarlo formando un cono.
4. Se nivela la superficie con los dedos o con la varilla de modo que no quede ningún pedazo sobresaliente.
5. Se determina la masa de la muestra con una precisión de 0.1%



Figura 10: Pesado del material Pet.

Cálculo:

$$PV = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

PV = Peso volumétrico de los agregados, en g/cm³.

G = Peso de los agregados más el recipiente, en g.

T = Peso del recipiente, en g.

V = Volumen del recipiente, en cm³.

D.-Peso Unitario varillado Del Pet.

1. Se toma el agregado y se cuartea para obtener una muestra representativa.
2. Se llena el recipiente a un tercio de su capacidad y se nivela la superficie con los dedos.
3. Se varilla la capa de agregados dando 25 golpes, distribuidos ampliamente sobre la superficie, con la varilla punta de bala.
4. Se llena el recipiente a dos tercios y se vuelve a nivelar y varillar como se hizo en el paso 2.
5. Se llena el recipiente hasta rebasar el borde, se varilla nuevamente y se enrasa con la varilla.
6. Se determinar la masa de la muestra con una precisión de 0.1%



Figura 11. Compactado del Pet

3.7.3-ENSAYOS DE LABORATORIO –AGREGADO GRUESO:

A. Análisis granulométrico (NTP 400.012; 2013, ASTM C 136).

Resumen del Método.

Este método cubre la determinación de la distribución por tamaño de las partículas de agregado Grueso mediante tamizado. Una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

Materiales.

Balanza. Con aproximación y exacta de 0.1 gr o 0.1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

Tamices. Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado.

Horno: Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

Procedimiento.

1.-Se seca la muestra a una temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ y cuando el material este seco y frío, se hace el cuarteo para obtener una muestra de aproximadamente la capacidad del recipiente con el que se hizo la prueba de Masas Volumétricas.

2.-Se trabaja individualmente cada malla (3/4", 1/2", 3/8" y No.4) usando tres charolas rectangulares, procediendo de la siguiente forma.

3.-Se coloca en la primera charola la muestra seca, a la que previamente se le ha determinado su masa. Dentro de la segunda charola se pone la malla de mayor tamaño y con el cucharón se colocan porciones de la muestra, en cantidad tal que no cubran la malla con más de una capa de partículas.

4.-Se agita la malla con ambas manos y se verifica que todas las partículas tengan movimiento sobre ésta. Cuando ya no pase material, el retenido en la malla se coloca en la tercera charola, continuando con la siguiente porción de la misma manera, haciéndolo consecutivamente hasta cribar toda la muestra.

5.-Se determina en la balanza y se registra, la masa retenida en la malla, con lo que se libera la tercera charola, que pasa a ser la segunda para el siguiente proceso, con la malla subsecuente.

En la figura 12 se observa el proceso e tamizado del agregado grueso



Figura12: Granulometría de la piedra chancada.

6.-. Sucesivamente se aplica el mismo procedimiento con las mallas siguientes, depositando el material que pasa en la segunda charola y el retenido en la tercera, concluyendo al llegar a la malla N°4 donde se determina y registra la masa del material que pasó esta última malla.

7.- La masa total del material después del cribado se debe checar con la masa original al inicio de la prueba. Si las cantidades difieren en más de un 0.3%, basado en la masa de la muestra seca inicial, los resultados no deben ser utilizados con fines de aceptación.

$$\% \text{Retenido} = \frac{W_N}{\sum W_T}$$

Donde:

% Retenido = porcentaje retenido en la malla N respecto a la masa original, en %

W_N = masa del material retenido en la malla N, en gr.

$\sum W_T$ = suma de las masas retenidas de la columna 2, en gr.

a. En la cuarta columna se anotan los % retenidos acumulados de la siguiente manera:

% Retenido Acumulado = % Retenido en la malla N + % Retenido Acumulado en la malla anterior

b. En la columna cinco se anotan los porcentajes que pasa de la siguiente manera:

% Que pasa = 100 – % Retenido Acumulado en la malla N

c. El tamaño máximo del agregado es la dimensión de la criba de menor abertura por la que pasa la totalidad de un agregado.

d. El tamaño máximo nominal del agregado es el que se nombra en las especificaciones como la criba de menor abertura por la que pasa la cantidad agregado permitido.

B. Módulo de Finura. (NTP 334.045, ASTM C 136).

$$M.G = \frac{\% \text{Ret. Acum. Tamices (1", 3/4", 3/8", N}_4) + 500}{100}$$

C.-peso específico y absorción. (NTP 400.021; 2002, ASTM C 127).

1. Peso Específico de Masa.
2. Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca.
3. Peso Específico Nominal Aparente
4. Absorción.

Una muestra de agregado se sumerge en agua por 24 h aproximadamente para llenar los poros esencialmente. Luego se retira del agua, se seca el agua de la superficie de las partículas, y se pesa. La muestra se pesa posteriormente mientras es sumergida en agua. Finalmente la muestra es secada al horno y se pesa una tercera vez. Usando los pesos así obtenidos y formulas en este método de ensayo, es posible calcular tres tipos de peso específico y de absorción.

Materiales.

Balanza: Sensible a 0.5 g y con capacidad de 5000 gramos o más. La balanza estará equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con malla de alambre en el recipiente con agua desde el centro de la plataforma de pesado.

Cesta con malla de alambre: Con abertura tamiz N° 6 o abertura menor, también se puede utilizar un recipiente de aproximadamente igual ancho y altura con capacidad de 4 a 7 L para tamaños máximos nominales de 37.5mm (1 ½ pulg.) o menores, y un cesto mas grande como sea necesario para ensayar agregados con tamaños máximos mayores

Depósito de agua: Un depósito estanco adecuado para sumergir la cesta de alambre en el agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.

Tamices. Un tamiz normalizado de 4.75mm (Nº. 4) o de otros tamaños como sean necesarios, de acuerdo a la NTP 350.001.

Horno. De tamaño apropiado capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

Muestreo.

Se selecciona la muestra siguiendo el método indicado en la NTP 400.010. Mezclar la muestra y reducirla aproximadamente a la cantidad necesaria usando el procedimiento descrito en la ASTM C 702.

Descartar todo el material que pase el tamiz 4.75 mm (Nº 4) por tamizado seco y luego lavar el material para remover polvo u otras impurezas superficiales.

Procedimiento

- 1.- Secar la muestra a peso constante, a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- 2.-Ventilar en lugar fresco a temperatura ambiente de 1 a 3 h para muestras de ensayo de tamaño máximo nominal 37,5mm (1 ½ pulg.) o mayores para tamaños más grandes hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto (aproximadamente 50°C).
- 3.-Seguidamente sumerja el agregado en agua a temperatura ambiente por un lapso de $24 \pm$
- 4.

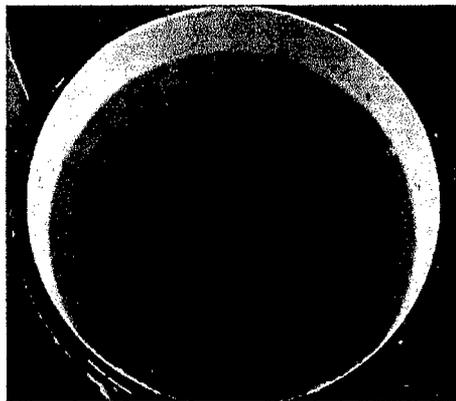


Figura 13: Agregado sumergido en agua

4.-Cuando los valores de peso específico y la absorción van a ser usados en proporcionamiento de mezclas de concreto en los cuales los agregados van a ser usados en su condición natural de humedad, el requerimiento inicial de secado a peso constante puede ser eliminada y, si las superficies de las partículas de la muestra van a ser mantenidas continuamente húmedas antes del ensayo, el remojo de 24 h puede ser eliminado.

5.-Remover la muestra del agua y hacerla rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda la película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aun parezca húmeda. Se debe tener cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie.

6.-Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca.

7.-Se determina este y todos los demás pesos con aproximación de 0.5 g o al 0.05% del peso de la muestra, la que sea mayor.

8.-Después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a una temperatura entre $23^{\circ}\text{C} \pm 1.7^{\circ}\text{C}$, densidad $997 \pm 2 \text{ kg/m}^3$. Tener cuidado de remover todo el aire atrapado antes del pesado sacudiendo el recipiente mientras se sumerge



Figura 14: Peso de la muestra sumergido en agua

13.-Secar la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se deja enfriar hasta la temperatura ambiente, durante 1 h a 3 h o hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómodo al tacto (aproximadamente 50°C) y se pesa.

Cálculos:

Peso específico de masa (Pem).

Formula 5: Peso específico de masa

$$Pem = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

Peso específico de masa con superficie seca

Formula 6: Peso específico saturada superficie seca

$$PeSSS = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

Peso específico aparente (Pea)

Formula 7: Peso específico aparente

$$PeSSS = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

Absorción (Ab)

Formula 8: Absorción.

$$Ab(\%) = \frac{B - A}{(A)} \times 100$$

Donde

A = Peso de la muestra seca en el aire, gramos.

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos.

C = Peso en el agua de la muestra saturada.

D. Contenido de Humedad. (NTP 400.010, ASTM C-70)

Procedimiento.

- a. Se toma el agregado y se cuartea para obtener una muestra representativa.
- b. Se determina la masa de la muestra con aproximación al 0.1%.
- c. Se coloca la muestra en una charola y seca en la parrilla. Cuando la muestra está completamente seca, cuando el calor le causa menos del 0.1% de pérdida adicional en masa.
- d. Se determinar la masa de la muestra seca con una precisión de 0.1% después de que se haya enfriado lo suficiente.

$$\%H = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

Donde:

%H = contenido total de humedad, en

W_i = masa del material en su estado original, en gr.

W_f = masa del material seco, en gr

3.7.4-Recolección y trituración de botellas (PET)**Recolección del PET.**

La recolección de las botellas descartables fue realizada en distintas zonas marginales donde existen botaderos informales, en las calles de la ciudad y también con ayuda de algunos amigos y familiares quienes nos proporcionaron dichos envases de botellas.

Las botellas de plástico que estuviesen muy sucias por materiales como pintura, tierra o algún químico no fueron utilizadas para evitar que la mezcla de concreto sufra algún cambio; solo se usaron las botellas seleccionadas manualmente y que cumplieran las necesidades propuestas.



Figura 15: clasificación de botellas

Después de la recolección los envases fueron pesados y separados para darles una limpieza de cualquier residuo de bebida o basura que llegara a contener, las medidas y pesos de las botellas recolectadas se muestran a continuación.

Tabla 16: Clasificación de las botellas según su capacidad.

TIPO DE BOTELLA	CAPACIDAD ML	PESO EN GRAMOS	Nº BOTELLAS/Kg
1	500	24.48	40.85 (41)
2	625	15.92	62.81 (63)
3	1300	44.1	22.68 (23)
4	1700	44.73	22.36 (22)
5	2000	52.7	18.98 (19)
6	3000	58.68	17.04 (17)

3.7.5-Prueba estándar para la elaboración de especímenes de concreto

La resistencia a compresión del concreto se mide para asegurar que el concreto cumpla con los requisitos de las especificaciones de la obra y para el control de calidad. Para probar la resistencia a compresión del concreto se elaboran especímenes cilíndricos de prueba de 15 x 30 cm.

Equipo necesario para la prueba:

Molde metálico de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura para la elaboración de cilindros de concreto.

Pala.

Cucharón de lámina galvanizada.

Aceite para evitar la adherencia entre el molde metálico y la mezcla de concreto.

Brocha.

Procedimientos de prueba para cilindros de 15 x 30 cm.

a) Limpie el molde cilíndrico y unte ligeramente el interior con aceite para que el concreto no se adhiera a las paredes del molde, luego coloque en una superficie limpia, nivelada y firme, es decir, la placa de acero.

b) Utilice el cucharón para colocar el concreto en el molde. Tenga cuidado en distribuir el material uniformemente alrededor del perímetro del molde

c) Para la primera capa:

1. Llene el molde aproximadamente 1/3 de su volumen.

2. Varille la capa 25 veces en todo su espesor. Distribuya el varillado uniformemente en toda la sección transversal del molde.

d) Para la segunda capa:

1. Llene el molde aproximadamente 2/3 de su volumen.

2. Varille la capa 25 veces, penetrando la capa subyacente aproximadamente 25mm. Distribuya el varillado uniformemente en toda la sección transversal del molde

e) Para la tercera capa:

1. Agregue una cantidad de concreto que llene el molde después de la compactación.

2. Varille la capa 25 veces, penetrando la capa subyacente aproximadamente 25mm. Distribuya uniformemente el varillado en toda la sección transversal del molde.

En la figura se observa el varillado el espécimen de concreto, esto ayuda para evitar que se formen poros en el espécimen.



Figuras 16. Varillado del espécimen.

- f) Golpee ligeramente el exterior del molde de 10 a 15 veces con el mazo de hule para cerrar los huecos dejados por la varilla de compactación.

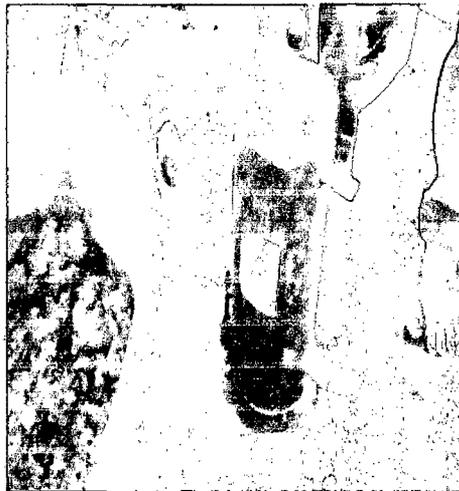


Figura 17: Enrazando la superficie. Especímenes de concreto

- g) Retire el exceso de concreto y enrasede la parte superior con una llana para producir una superficie plana, pareja y a nivel, y cubra con una bolsa de plástico para evitar la pérdida de humedad de la muestra y llévela a un lugar para el curado inicial y almacenamiento.

Revisión de calidad en pruebas

Después de la elaboración se revisó en cada muestra que tuviera los siguientes puntos:
Los cilindros se mantuvieron durante las primeras 24 horas libres de vibraciones.
Durante la remoción de los moldes metálicos, los cilindros no se golpearan.
Después de remover el molde se identificaran los cilindros con un marcador sin alterar la superficie.

3.7.6.- Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio. (NTP 339.183; 2009, ASTM C 192).

Esta práctica provee los requisitos normalizados para la preparación de los materiales, la mezcla del concreto, y la preparación y curado de especímenes de concreto para ensayo bajo condiciones de laboratorio.

Si la preparación del espécimen es controlada como se estipula aquí, los especímenes pueden ser usados para desarrollar información con los siguientes objetivos:

Proporcionamiento de mezclas para concreto de proyecto.

Evaluación de diferentes mezclas y materiales.

Correlación con ensayos no destructivos.

Provisión de especímenes para propósitos de investigación.

Aparatos

Moldes: sirve para los especímenes o los elementos de cierre en contacto con el concreto, serán de acero, fierro fundido u otro material no absorbente que no reaccione con el concreto de cemento Portland u otros cementos hidráulicos.

Los moldes mantendrán sus dimensiones y forma bajo todas las condiciones de uso.

Los moldes serán estancos, característica que se manifiesta por la capacidad para retener el agua contenida en ellos.

Moldes cilíndricos: Deberán cumplir con la NTP 339.209

Varilla compactadora: Es una varilla circular recta de acero liso, con dimensiones conforme la presente tabla, y que tenga su extremo de compactación, o ambos, terminados en punta semiesférica del mismo diámetro de la varilla.

Tabla 17: Requisitos de la barra compactadora

DIAMETRO DEL CILINDRO	DIMENSIONES DE LA VARILLA	
	DIAMETRO(mm)	LONGITUD DE LA VARILLA (mm)
<150	10	300
150	16	500
225	16	650
TOLERANCIA EN LONGITUD ± 100 mm, TOLERANCIA EN DIAMETRO ± 2 mm		

Fuente: (ACI-211)

Martillo: Martillo con cabeza de goma (caucho) o cuero, con una masa de $0,6 \text{ kg} \pm 0,2 \text{ kg}$.

Herramientas: Pala y cucharón de largo suficiente, de tal manera que la cantidad de concreto recogida del recipiente de muestreo sea representativa y lo suficientemente pequeña para que el concreto no se derrame durante la colocación en el molde.

Herramientas de acabado: Llana de madera, espátula, plancha o paleta de albañil.

Aparato de asentamiento: El aparato para medir el asentamiento del concreto debe cumplir los requisitos de la NTP 339.035.

Recipiente de muestreo: El recipiente debe ser una batea de metal pesado de un espesor adecuado, una carretilla o plancha plana limpia, no absorbente con suficiente capacidad para remezclar fácilmente la muestra completa con una cuchara o pala.

Aparato para contenido de aire: Los aparatos para medir el contenido de aire deben cumplir con la NTP 339.081 ó NTP 339.083 y NTP 339.080.

Dispositivo para medir la temperatura: Los dispositivos para medir la temperatura deben cumplir con los requisitos aplicables de la NTP 339.184

Requisitos de los ensayos

Especímenes cilíndricos: Los especímenes para determinar la resistencia a la compresión o a la tracción por compresión diametral, deben ser cilindros vaciados y fraguados en posición vertical. El número y tamaño de los cilindros será establecida en las especificaciones de los ensayos. Adicionalmente, la longitud debe ser doble del diámetro y el diámetro del cilindro debe ser por lo menos tres veces el tamaño nominal máximo del agregado grueso.

Cuando el tamaño nominal máximo del agregado grueso exceda 50 mm, la muestra de concreto se debe tamizar por vía húmeda a través del tamiz de 50 mm, tal como se describe en la NTP 339.036. Para ensayos de aceptación para la resistencia especificada a la compresión, los cilindros deben ser de 150 mm x 300 mm o 100 mm x 200 mm.

Mezcla del Concreto

Mezclado a Máquina.

Previo a iniciar la rotación de la mezcladora adicione el agregado grueso, parte del agua de mezclado y la solución de aditivo, cuando se requiere, disperse el aditivo en el agua de mezclado antes de agregarlo.

Encienda la mezcladora, y luego adicione el agregado fino, cemento y agua con la mezcladora funcionando. Si no es práctico para una mezcladora particular o para un ensayo particular adicionar el agregado fino, cemento y agua mientras la mezcladora está funcionando, esos componentes pueden ser agregados con la mezcladora parada luego de permitir a la misma que gire unas pocas revoluciones luego de la carga del agregado grueso y parte del agua Mezcle el concreto durante 3min., después que todos los ingredientes estén en la mezcladora, luego se deja en reposo durante 3min.

Y finalmente se mezcla por 2min. Cubra el extremo abierto o parte superior de la mezcladora para prevenir evaporación durante el período de reposo. Tome precauciones para compensar el mortero retenido por la mezcladora de modo tal que la amasada descargada, a ser usada, esté correctamente dosificada. Para eliminar la segregación, deposite el concreto mezclado a máquina en la batea de mezclado húmeda y limpia y remezcle a pala o paleta hasta que tenga apariencia uniforme.

Mezclado Manual.

Mezcle la amasada en una batea o recipiente metálico húmedo, limpio y estanco, con una paleta despuntada o cuchara de albañil, usando el siguiente procedimiento cuando los agregados hayan sido preparados.

Adicione el agregado grueso y mezcle la amasada completa sin adición de agua hasta que el agregado grueso esté uniformemente distribuido en toda la amasada.

Agregue agua y el aditivo, si este fuera usado y mezcle la amasada hasta obtener un concreto en homogéneo en apariencia y de la consistencia deseada. Si se requiere de un mezclado prolongado para ajustar la consistencia a base de incrementos de agua, descarte la amasada y haga una nueva amasada en la cual el mezclado no sea interrumpido para hacer ensayos de consistencia de prueba.

Moldeo de Especímenes.

Lugar de moldeo: Moldear los especímenes rápidamente sobre una superficie nivelada y rígida, libre de vibraciones y otras alteraciones, en un lugar tan cerca como sea posible a la localización de los ambientes donde serán almacenados.

Vaciado de los cilindros: Seleccionar la barra compactadora apropiada o el vibrador apropiado. Determinar el método de consolidación de la Tabla 10, a menos que se especifique otro método.

Si el método de consolidación es por apisonado, determinar los requisitos para el moldeo de la Tabla 11. Si el método de consolidación es por vibración, determinar los requisitos de moldeo de la Tabla 12.

Seleccionar una cuchara del tamaño indicado. Mientras se coloca el concreto en el molde, se mueve la cuchara alrededor del perímetro del molde para asegurar una distribución del concreto con la mínima segregación.

Cada capa de concreto debe ser consolidada conforme se requiere en las Tablas 26 y 27. Al colocar la capa final, se debe adicionar una cantidad de concreto de manera de enrasar a tope con el borde superior del molde después de la consolidación.

Tabla 18: Método de consolidación. Requisitos de aplicación

Asentamiento(mm)	Método de consolidación
>25	Apisonado o Vibración
<25	Vibración

Fuente: (NTP)

Tabla 19: Moldeo de especímenes por apisonado. Requisitos

Tipo de espécimen Cilindros diámetro(mm)	# de capas de igual altura	# de golpes por capa
100	2	25
150	3	25
225	4	50

Fuente : (NTP)

Apisonado: Colocar el concreto en el molde en el número requerido de capas de aproximadamente igual volumen. Apisonar cada capa con el extremo semiesférico de la barra compactadora, aplicando el número requerido de golpes. En la primera capa la barra debe penetrar hasta el fondo de la capa a través de su altura. Distribuir uniformemente los golpes de la barra sobre la sección transversal del molde. Para cada capa superior, la barra debe penetrar toda la capa a través de su altura, de manera que la barra penetre hasta la capa precedente aproximadamente 25 mm. Después de consolidar cada capa, se procederá con el martillo a golpear ligeramente las paredes del molde unas 10 a 15 veces, con el fin de eliminar los vacíos y burbujas de aire que puedan haber quedado atrapadas. Usar la mano abierta para golpear ligeramente los moldes cilíndricos de un solo uso, los cuales son susceptibles de dañarse si se golpean con el martillo.

Después de golpear los lados del molde, se acomoda el concreto de cada capa, a lo largo de los lados del molde cilíndrico con un badilejo o herramienta adecuada. Ajustar el faltante en los moldes que no fueron llenados completamente con una porción de concreto representativa durante la consolidación de la capa superior. Se debe remover el concreto en exceso en los moldes.

Acabado: Realizar el acabado final de la superficie expuesta del espécimen con la mínima manipulación necesaria a fin de lograr una superficie plana y a nivel con el borde del molde. La superficie no debe tener depresiones o proyecciones mayores de 3,3mm.

Cilindros: Después de la consolidación de la última capa, dar el acabado a la superficie superior, utilizando la barra compactadora para enrasar, cuando la consistencia del concreto lo permita o, con una paleta de mano o badilejo. Si se desea se refrenta, la superficie superior del cilindro de concreto fresco con una fina capa de pasta de cemento Pórtland que se endurece y cura con el espécimen. Véase la NTP 339.037.

Identificación: Marcar apropiadamente el exterior del espécimen con la información del concreto que ellos representan. Usar un método que no altere la superficie superior del concreto, no marcar las tapas removibles. Luego de retirar los moldes marcar el espécimen del ensayo para identificarlo plenamente.

Curado inicial

Inmediatamente después de moldeados y acabados, los especímenes deben ser almacenados por un período de hasta 48 h en un rango de temperatura entre 16 °C a 27 °C y en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los especímenes. Para mezclas de concreto con una resistencia especificada de 40 MPa o mayor, la temperatura inicial de curado debe estar entre 20 °C y 26 °C. Se pueden emplear varios procedimientos que sean capaces de mantener, durante el período de curado inicial, las condiciones de humedad y temperatura especificadas.

Se debe usar un procedimiento o combinación de procedimientos adecuados. Proteger todos los especímenes de la luz directa del sol y, si se usan, de los dispositivos de calentamiento por radiación.

Curado final

Cilindros: Luego de completar el curado inicial y dentro de los 30 min después de remover los moldes, los especímenes se deben curar manteniendo agua libre sobre sus superficies permanentemente, a una temperatura de $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, usando agua de los tanques de almacenamientos o cuartos húmedos que cumplan con la NTP334.077. Cuando los especímenes se refrenten con compuestos de morteros de azufre, inmediatamente antes del ensayo, los extremos de los cilindros deben estar completamente secos para evitar la formación de vapor o bolsas de espumas, sobre o dentro de la capa de refrentado, mayores de 6 mm, como se describe en la NTP 339.037 y NTP 339.057.

Para un período que no exceda 3 h inmediatamente antes del ensayo de resistencia, no se requiere una temperatura estándar de curado siempre que se mantenga la humedad en los cilindros y la temperatura ambiente se encuentre entre 20 y 30 °C.

Transporte de los especímenes al laboratorio

Antes del transporte de especímenes al laboratorio, se deben curar y proteger. Los especímenes no deben ser transportados hasta por lo menos 8 horas después del fraguado final. Durante el transporte, se deben proteger los especímenes con materiales amortiguadores adecuados para prevenir cualquier daño por golpes o sacudidas. Durante condiciones ambientales frías, se debe proteger los especímenes de la congelación, con adecuado material aislante. Prevenir la pérdida de humedad durante el transporte, enrollando los especímenes en plástico, arpilleras húmedas, rodeándolos con arena húmeda o utilizando tapas ajustadas de plástico sobre los moldes de plástico. El tiempo de transporte no debe de exceder 4 horas.

3.7.7- Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. (NTP 339.034; 2008, ASTM C 39).

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.

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.

Aparatos

Máquina de ensayo: La máquina de ensayo será de capacidad conveniente suficiente y capaz de proveer una velocidad de carga continuamente y sin detenimiento.

La verificación de la calibración de las máquinas de ensayo de conformidad con la ASTM E 4, excepto que el rango de verificación de la carga será como lo indicado. La verificación requerida será bajo las siguientes condiciones:

Al menos anualmente, pero no debe exceder los 13 meses.

Sobre una instalación original o inmediatamente después de una reubicación.

Inmediatamente después de reparaciones o ajustes que afectan la operación del sistema de aplicación de fuerzas.

Diseño: El diseño de la máquina deberá incluir los siguientes factores:

La máquina deberá ser operada por energía (no manual) y aplicar la carga continua sin intermitencia ni detenimiento. Si tiene una sola velocidad de carga, deberá estar provisto con un medio suplementario para cargar a una velocidad conveniente para su verificación.

El espacio previsto para las probetas de ensayo será bastante grande para acomodar, en posición idónea, un dispositivo elástico de calibración suficiente capacidad para cubrir el rango potencial de cargas de la máquina de ensayo y que cumpla con los requisitos de la ASTM E 74.

Exactitud: La exactitud de la máquina de ensayo será de conformidad con las siguientes provisiones:

El porcentaje de error para las cargas dentro del rango de uso propuesto de la máquina de ensayo no excederá $\pm 1,0\%$ de la carga indicada.

La exactitud de la máquina de ensayo será verificada por aplicación de 5 ensayos de carga en 4 incrementos aproximadamente iguales en orden ascendente.

La diferencia entre cualquiera de 2 cargas de ensayo sucesivas no excederá un tercio de la diferencia entre las cargas de ensayo máxima y mínima.

La máquina de ensayo será equipada con dos bloques de acero con caras resistentes, una de las cuales se asentará sobre una rótula, que le permita acomodarse a la superficie superior de la probeta y el otro sobre un sólido bloque en el que se asienta la misma. Las caras de los bloques tendrán una dimensión mínima de al menos 3 % mayor que el diámetro de las probetas a ser ensayadas.

El centrado final debe ser hecho con referencia al bloque esférico superior. Cuando el bloque inferior es usado para el centrado de la probeta, el centro del círculo concéntrico, el centro del bloque deberá estar directamente debajo del centro de la rótula superior. Las provisiones serán hechas sobre la placa de la máquina para asegurar esta posición.

El bloque de base de rotura tendrá al menos un espesor de 25 mm cuando está nueva, y al menos 22,5 mm de espesor cuando está usada.

Las superficies del soporte y la porción esférica serán mantenidas limpias y lubricadas con un aceite de motor convencional, no con una de tipo grasa. Luego del contacto de la probeta y la aplicación de una pequeña carga inicial, no deberá producirse la inclinación adicional del bloque de asiento esférico.

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 %.

Antes del ensayo, ninguna base de las probetas de ensayo se apartará 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 0,25 mm 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.

Si el cliente que solicita los servicios de ensayo requiere mediciones de densidad de las probetas, determinar la masa de las mismas antes del capeado. Retirar cualquier humedad superficial con una toalla y medir la masa del cilindro usando una balanza con aproximación de 0,3 % de la masa que se está midiendo. Medir la longitud de la probeta con aproximación a 1 mm en tres espacios separados equidistantemente alrededor de la circunferencia.

Evaluar la longitud promedio y registrarla con aproximación de 1 mm. Alternativamente determinar la densidad del cilindro por peso del mismo en el aire y también sumergido en el agua a 23

°C ± 2,0 °C y hallar el volumen de conformidad.

Cuando la determinación de densidad no es requerida y la relación de longitud a diámetro es menor que 1,8 o mayor que 2,2; medir la longitud de la probeta con aproximación de 0,05 D

Procedimiento

Los ensayos a compresión de probetas del curado húmedo serán hechos 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 el tiempo permisible de tolerancias prescritas como sigue:

Tabla 20: Tolerancia permisible por edad de ensayo

Edad de ensayo	tolerancia permisible
24h	± 0,5h ó 2,1%
3d	± 2h ó 2,8%
7d	± 6h ó 3,6%
28d	± 0,5h ó 2,1%
90d	± 0,5h ó 2,1%

Fuente: (ACI-211)

Colocación: Colocar el bloque de rotura inferior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior directamente bajo la rótula del cabezal. Limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y las de la probeta de ensayo y colocar el cilindro sobre el bloque inferior de rotura. Cuidadosamente alinear los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque asentado.

Verificación del cero y asiento del bloque: Antes de ensayar la probeta, verificar que el indicador de carga este en cero, ajustar el indicador. Como el bloque asentado sobre la rótula es aplicado sobre la probeta, rotar su porción móvil cuidadosamente con la mano a fin de que el asiento sea uniforme.

Velocidad de carga: Aplicarla carga continuamente y sin detenimiento.

La carga será aplicada a una velocidad de movimiento correspondiendo a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s. La velocidad de movimiento diseñada será mantenida al menos durante la mitad final de la fase de carga anticipada.

En la figura 18 se observa el pesado del espécimen en la balanza para luego pasar a la maquina rompe testigos (máquina de compresión).



Figura 18: pesado de la probeta de concreto.

En la figura 19 se observa la probeta colocada en la máquina de compresión para luego aplicar la fuerza manualmente y verificar la resistencia adquirida del concreto de acuerdo al número de días de su respectivo curado que se le ha dado.

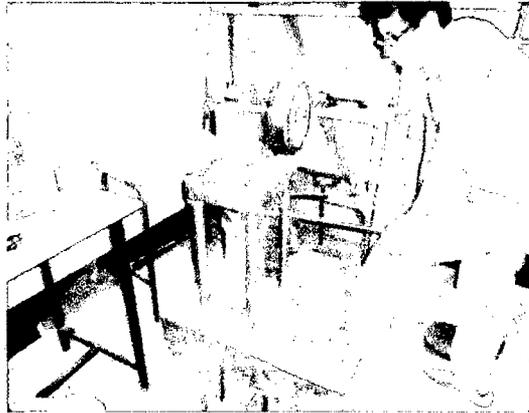


Figura 19: Ensayo de la probeta en la máquina a compresión.

En la figura 20 se observa el diferente tipo de fractura que se presenta en el concreto cuando se aplica una fuerza en la máquina de compresión.

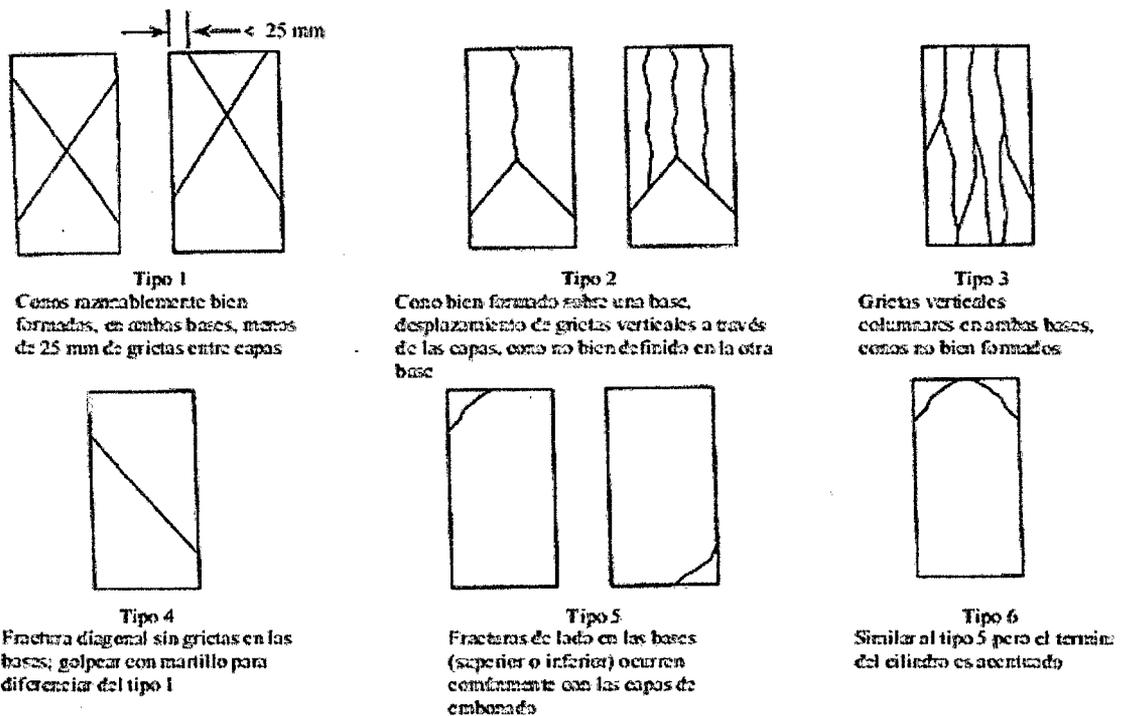


Figura 20: Esquema de los patrones de tipos de fractura

IV.-ANÁLISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS.

La investigación se abordó a través de la recopilación de datos por medio de ensayos de laboratorio (compresión) a las diferentes muestras

Hubo dos tipos de concreto, uno modificado con PET (Polietileno Tereftalato) y otro sin ella (concreto patrón).

Lo que se busca es hacer un análisis comparativo entre el concreto PET y el concreto convencional, verificando que los resultados obtenidos de las muestras ensayadas en el laboratorio sean similares que el modelo convencional (concreto patrón).

4.1.-Diseño de mezclas.

Para producir un concreto que satisfaga con los requisitos de comportamiento bajo las condiciones particulares de uso, este deberá poseer las siguientes propiedades:

La trabajabilidad aceptable en el concreto fresco.

Resistencia, durabilidad, densidad y apariencia en el concreto endurecido.

Economía.

Para encontrar las proporciones más apropiadas, será necesario preparar varias mezclas de prueba, las cuales se calcularan en base a las propiedades de los materiales y la aplicación de leyes o principio básicos preestablecidos. Las características de las mezclas de prueba indicaran los ajustes que deben hacerse en la dosificación de acuerdo con reglas empíricas determinadas.

Tabla 21: la información requerida para el diseño de mezclas se muestra en la siguiente tabla.

COMPONENTE		INFORMACIÓN REQUERIDA	
AGREGADO	GRUESO	Peso Especifico	2690.00 kg/m ³
		Peso Unitario Suelto Seco	1376.00 kg/m ³
		Peso Unitario Compactado Seco	1470.00 kg/m ³
		Tamaño Máximo del Agregado	1"
		Contenido de Absorción	0.81%
	FINO	Contenido de Humedad	1.04%
		Peso Especifico	2539.00 kg/m ³
		Peso Unitario suelto seco	1667.00 kg/m ³
		Peso Unitario Compactado seco	1789.00 kg/m ³
		Contenido de Absorción	2.67%
		Contenido de Humedad	3.05%
CEMENTO	Marca y Tipo	Pacasmayo Tipo I	
PET	Peso específico	882.20 kg/m ³	
	Peso Unitario Suelto Seco	280.23kg/m ³	
	Peso Unitario Compactado Seco	346.00 kg/m ³	
AGUA	Peso Especifico	1000.00 kg/m ³	

Para obtener un diseño ideal, técnica y económicamente rentable, en relación al factor de seguridad requerida f'_{cr} , $f'_{c} = 210kg / cm^2$ durante la elección de la resistencia requerida según el ACI se adiciona un factor de corrección +84 (para un $f'_{c} = 210kg / cm^2$), teniendo como resistencia promedio de $f'_{c}=294kg / cm^2$

Concreto convencional.

Las proporciones para el diseño de un metro cúbico de un concreto convencional se muestran en las siguientes tablas, para el caso del concreto convencional de $f'_{c} = 210kg / cm^2$; y los gráficos se presentan los porcentajes de cada uno de los componentes de este concreto. Se puede observar el procedimiento completo del diseño de las mezclas en el Anexo.

Tabla 22: la dosificación final de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$

COMPONENTES	PATRON 175 kg/cm ² PESO (kg)
AGUA	187.47
CEMENTO	350.91
A.GRUESO	1033.79
AIRE	0.00
A.FINO	779.88
PET	0.00
TOTAL	2352.05
	: : :
a/c = 0.66	1 2.22 2.95

En la figura 21 se muestra los porcentajes de los componentes del diseño de mezclas $f'c=210\text{kg/cm}^2$

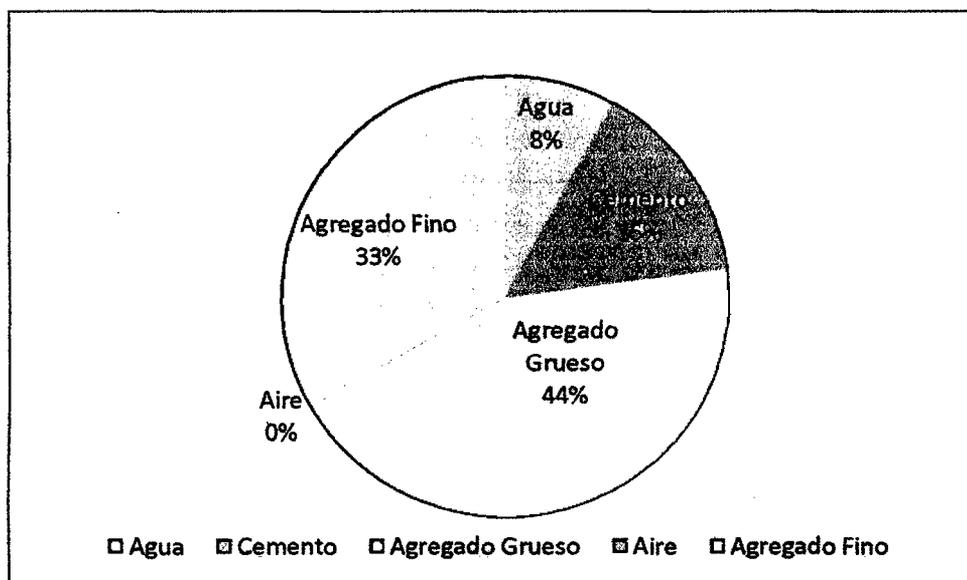


Figura 21. Porcentaje de los componentes del concreto, $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Con estas proporciones se definió el uso de 8.26 bolsas de cemento Portland tipo I (42,5 kg) para un metro cubico de concreto de $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ con una relación a/c: 0,55.

Concreto con varios porcentajes de Pet.

Siendo el PET un material inerte puede ser empleado como agregado, y de acuerdo a las propiedades obtenidas en el laboratorio se observa una similitud con la arena ya que, su grado de trituración, tiene un tamaño máximo 1/4", es por esto que una vez determinado las proporciones del Concreto patrón, se procede a reemplazar en porcentaje de volumen de agregado fino con PET, a fin de obtener una curva que muestre la variación de la resistencia a compresión de acuerdo al porcentaje del plástico incorporado.

En la siguiente tabal se muestra la dosificación del concreto con diferentes porcentajes PET (15%,30%y 45%), y el concreto convencional.

Tabla 23: Dosificación de Concreto $f'c = 210kg / cm^2$ con diferentes porcentajes de PET

COMPONENTES	PATRON	15% PET	30% PET	45% PET
	PESO (kg)	PESO (kg)	PESO (kg)	PESO (kg)
AGUA	187.47	188.01	188.54	189.08
CEMENTO	350.91	350.91	350.91	350.91
A.GRUESO	1033.79	1033.79	1033.79	1033.79
AIRE	0.00	0.00	0.00	0.00
A.FINO	779.88	662.90	545.91	429.04
PET	0.00	40.64	81.27	121.94
TOTAL	2352.05	2276.24	2200.43	2124.75
a/c = 0.55	1 2.22 2.95	1 1.89 2.95	0.12 1 1.56 2.95	0.23 1 1.22 2.95 0.35

4.2.-Ensayos en concreto fresco

Asentamiento

La consistencia se define como el estado de fluidez o plasticidad de un Concreto fresco y depende de varios factores como la cantidad de agua de amasado, granulometría y forma de los agregados, etc.; siendo el más influyente la cantidad de agua de amasado.

Los métodos para establecer cuantitativamente la consistencia son el cono de Abrams, la mesa de flujo y el conisómetro de Vebe, el uso de cada método depende de la naturaleza de la mezcla y de sus componentes. Es así que para el presente estudio, el método afín es el cono de Abrams que mide la consistencia a través del control del asentamiento.

El promedio de todos los asentamientos obtenidos de cada mezcla de Concreto se presenta en la siguiente Tabla:

Tabla 24: Resultados de los asentamientos del concreto Pet y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Diseño	PU(Kg/m3)	SLUMP(pulg)
$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	2352.05	4
$f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 15\% \text{ PET}$	2276.24	3
$f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 30\% \text{ PET}$	2200.43	2.5
$f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 45\% \text{ PET}$	2124.75	1.5

En la figura 23 se muestra los diferentes asentamientos que se produce tanto en el concreto Pet y Concreto convencional.

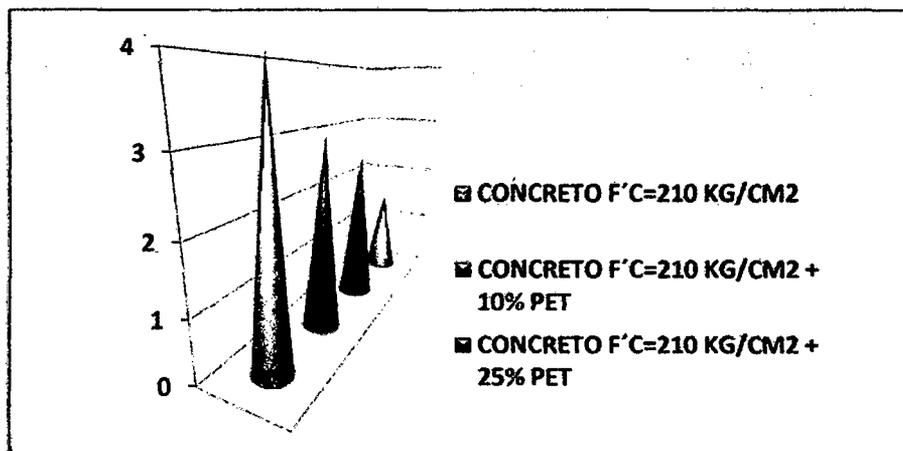


Figura 22. Resultados de asentamiento.

Peso Unitario

El promedio de todos los Pesos Unitarios obtenidos de cada mezcla de Concreto se presenta en las siguientes tablas:

En las Tablas N°39 se puede observar que mientras mayor sea la cantidad de Pet en la mezcla de concreto, obtenemos un menor peso unitario con respecto al concreto convencional, $f'c = 210kg / cm^2$

Tabla 25: Resultado de peso unitario de concreto Pet y $f'c = 210kg / cm^2$

Diseño	PU(Kg/m3)
$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	2352.05
$f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 15\% \text{ PET}$	2276.24
$f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 30\% \text{ PET}$	2200.43
$f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 45\% \text{ PET}$	2124.75

4.3.- Ensayos en concreto endurecido (probetas)

El Concreto luego del tiempo final de fraguado, comienza a dar resistencia hasta endurecerse, y las propiedades del Concreto evolucionan con el tiempo, dependiendo de las características y proporciones de los materiales que lo componen y de las condiciones ambientales a que está expuesto.

En este estudio es posible determinar las siguientes propiedades del Concreto endurecido, debido a la disponibilidad del equipo en el laboratorio:

Ensayos a compresión.

El promedio de todos los Esfuerzos para Concreto endurecido obtenidos de las muestras se presenta en la siguiente Tabla:

Tabla 26: Resultado del esfuerzo a la compresión con varios porcentajes PET.

PORCENTAJE DE PET	ESFUERZO A LA COMPRESION (kg/cm ²)		
	7 dias	14 dias	28 dias
f'c=210	163.08	227.89	282.32
15 % PET	109.99	180.08	242.52
30 % PET	93.5	137.77	196.54
45 % PET	41.4	123	162.74

En la figura 23 se puede observar las diferentes variaciones del esfuerzo a compresión.

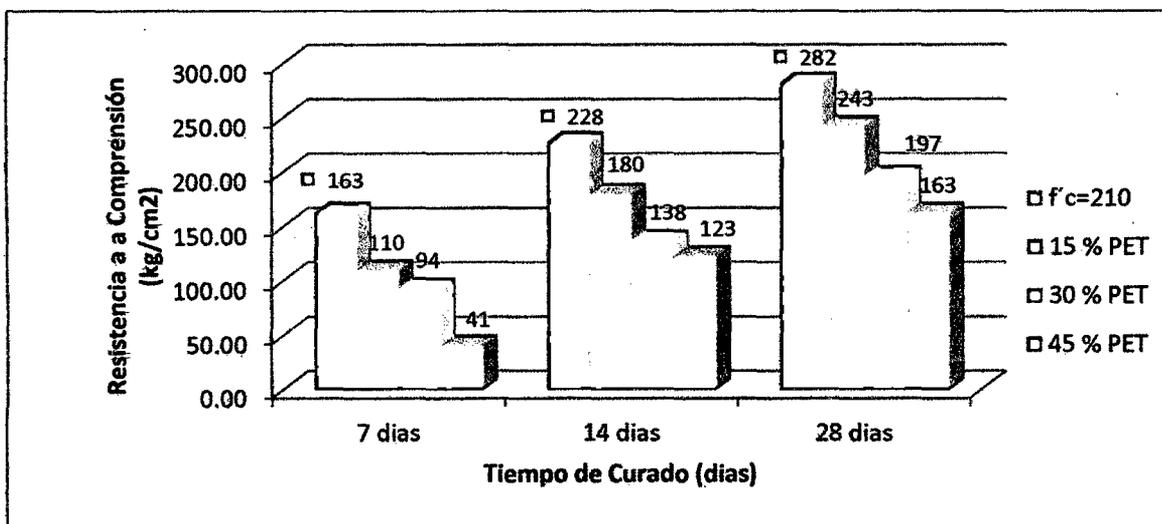


Figura 23: Resultado del Esfuerzo a la Compresión con Varios Porcentajes de PET

Como se muestra en la figura 23, al reemplazar en un 15% el agregado fino con PET existe el 12.5% reducción de la resistencia a compresión, pero el volumen de encapsulación del material reciclado no es considerable; al contrario al reemplazar la arena con un 45% de PET la resistencia a compresión obtenida es menor $f'c = 210kg / cm^2$ es decir no satisface los requerimientos sin embargo se encapsula gran cantidad de plástico reciclado.

Se adopta como adecuado el 15% de PET, debido a que si bien el esfuerzo a compresión disminuye solo en un 12%, que es un valor aceptable, la cantidad de material reciclado incorporado es considerable, y es un porcentaje manejable por comprobación experimental.

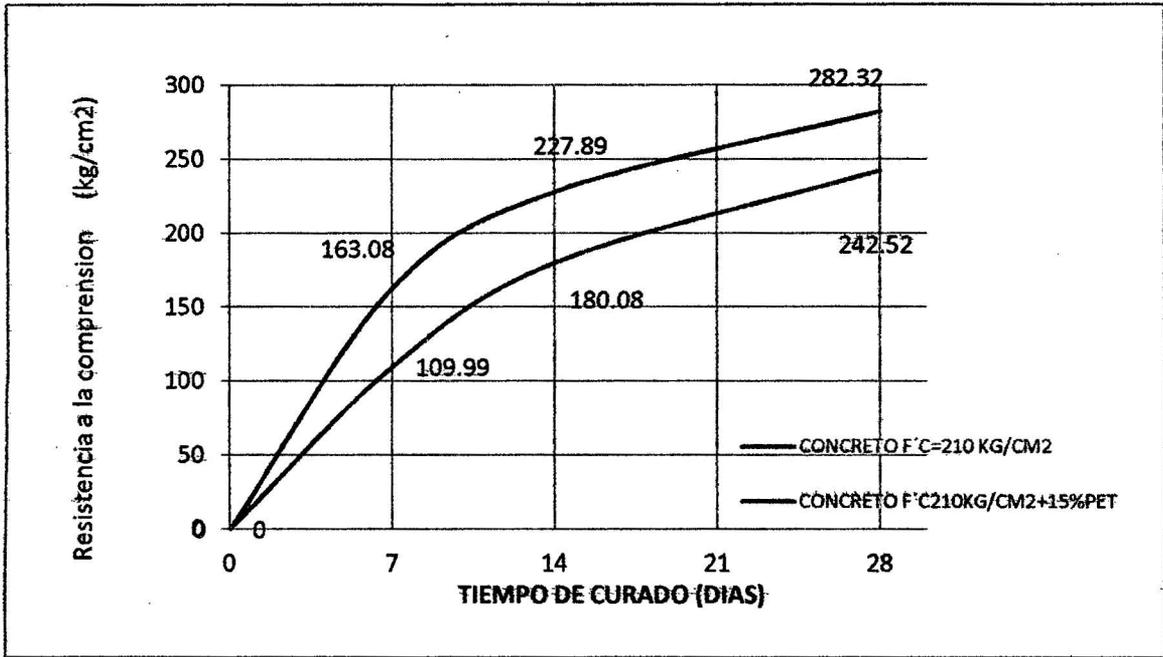


Figura 24: Esfuerzos a compresión para Concretos $f'c = 210kg / cm^2$ y 15% PET.

El comportamiento del Concreto Pet $f'c = 210kg / cm^2$ es menor que el concreto convencional $f'c = 210kg / cm^2$, teniendo varios porcentajes de variación a los 7,14 y 28 días, estando aún por debajo de la resistencia de diseño.

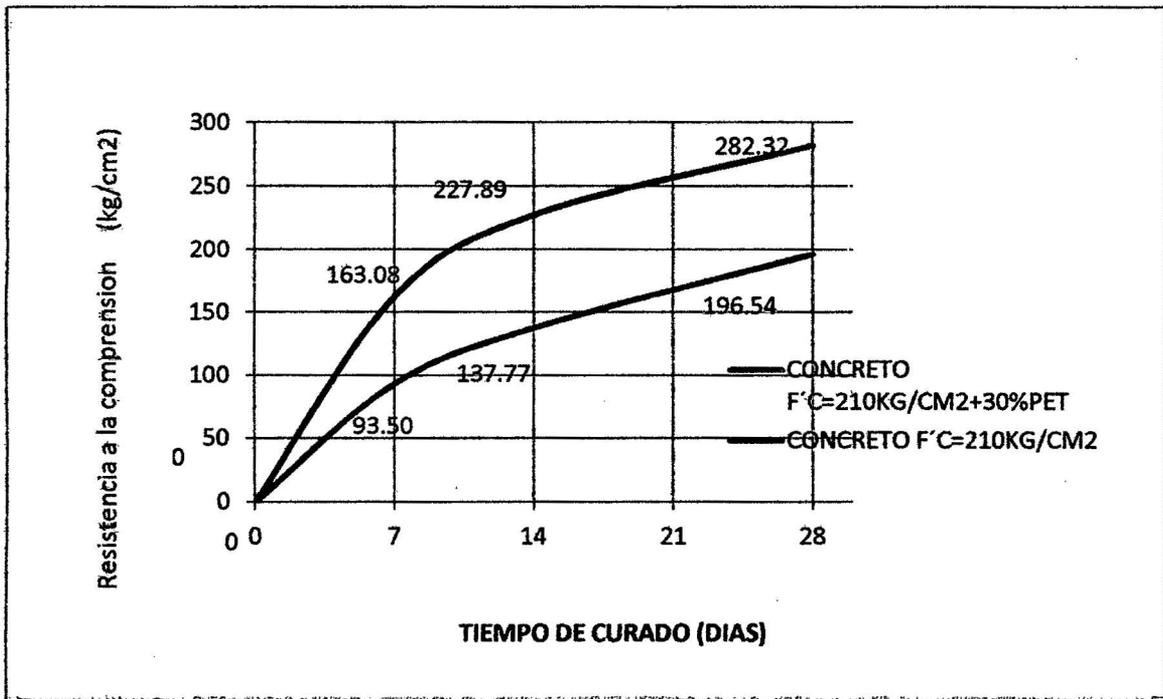


Figura 25: Esfuerzos a compresión para Concretos $f'c = 210kg / cm^2$ y 30% PET.

El comportamiento del Concreto Pet $f'c = 210kg / cm^2$ es menor que el concreto convencional $f'c = 210kg / cm^2$, teniendo varios porcentajes de variación a los 7,14 y 28 días, estando aún por debajo de la resistencia de diseño.

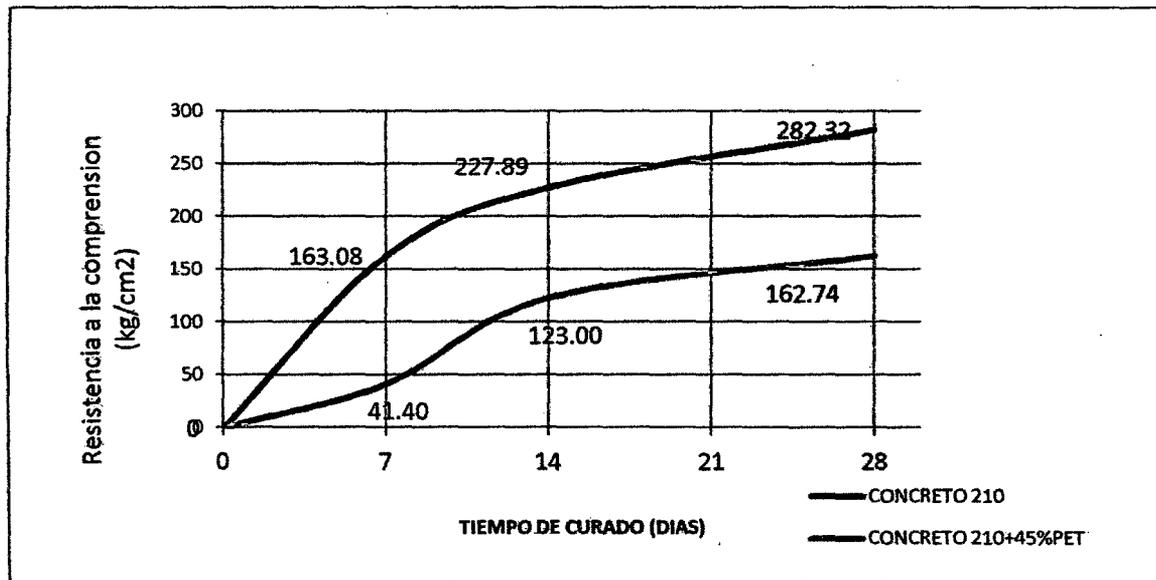


Figura 26: Esfuerzos a compresión para Concretos $f'c = 210kg / cm^2$ y 45% PET.

ANALIS ECONÓMICO

Concreto Patrón y Concreto Pet

Costo del Concreto Patrón

Mediante el análisis de costos unitarios se determinará el costo del concreto para cada una de las partidas donde participe el concreto; las características del mismo se detallan a continuación.

Costo del concreto $f'c = 210kg / cm^2$

Proporción de la mezcla en peso: 1:2,22:2,95

Materiales:

Cemento tipo I.

Arena gruesa.

Piedra chancada 1".

Agua.

Costo del concreto Pet Con el 15%.

Los materiales que participan para este caso son como sigue:

Concreto $f'c = 210kg / cm^2$

Proporción de la mezcla en peso: 1: 1,88: 2,95.

Cemento Pacasmayo tipo I

PET (pasa la malla N°4).

Arena gruesa.

Piedra chancada 1".

Agua.

En Anexos se detalla el análisis de costos unitarios para todas las partidas en las que participa el concreto. El precio unitario del PET está en función a ciertos parámetros como es: la disponibilidad de la materia prima, el estudio del mercado, la oferta y demanda, es por ello que se ha considerado el costo del PET en estado natural en un incremento del 100 % en su precio, arrojando un precio de s/ 0.10 kilo (incluido IGV).

Análisis económico:

El análisis de costos de cada una de las partidas para cada caso nos permite poder hacer un Análisis Comparativo para cada una de ellas y de esta manera comprobar si conviene o no fabricar concretos con incorporación de PET (Polietileno Tereftalato) desde el punto de vista económico y estructural. En el siguiente tabla 49 se indica el costo para cada partida en la que interviene el concreto.

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Tabla 27: Análisis de costos unitarios para un concreto f'c: 210 kg/cm²

Descripción	Costo del Concreto Patrón	Costo del Concreto Con 15% De PET	Ahorro
ZAPATAS F'C=210 KG/CM2	S/. 313.89	S/. 310.43	S/. 3.47
VIGAS DE CIMENTACION F'C=210 KG/CM2	S/. 335.98	S/. 334.35	S/. 1.64
COLUMNAS F'C=210 KG/CM2	S/. 344.72	S/. 343.08	S/. 1.64
VIGAS F'C=210 KG/CM2	S/. 344.72	S/. 343.08	S/. 1.64
LOSAS ALIGERADAS F'C=210 KG/CM2	S/. 334.11	S/. 332.47	S/. 1.64
LOSAS MACIZAS F'C=210 KG/CM2	S/. 344.72	S/. 343.08	S/. 1.64

Expresión de resultados:

Se puede Notar que al fabricar concretos con incorporación de PET se incrementa el Monto cada vez que aumenta el porcentaje de participación de PET, consiguiendo concretos más caros que el concreto Patrón (Sin Pet), como en nuestro caso hemos trabajado con 15% de PET hemos llegado a tener una disminución de hasta S/.1.64 en cada partida por metro cúbico de concreto.

V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.-CONCLUSIONES.

Se evaluó la resistencia a la compresión entre el concreto convencional y el concreto PET (15%,30%,45%), en la cual se obtuvo resultados favorables para un concreto PET (15%) y no favorables al concreto PET (30% ,45%), es por ello que el análisis comparativo se realizó con la dosificación con el 15 % de PET, la cual encapsula 40,63kg de PET para un concreto PET $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$.

La resistencia de compresion realizados a los 7,14 y 28 dias para el concreto pet y el concreto convencional fueron respectivamente de 163.08kg/cm^2 , 227.89kg/cm^2 , 282.32kg/cm^2 y el concreto Pet(15%) es 109.99kg/cm^2 , 180.08kg/cm^2 , 242.52kg/cm^2 , debido a que si bien el esfuerzo a compresión disminuye solo en un 12,5%, que es un valor aceptable, la cantidad de material reciclado incorporado es considerable, y es un porcentaje manejable por comprobación experimental.

La elaboración del concreto PET es económico debido a que hemos utilizado en nuestro diseño un 15% de PET.

El concreto Pet reduce su peso respecto al concreto convencional $f'c=210\text{kg/cm}^2$, además ayuda a evitar la contaminación ambiental a ser encapsulado dentro del concreto.

Durante la elaboración del concreto fresco, a medida que aumentamos el porcentaje (10%, 25%, 50%) de PET al concreto, la consistencia (slump) de la mezcla disminuye de 4" (según diseño) a 1.5". Reduciendo su trabajabilidad considerablemente.

El concreto Pet si es recomendable porque nos ayuda a reducir problemas de contaminación, aunque no es económico si se utiliza mayor % de PET en el diseño de mezclas, debido a que no existe máquina trituradora en planta.

5.2.- RECOMENDACIONES.

Antes de triturar los envases reciclados se recomienda lavar y quitar las etiquetas, para utilizarlo como agregado fino debe estar limpio de impurezas y malezas que no afecten al diseño de mezclas.

Se recomienda usar el concreto PET en elementos estructurales que soporten cargas a compresión, en elementos estructurales a flexión es recomendable siempre y cuando lleve refuerzo de varillas de acero. Los elementos estructurales en el que puede usarse son: Zapatas, Vigas de Cimentación, Columnas, Vigas, Losa Aligeradas, losas macizas, losas deportivas.

Se recomienda diseñar con un asentamiento (slump) mayor a lo solicitado, aumentando en un rango de +1 a +2. Es decir si se quiere obtener un asentamiento de 4", se debe diseñar con un slump de 5" o 6" ya que el PET disminuye la trabajabilidad del mismo.

El costo de dicho concreto aumentara si se agrega mayor % de PET al diseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Cañizares. F. & Moreno. R. (2011). Agregado alternativo para fabricación de bloques y adoquines en base a polietileno tereftalato. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
2. Gaggino. R. (2008). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la construcción. Revista INVI, 23 (063), 137-163.
3. NTP 339.033:2009. HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de los especímenes de concreto de campo. 3a. ed. Lima: INDECOPI ,2009. 17 p.
4. Rony Benites y Alberto. 2013. Estudio comparativo de elementos fabricados de concreto con material reciclado pet (polietileno tereftalato) y de concreto convencional". CHICLAYO , 120-148
5. Pietrobelli. E. R. (2010). Estudo de viabilidade e do pet reciclado em concreto sob aspecto da resistência a compressão. Chapecó: Universidad e Comunitária da Região de Chapecó.PE:137
6. Hernández Hernández J.(2011).Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaboradas con materiales de reciclaje: plásticos.PE:87
7. Mendez silva. E A. (2012).Propuesta para la sustitución de agregados pétreos por agregados Pet, en diseño de mezclas de concreto con resistencia de 210kg/cm^2 usado en banquetas, guarniciones y firmes.

LINKOGRAFIAS

1. Biblioteca virtual Indecopi. Disponible en:
http://www.indecopi.gob.pe/0/home_biblioteca_virtual.aspx
2. The Society of the Plastics Industry. (s.f.). SPI. The plastic industry trade association.
Obtenido de <http://www.plasticsindustry.org/>

ANEXOS

ANEXO A

PANEL FOTOGRAFICO

1. MATERIALES EMPLEADOS

- Arena. Cantera Arenera Jaén-Jaén-Cajamarca.
- Piedra Chancada de 1", Cantera Arenera Jaén-Jaén-Cajamarca.
- Cemento Pacasmayo tipo I
- Pet (Polietileno Tereftalato)
- Agua potable.



Figura 27: Agregado fino



Figura 28: Recojo del agregado grueso



Figura 29: Pet (polietileno tereftalato)



Figura 30.- Máquina trituradora del Pet.

2. ENSAYO DE MATERIALES EMPLEADOS

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.021; 2002) (ASTM C 127)

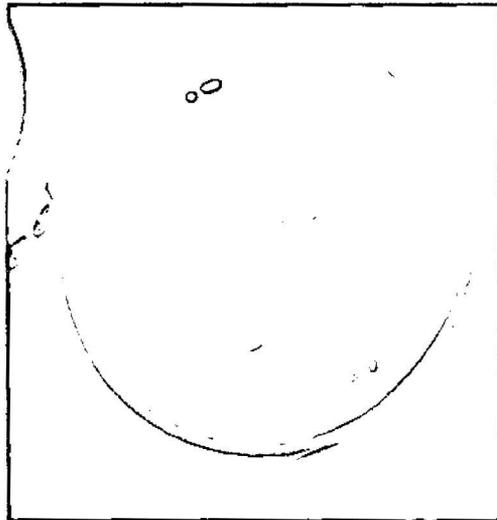


Figura 31: Muestra saturada en agua.

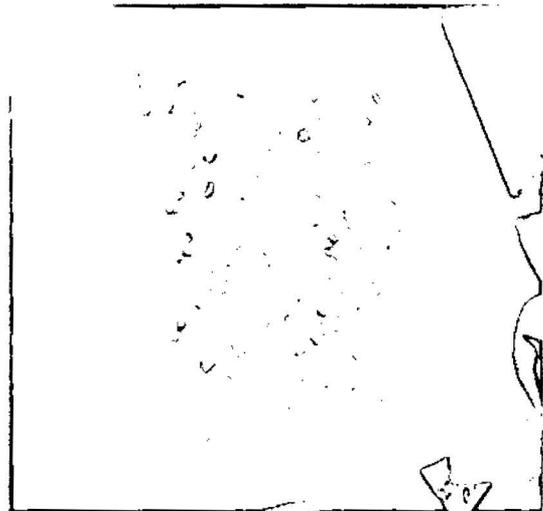


Figura 32: Muestra saturada en agua.



Figura 33: Peso de la muestra saturada
Con superficie seca

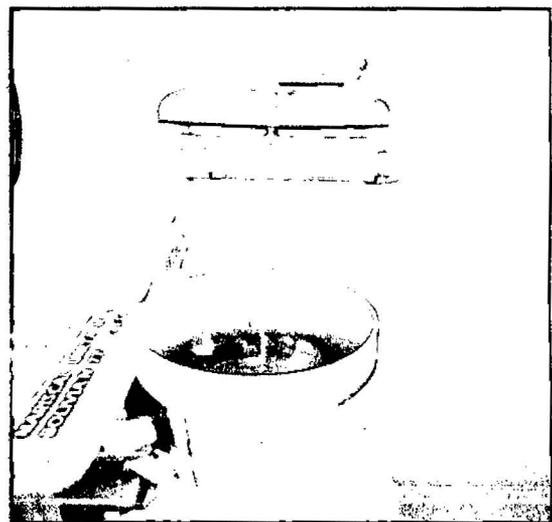


Figura 34: Peso de la muestra en agua

2.1. PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022; 2002) (ASTM C 128)



Figura 35: Muestra ventilada con aire tibio

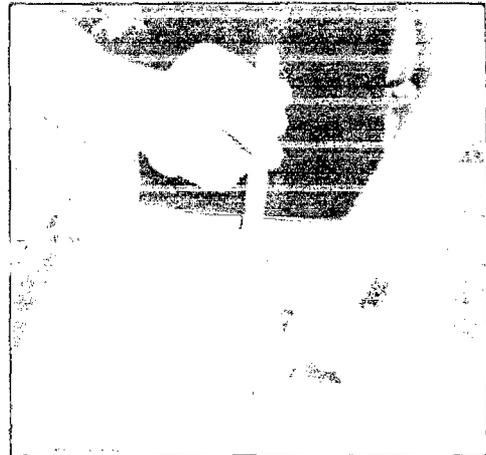


Figura 36: Ensayo del cono de la muestra

2.2. PESOS VOLUMÉTRICOS SECOS, SUELTOS Y COMPACTADOS (NTP 400,017; 2011) (ASTM C 29).

Determinación del peso compactado

SE COLOCA LA MUESTRA EN EL DEPOSITO Y SE COMPACTA

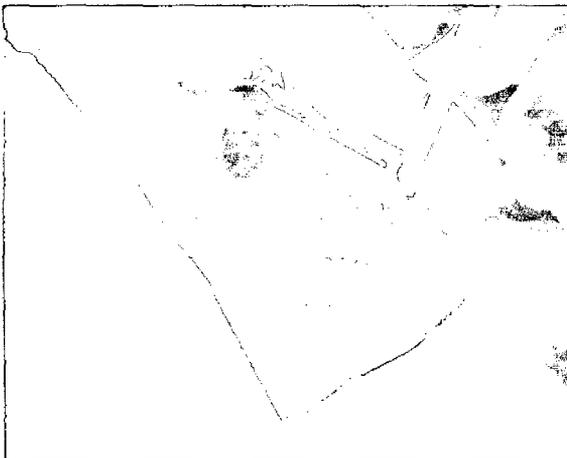


Figura 37: Se coloca la muestra en el depósito



Figura 38: compactando la muestra.

ENRASAR Y PESAR LA MUESTRA



Figura 39: Enrasando la muestra.

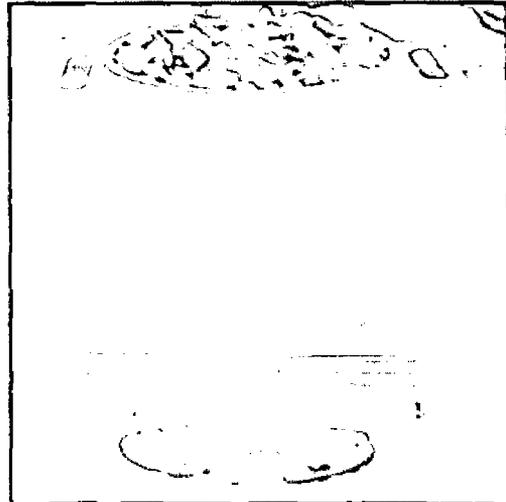


Figura 40: Pesando la muestra.

2.3. DETERMINACIÓN DEL PESO SUELTO AGREGADO FINO Y PET

SE COLOCA LA MUESTRA EN EL DEPOSITO Y SE ENRASA Y SE PESA.

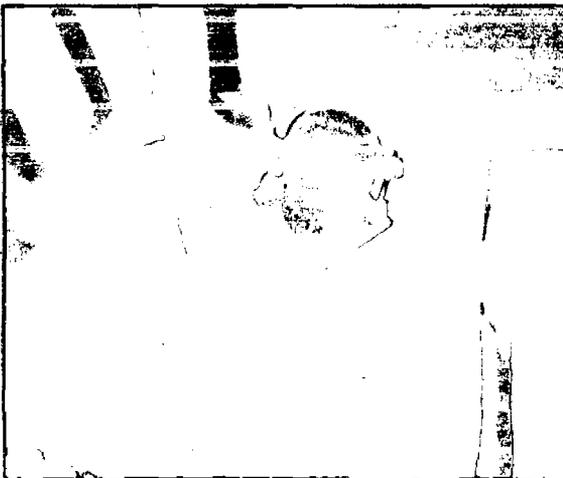


Figura 41: Colocando la muestra en el
Deposito

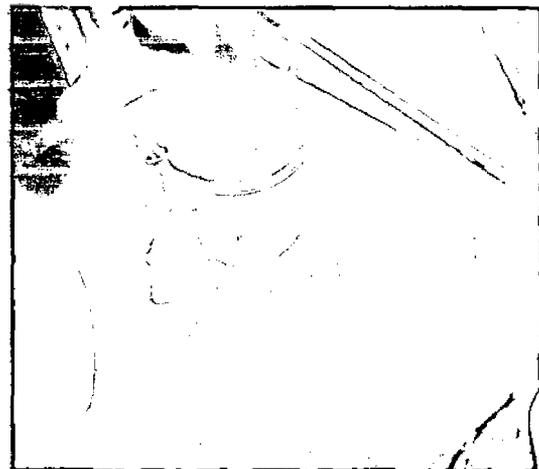


Figura 42: Enrasando la muestra para su peso

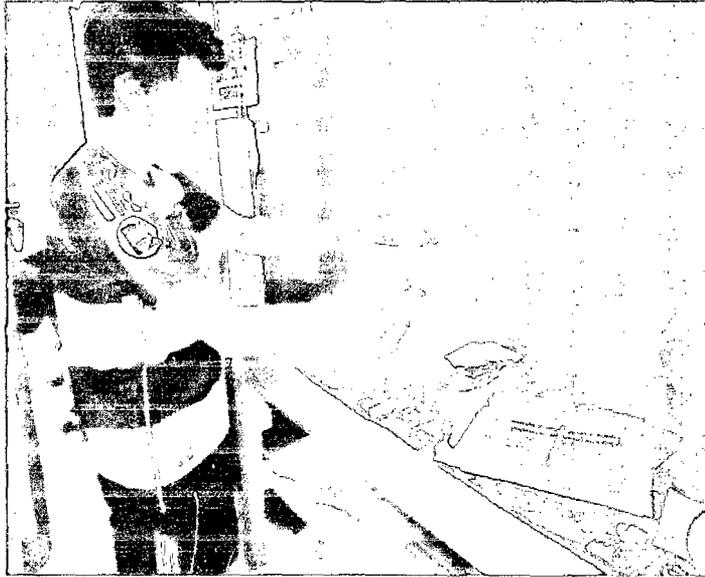


Figura 43: Pesando la muestra.

3. DISEÑO DE MEZCLAS

COLOCAR LOS AGREGADOS EN EL ORDEN DE: PIEDRA CHANCANDA,
AREANA, PET, CEMENTO, AGUA



Figura 44: Pesando los agregados

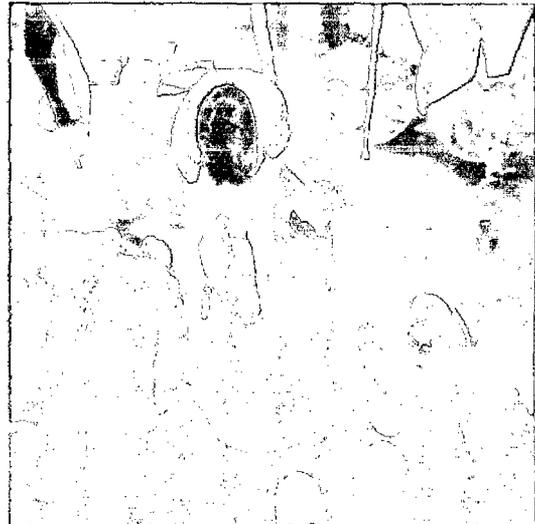


Figura 45: agregando los agregados.



Figura 46: Mezclando los agregados

4.-CALCULANDO EL SLUMP (CONCRETO CONVENCIONAL Y CONCRETO PET)

CONCRETO CONVENCIONAL:

SLUMP 3" – 4" (CONCRETO CONVENCIONAL)



Figura 47: Nivelando para medir el slump.

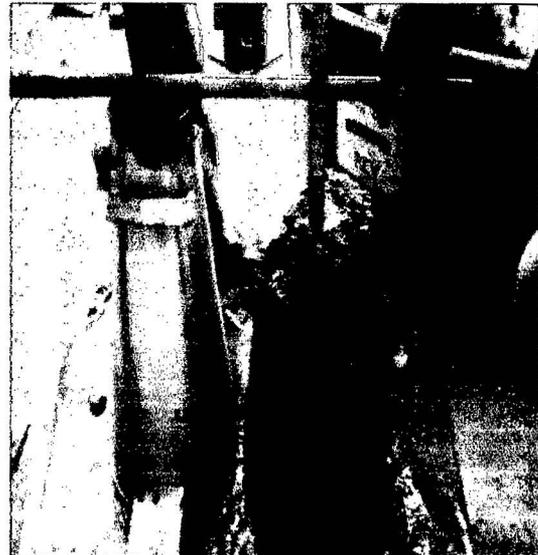


Figura 48: Midiendo el slump.

CONCRETO PET (POLIETILENO TEREFALATO)

SLUMP 1.5"-3" (CONCRETO PET)



Figura 49: Apisonado de la muestra en el Cono de Abrams.



Figura 50: Midiendo el slump.

5.-ELABORACION DE PROBETAS CILINDRICAS.



Figura 51: Llenado de las capas de la probeta.



Figura 52: chuseado del material en la Probeta (25 golpes por capa por 3 capas)



Figura 53: Enrazado de la probeta
y dejar secar para luego llevar a curar.

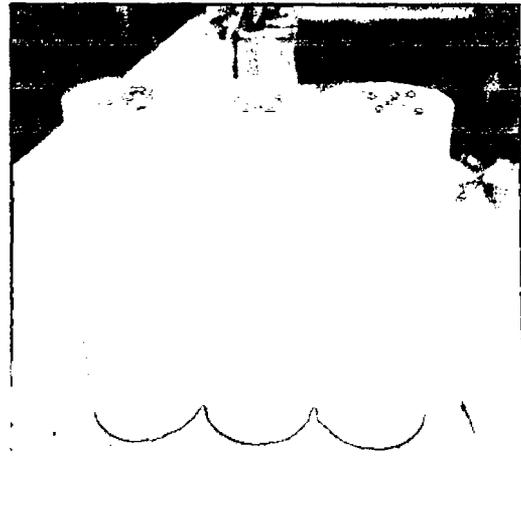


Figura 54: Probeta lista para ser curada.

6.-CURADO DE LAS PROBETAS CILINDRICAS.

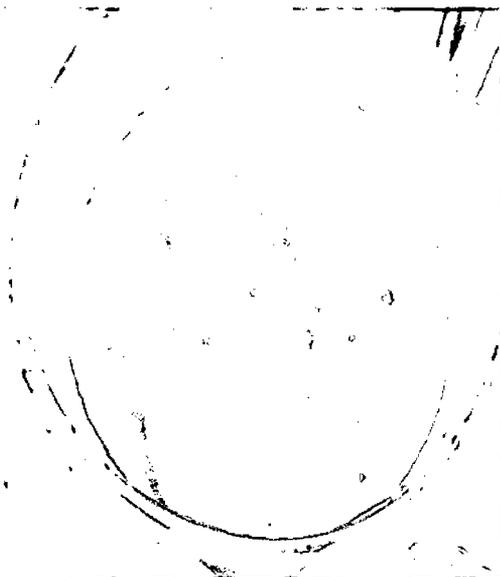


Figura 55: Probeta con PET.



Figura 56: Probeta de concreto convencional.

7.-ENSAYO AL CONCRETO ENDURECIDO (COMPRESION)



Figura 57: Probeta después del curado.



Figura 58: pesado de la probeta.



Figura 59: Ensayando la probeta.



Figura 60: Fracturas después del ensayo.

ANEXO B

DISEÑO DE MEZCLAS ACI-211



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

Tesis: EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO CONVENCIONAL $F'_{c}=210\text{kg/cm}^2$ Y EL CONCRETO CON MATERIAL RECICLADO POLITILENO TEREFTALATO(PET) EN LA CIUDAD DE JAEN-CAJAMARCA

Tesistas PERALTA GUEVARA RONAL

Ubicación JAÉN-CAJAMARCA

Fecha de Ensayo

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

I. DATOS Muestra :500 gr

1.- Peso de la arena superficialmente seca + peso del frasco + peso del agua	(gr)	1169.2	1109.3
2.- Peso de la arena superficialmente seca + peso del frasco	(gr)	861.00	804.50
3.- Peso del agua	(gr)	308.20	304.80
4.- Peso de la arena secada al horno + peso del frasco	(gr)	791.50	791.50
5.- Peso del frasco	(gr)	304.50	304.50
6.- Peso de la arena secada al horno	(gr)	487.0	487.0
7.- Volumen del frasco	(cm ³)	500.0	500.0

II.- RESULTADOS

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.539	2.495
2.- PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)	2.607	2.673
3.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm ³)	2.724	2.673
4.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	2.669	2.7



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesis:

EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO CONVENCIONAL $F'c=210\text{kg/cm}^2$ Y EL CONCRETO CON MATERIAL RECICLADO POLIETILENO TEREFALATO(PET) EN LA CIUDAD DE JAEN-CAJAMARCA

Tesistas

RONAL PERALTA GUEVARA

Ubicación

JAÉN-CAJAMARCA

Fecha de Ensayo

Ensayo : Peso Unitario del Agregado Fino

Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

1.- PESO UNITARIO SUELTO

I. DATOS

- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9780	9778
- Peso del recipiente	(gr.)	6078	6078
- Peso de muestra	(gr.)	3702	3700
- Constante ó Volumen	(m ³)	2159	2159
- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1.7147	1.7138
- Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1.714	
- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1.667	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	10052	10048
- Peso del recipiente	(gr.)	6078	6078
- Peso de muestra	(gr.)	3974	3970
- Constante ó Volumen	(m ³)	2159	2159
- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1.8407	1.8388
- Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1.840	
- Peso unitario seco compactado (Promedio)	(kg/m ³)	1.789	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

N.T.P. 339.185 / ASTM C-535

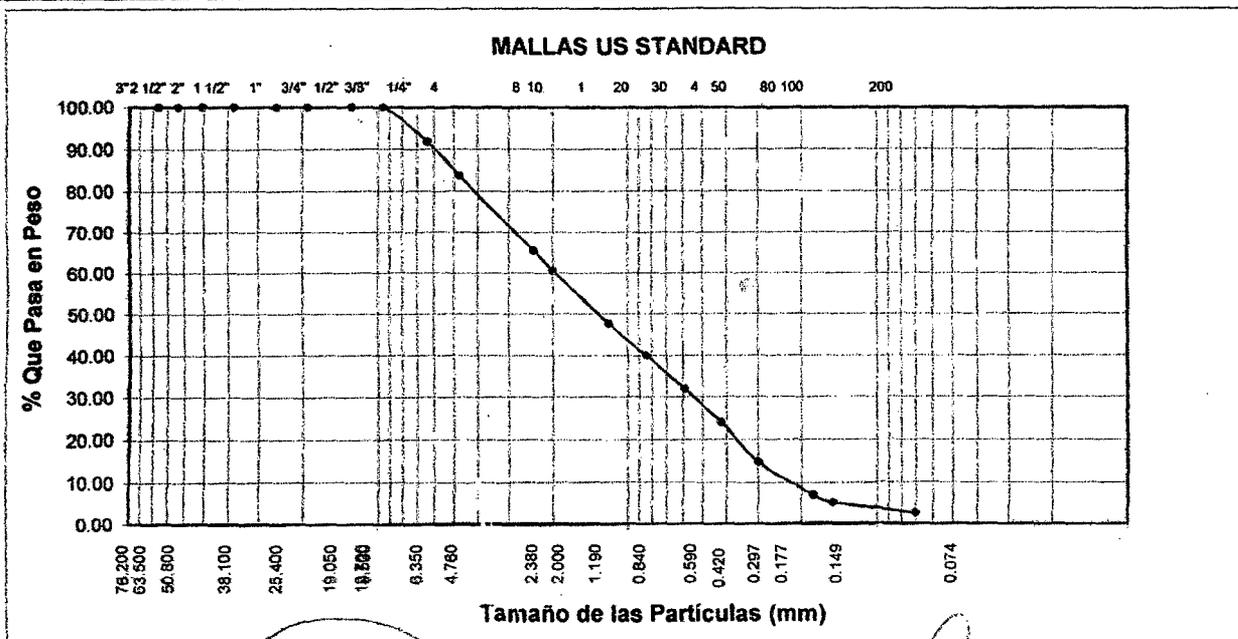
- Peso de muestra húmeda	(gr.)	152.62	150.00
- Peso de muestra seca	(gr.)	148.10	146.15
- Peso de recipiente	(gr.)	31.25	31.25
- Contenido de humedad	(%)	3.052	2.634
- Contenido de humedad (promedio)	(%)	2.843	

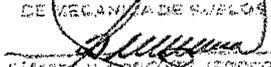
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMA ASTM D422

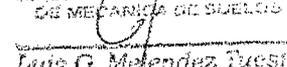
SOLICITA : BACHILLER RONAL PERALTA GUEVARA
PROYECTO : EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ Y EL CONCRETO CON MATERIAL RECICLADO POLIETILENO, TEREFALATO EN LA CIUDAD DE JAEN
UBICACIÓN : DIST. JAEN - PROV. JAEN - DEP. CAJAMARCA
CANTERA : ARENERA JAEN
FECHA : 16 DE SETIEMBRE DEL 2014

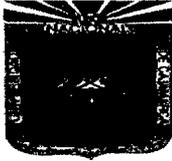
MUESTRA Nº: M - 01

Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
Pulg.	mm.					
3"	76.20					AGREGADO FINO PARA ELABORACION DE CONCRETO
2 1/2"	63.50					
2"	50.80					
1 1/2"	38.10					
1"	25.40					
3/4"	19.05					
1/2"	12.70					
3/8"	9.53				100.00	
1/4"	6.35	41.27	8.25	8.25	91.75	
Nº 04	4.76	40.22	8.04	16.30	83.70	
Nº 08	2.38	91.42	18.28	34.58	65.42	L.L. : L.P. : I.P. : CLASIFICACION AASHTO : Módulo de Fineza: 3.51 Humedad Natural : 3.05 % OBSERVACIONES: Arena procedente de la cantera Arenera Jaén para elaboración de concreto $f_c = 210 \text{ Kg./cm}^2$. Muestras proporcionadas por el solicitante
Nº 10	2.00	24.28	4.86	39.44	60.56	
Nº 16	1.19	64.45	12.89	52.33	47.67	
Nº 20	0.84	39.30	7.86	60.19	39.81	
Nº 30	0.59	39.51	7.90	68.09	31.91	
Nº 40	0.42	39.63	7.93	76.02	23.98	
Nº 60	0.30	46.03	9.21	85.22	14.78	
Nº 80	0.18	38.44	7.69	92.91	7.09	
Nº 100	0.15	8.98	1.80	94.71	5.29	
Nº 200	0.07	12.48	2.50	97.20	2.80	
<Nº 200		13.99	2.80	100.00	0.00	
Peso Inicial		500.00				



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

 MÓNICA HERRERA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

 Luis G. Melendez Fiestre



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Tesis

EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO CONVENCIONAL
 $F_c=210\text{kg/cm}^2$ Y EL CONCRETO CON MATERIAL RECICLADO POLILENO TEREFTALATO(PET) EN
LA CIUDAD DE JAEN-CAJAMARCA

Tesistas RONAL PERALTA GUEVARA
Ubicación JAÉN-CAJAMARCA
Fecha de Ensayo

Ensayo : Peso Especifico y Absorción del Agregado Grueso
Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.021

ARENERA JAEN

I. DATOS

1.- Peso de la muestra secada al horno	(gr)	4169.0
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	(gr)	4202.9
3.- Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	(gr)	2729.6
4.- Peso de la canastilla	(gr)	88.3
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(gr)	2653.3

II. - RESULTADOS

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm^3)	2.690
2.- PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm^3)	2.712
3.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm^3)	2.751
4.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.813



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

Tesis

EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO CONVENCIONAL
 $F'c=210\text{kg/cm}^2$ Y EL CONCRETO CON MATERIAL RECICLADO POLIETILENO TEREFALATO(PET)
EN LA CIUDAD DE JAEN-CAJAMARCA

Tesistas

RONAL PERALTA GUEVARA

Ubicación

JAÉN-CAJAMARCA

Fecha de Ensayo

Ensayo

: Peso unitario del agregado grueso

Referencia

: Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

1.- PESO UNITARIO SUELTO

- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9085	9075
- Peso del recipiente	(gr.)	6078	6078
- Peso de muestra	(gr.)	3007	2997
- Constante ó Volumen	(m ³)	2159	2159
- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1.393	1.388
- Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1.390	
- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1.376	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9290	9280
- Peso del recipiente	(gr.)	6078	6078
- Peso de muestra	(gr.)	3212	3200
- Constante ó Volumen	(m ³)	2159	2159
- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1.488	1.482
- Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1.485	
- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1.470	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

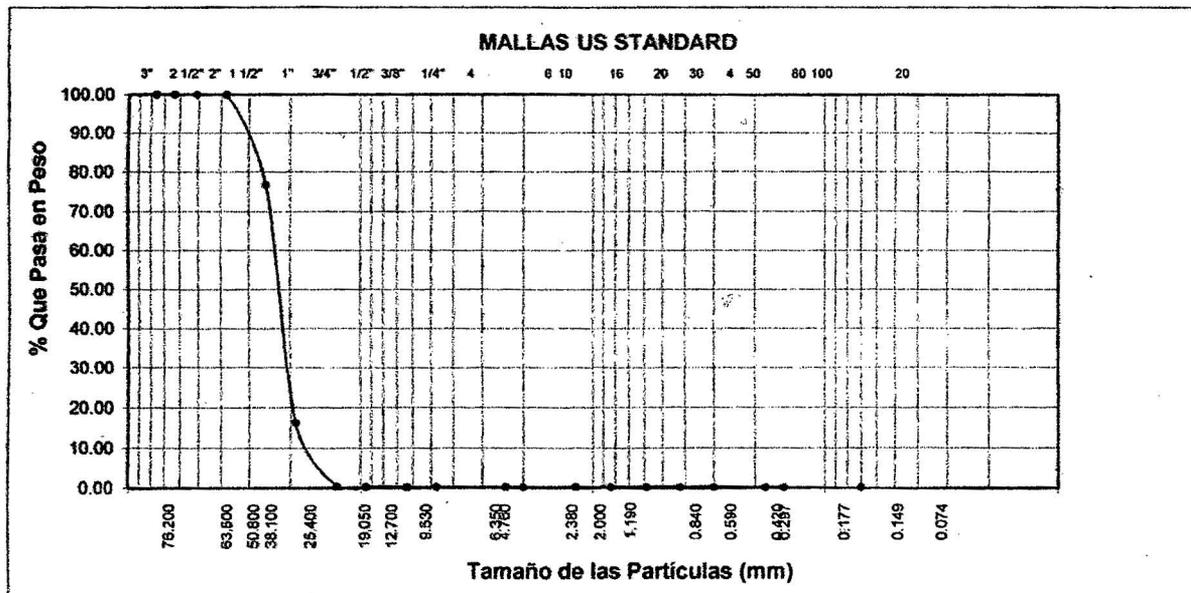
- Peso de muestra húmeda	(gr.)	946.6	949.3
- Peso de muestra seca	(gr.)	936.9	939.6
- Peso de recipiente	(gr.)	79.5	79.5
- Contenido de humedad	(%)	1.035	1.032
- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.034	

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
NORMA ASTM D422

SOLICITA : BACHILLER RONAL PERALTA GUEVARA
PROYECTO : EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO CONVENCIONAL $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ Y EL CONCRETO CON MATERIAL RECICLADO POLIETILENO, TEREFALATO EN LA CIUDAD DE JAEN
UBICACIÓN : DIST. JAEN - PROV. JAEN - DEP. CAJAMARCA
CANTERA : ARENERA JAEN
FECHA : 16 DE SETIEMBRE DEL 2014

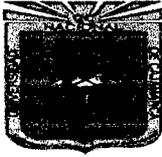
MUESTRA Nº: M - 01

Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
Pulg.	mm.						
3"	76.20						AGREGADO GRUESO PARA ELABORACION DE CONCRETO
2 1/2"	63.50						
2"	50.80						
1 1/2"	38.10				100.00		
1"	25.40	805.00	23.28	23.28	76.72		
3/4"	19.05	2090.00	60.44	83.72	16.28		
1/2"	12.70	547.00	15.82	99.54	0.46		
3/8"	9.53	6.00	0.17	99.71	0.29		
1/4"	6.35	1.54	0.04	99.76	0.24		
Nº 04	4.76	0.46	0.01	99.77	0.23		
Nº 08	2.38						Humedad Natural : 1.13 %
Nº 10	2.00						OBSERVACIONES: Piedra Chancada procedente de la cantera Arenera Jaén para elaboración de concreto $f_c = 210 \text{ Kg./cm}^2$.
Nº 16	1.19						
Nº 20	0.84						
Nº 30	0.59						
Nº 40	0.42						
Nº 50	0.30						
Nº 80	0.18						
Nº 100	0.15						
Nº 200	0.07						
<Nº 200		8.00	0.23	100.00	0.00		
Peso Inicial		3458.00					



MAGMA SAC - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
[Signature]

MAGMA SAC - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
[Signature]
ING. RESPONSABLE - CIP 58121



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Tesis

EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO CONVENCIONAL
F'c=210kg/cm2 Y EL CONCRETO CON MATERIAL RECICLADO POLITILENO
TEREFTALATO(PET) EN LA CIUDAD DE JAEN-CAJAMARCA

Tesistas

RONAL PERALTA GUEVARA

Ubicación

JAÉN-CAJAMARCA

Fecha de Ensayo

Ensayo

: Peso unitario del PET

Referencia

: Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

1.- PESO UNITARIO SUELTO

- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	6683	6500
- Peso del recipiente	(gr.)	6078	6078
- Peso de muestra	(gr.)	605	605
- Constante ó Volumen	(m ³)	2159	2159
- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	0.28	0.28
- Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	0.28	
- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	0.280	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	6826	4235
- Peso del recipiente	(gr.)	6078	6078
- Peso de muestra	(gr.)	748	748
- Constante ó Volumen	(m ³)	2159	2159
- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	0.346	0.346
- Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	0.346	
- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	0.346	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

N.T.P. 339.185 / ASTM C-535

- Peso de muestra húmeda	(gr.)	400	400
- Peso de muestra seca	(gr.)	400	400
- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
- Contenido de humedad	(%)	0.000	0.000
- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.000	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Tesis

**EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO
 CONVENCIONAL $f_c=210\text{kg/cm}^2$ CON MATERIAL RECICLADO POLIETILENO
 TEREFALATO(PET) EN LA CIUDAD DE JAÉN -CAJAMARCA**

Tesis : RONAL PERALTA GUEVARA

Ubicación : JAEN-CAJAMARCA

Fecha de Ensayo

ENSAYO : DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO (Sin aire incorporado)

REFERENCIA : RECOMENDACIÓN ACI 211

DISEÑO DE RESISTENCIA

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

I.) Datos del agregado grueso : ARENERA JAEN

01.- Tamaño máximo nominal	1" pulg.
02.- Peso específico seco de masa	2690 Kg/m ³
03.- Peso Unitario compactado seco	1470 Kg/m ³
04.- Peso Unitario suelto seco	1376 Kg/m ³
05.- Contenido de humedad	1.04 %
06.- Contenido de absorción	0.81 %

II.) Datos del agregado fino ARENERA JAEN

07.- Peso específico seco de masa	2539 Kg/m ³
08.- Peso unitario seco suelto	1667 Kg/m ³
09.- Contenido de humedad	3.05 %
10.- Contenido de absorción	2.67 %
11.- Módulo de finza (adimensional)	3.51

III.) Datos de la mezcla y otros

12.- Resistencia especificada a los 28 días	F'_{cr}	294 Kg/cm ²
13.- Relación agua cemento	$R^{a/c}$	0.550
14.- Asentamiento		3 Pulg.
15.- Volumen unitario del agua	: Potable de la zona	193 L/m ³
16.- Contenido de aire atrapado		1.5 %
17.- Volumen del agregado grueso		0.591 m ³
18.- Peso específico del cemento	: Portland tipo I	3150 Kg/m ³
19.- Aditivo : Sin Aditivo		0.000 %
20.- Densidad aparente del aditivo		0.000 g/cm ³

IV.) Cálculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a.- Cemento	351	0.111		
b.- Agua	193	0.193		
c.- Aire	1.5	0.015	Corrección por humedad	Agua Efectiva
d.- Arena	908	0.358	51 936	-3.58
e.- Grava	862	0.323	49 878	<u>-1.95</u>
	2322	1.000		-6

V.) Resultado final de diseño (húmedo)

CEMENTO	351
AGUA	187.47
ARENA	780 43
PIEDRA	1034 57
Sin Aditivo	<u>0.000</u>
	2352

VI.) Tarda de ensayo

	0.006394 m³
F'_{c} cemento (en bolsa)	8.26
$R^{a/c}$ de diseño	0.550
$R^{a/c}$ de obra	0.534
Aditivo en Kg/m ³	0.000

VII.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

En bolsa de 1 pie ³ P	1.0	2.22	2.95	22.7	Lts/pie ³
En bolsa de 1 pie ³ V	1.0	2.01	3.22	22.7	Lts/pie ³



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesis

: EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN
 CONCRETO CONVENCIONAL $F_c=210\text{kg/cm}^2$ Y EL CONCRETO CON
 MATERIAL RECICLADO POLIETILENO TEREFALATO(PET) EN
 LA CIUDAD DE JAEN- CAJAMARCA

Tesistas

RONAL PERALTA GUEVARA

Ubicación

JAÉN-CAJAMARCA

Fecha de Ensayo

ENSAYO

: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON 15 % PET (Sin aire incorporado)

REFERENCIA

: RECOMENDACIÓN ACT 211

DISEÑO DE RESISTENCIA

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

I.) Datos del agregado grueso

: ARENERA JAEN

01.- Tamaño máximo nominal	1" pulg.
02.- Peso específico seco de masa	2690 Kg/m^3
03.- Peso Unitario compactado seco	1470 Kg/m^3
04.- Peso Unitario suelto seco	1376 Kg/m^3
05.- Contenido de humedad	1.04 %
06.- Contenido de absorción	0.81 %

II.) Datos del agregado fino

ARENERA JAEN

07.- Peso específico seco de masa	2539 Kg/m^3
08.- Peso unitario seco suelto	1667 Kg/m^3
09.- Contenido de humedad	3.05 %
10.- Contenido de absorción	2.67 %
11.- Módulo de fineza (adimensional)	3.51

III.) Datos del PET

07.- Peso específico seco de masa	882.00 Kg/m^3
08.- Peso unitario seco suelto	280.23 Kg/m^3
09.- Peso unitario compactado seco	346.00 Kg/m^3
09.- Módulo de fineza (adimensional)	3.65

IV.) Datos de la mezcla y otros

12.- Resistencia especificada a los 28 días	F'_{cr}	294 Kg/cm^2
13.- Relación agua cemento	$R^{a/c}$	0.550
14.- Asentamiento		3 Pulg.
15.- Volumen unitario del agua	: Potable de la zona.	193 L/m^3
16.- Contenido de aire atrapado		1.5 %
17.- Volumen del agregado grueso		0.591 m^3
18.- Peso específico del cemento	: Tipo 1 Pacasmayo	3150 Kg/m^3
19.- Aditivo : Sin Aditivo		0.000 %
20.- Densidad aparente del aditivo		0.000 g/cm^3

V.) Cálculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a.- Cemento	351	0.111		
b.- Agua	193	0.193		
c.- Aire	1.5	0.015	Corrección por humedad	Agua Efectiva
d.- Arena	908	0.358	51 936	-3.58
e.- Grava	<u>868.623</u>	<u>0.323</u>	49 878	<u>-1.95</u>
	2322	1.000		<u>-5.531</u>

VI.) Resultado final de diseño (húmedo)

CEMENTO	351	
AGUA	187	
ARENA	780	43
PIEDRA	<u>1034</u>	<u>57</u>
	2352	

VI.) Tanda de ensayo

	6.731 kg	0.019182 m^3	
	3.596 L	$F'_{cemento (en bolsas)}$	8.26
	14.960 kg	$R^{a/c \text{ de diseño}}$	0.550
	<u>19.830 kg</u>	$R^{a/c \text{ de obra}}$	0.534
	45.117		

SUSTITUYENDO UN PORCENTAJE DE PET AL AGREGADO FINO (EN VOLUMEN)

VARIACION DE LA ARENA	0.85
VARIACION DEL PET	0.15

VII.) VOLUMEN ABSOLUTOS DE LA DOSIFICACION CON PET

CEMENTO	0.111	CEMENTO	0.111
AGUA	0.188	AGUA	0.188
ARENA	0.307	ARENA	0.261
PIEDRA	0.384	PIEDRA	0.384
		PET	<u>0.046</u>

	1		1
VIII.) Resultado final de diseño (húmedo)		VI.) Tarea de ensayo	0.019192 m³
CEMENTO	351	6.731 kg	F cemento (en bolsas) 8.26
AGUA	188.01	3.606 L	R a/c de diseño 0.550
ARENA	663	12.716 kg	R a/c de obra 0.536
PIEDRA	1033.8	19.830 kg	
PET	<u>40.636</u>	<u>0.779</u> kg	
	2276	43.663	

VII.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

En bolsa de 1 pie ³ P	1.0	1.889	2.95	0.12	22.8	Lts/pie ³
En bolsa de 1 pie ³ V	1.0	1.71	3.22	0.20	22.8	Lts/pie ³



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesis

: EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO CONVENCIONAL. $F'c=210\text{kg/cm}^2$ Y EL CONCRETO CON MATERIAL RECICLADO POLIETILENO TEREFALATO(PET) EN LA CIUDAD DE JAEN- CAJAMARCA

Tesistas : RONAL PERALTA GUEVARA

Ubicación : JAÉN-CAJAMARCA

Fecha de Ensayo

ENSAYO : DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON 30 % PET (Sin aire incorporado)

REFERENCIA : RECOMENDACIÓN ACI 211

DISEÑO DE RESISTENCIA

$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

L) Datos del agregado grueso

ARENERA JAEN

01.- Tamaño máximo nominal	1" pulg.
02.- Peso específico seco de masa	2690 Kg/m^3
03.- Peso Unitario compactado seco	1470 Kg/m^3
04.- Peso Unitario suelto seco	1376 Kg/m^3
05.- Contenido de humedad	1.04 %
06.- Contenido de absorción	0.81 %

II) Datos del agregado fino

ARENERA JAEN

07.- Peso específico seco de masa	2539 Kg/m^3
08.- Peso unitario seco suelto	1667 Kg/m^3
09.- Contenido de humedad	3.05 %
10.- Contenido de absorción	2.67 %
11.- Módulo de fineza (adimensional)	3.51

III) Datos del PET

07.- Peso específico seco de masa	882.00 Kg/m^3
08.- Peso unitario seco suelto	280.23 Kg/m^3
09.- Peso unitario compactado seco	346.00 Kg/m^3
09.- Módulo de fineza (adimensional)	3.65

IV.) Datos de la mezcla y otros

12.- Resistencia especificada a los 28 días	F'_{cr}	294 Kg/cm^2
13.- Relación agua cemento	$R^{a/c}$	0.550
14.- Asentamiento		3 Pulg.
15.- Volumen unitario del agua	: Potable de la zona	193 L/m^3
16.- Contenido de aire atrapado		1.5 %
17.- Volumen del agregado grueso		0.591 m^3
18.- Peso específico del cemento	: Tipo I Pacasmayo	3150 Kg/m^3
19.- Aditivo : Sin Aditivo		0.000 %
20.- Densidad aparente del aditivo		0.000 g/cm^3

V.) Cálculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a.- Cemento	351	0.111		
b.- Agua	193	0.193		
c.- Aire	1.5	0.015	Corrección por humedad	Agua Efectiva
d.- Arena	908	0.358	51 936	-3.58
e.- Grava	<u>868.623</u>	<u>0.323</u>	49 878	<u>-1.95</u>
	2322	1.000		<u>-5.531</u>

VI) Resultado final de diseño (húmedo)

CEMENTO	351
AGUA	187.47
ARENA	780 43
PIEDRA	<u>1034</u> 57
	2352

VI.) Tarea de ensayo

	6.731 kg	0.019182 m^3	
	3.596 L	$F'_{cemento}$ (en bolsas)	8.26
	14.960 kg	$R^{a/c}$ de diseño	0.550
	<u>19.830 kg</u>	$R^{a/c}$ de obra	0.534
	45.117		

SUSTITUYENDO UN PORCENTAJE DE PET AL AGREGADO FINO (EN VOLUMEN)

VARIACION DE LA ARENA
VARIACION DEL PET

0.7
0.3

VII. VOLUMEN ABSOLUTOS DE LA DOSIFICACION CON PET

CEMENTO	0.111	CEMENTO	0.111
AGUA	0.189	AGUA	0.189
ARENA	0.307	ARENA	0.215
PIEDRA	0.384	PIEDRA	0.384
	<u>1</u>	PET	<u>0.092</u>
			1

VIII.) Resultado final de diseño (húmedo)

CEMENTO	351
AGUA	189
ARENA	545.91
PIEDRA	1033.8
PET	<u>81.271</u>
	2200

VI.) Tarda de ensayo

	6.731 kg	0.019182 m ³	
	3.617 L	F/cemento (en bolsas)	8.26
	10.472 kg	R a/c de diseño	0.550
	19.830 kg	R a/c de obra	0.537
	<u>1.559 kg</u>		
	42.209		

VII.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

En bolsa de 1 pie ³ P	1.0	1.56	2.95	0.23	22.8	Lts/pie ³
En bolsa de 1 pie ³ V	1.0	1.40	3.22	0.40	22.8	Lts/pie ³



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tesis

: EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN
 CONCRETO CONVENCIONAL $F'c=210\text{kg/cm}^2$ Y EL CONCRETO CON
 MATERIAL RECICLADO POLIETILENO TEREFALATO(PET) EN LA CIUDAD
 DE JAEN- CAJAMARCA

Tesistas

:RONAL PERALTA GUEVARA

Ubicación

JAÉN-CAJAMARCA

Fecha de Ensayo

ENSAYO

: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO CON 45% PET (Sin aire incorporado)

REFERENCIA

: RECOMENDACIÓN ACI 211

DISEÑO DE RESISTENCIA

$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

I.) Datos del agregado grueso

ARENERA JAEN

01.- Tamaño máximo nominal	1" pulg.
02.- Peso específico seco de masa	2690 Kg/m^3
03.- Peso Unitario compactado seco	1470 Kg/m^3
04.- Peso Unitario suelto seco	1376 Kg/m^3
05.- Contenido de humedad	1.04 %
06.- Contenido de absorción	0.81 %

II.) Datos del agregado fino

ARENERA JAEN

07.- Peso específico seco de masa	2539 Kg/m^3
08.- Peso unitario seco suelto	1667 Kg/m^3
09.- Contenido de humedad	3.05 %
10.- Contenido de absorción	2.67 %
11.- Módulo de fineza (adimensional)	3.51

III.) Datos del PET

07.- Peso específico seco de masa	882.00 Kg/m^3
08.- Peso unitario seco suelto	280.23 Kg/m^3
09.- Peso unitario compactado seco	346.00 Kg/m^3
09.- Módulo de fineza (adimensional)	3.65

IV.) Datos de la mezcla y otros

12.- Resistencia especificada a los 28 días	F'_{cr}	294 Kg/cm^2
13.- Relación agua cemento	$R'_{a/c}$	0.550
14.- Asentamiento		3 Pulg.
15.- Volumen unitario del agua	: Potable de la zona	193 L/m^3
16.- Contenido de aire atrapado		1.5 %
17.- Volumen del agregado grueso		0.599 m^3
18.- Peso específico del cemento	: Tipo I Pacasmayo	3150 Kg/m^3
19.- Aditivo : Sin Aditivo		0.000 %
20.- Densidad aparente del aditivo		0.000 g/cm^3

V.) Calculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a.- Cemento	351	0.111			
b.- Agua	193	0.193			
c.- Aire	1.5	0.015	Corrección por humedad		Agua Efectiva
d.- Arena	897	0.353	50	925	-3.54
e.- Grava	880	0.327	50	889	-1.98
	2323	1.000			-5.514

VI.) Resultado final de diseño (húmedo)

CEMENTO	351	
AGUA	187	
ARENA	780	43
PIEDRA	1034	57
	<u>2353</u>	

VI.) Tanda de ensayo

	6.731 kg	0.019182 m^3	
	3.596 L	$F'_{cemento}$ (en bolsas)	8.26
	14.963 kg	$R'_{a/c}$ de diseño	0.550
	<u>19.835 kg</u>	$R'_{a/c}$ de obra	0.534
	45.126		

SUSTITUYENDO UN PORCENTAJE DE PET AL AGREGADO FINO (EN VOLUMEN)

VARIACION DE LA ARENA
 VARIACION DEL PET

0.55
0.45

VII. VOLUMEN ABSOLUTOS DE LA DOSIFICACION CON PET

CEMENTO	0.111	CEMENTO	0.111
AGUA	0.189	AGUA	0.189
ARENA	0.307	ARENA	0.169
PIEDRA	0.384	PIEDRA	0.384
	<u>1</u>	PET	<u>0.138</u>
			1

VIII. Resultado final de diseño (húmedo)

CEMENTO	350.91
AGUA	189.08
ARENA	429.04
PIEDRA	1034.04
PET	<u>121.936</u>
	2125

VI. Tarda de ensayo

6.731 kg	F/cemento (en bolsas)	8.26
3.627 L	R a/c de diseño	0.550
8.230 kg	R a/c de obra	0.539
19.835 kg		
<u>2.339 kg</u>		
40.762		

0.019182 m³

VII. Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

En bolsa de 1 pie ³ P	1.0	1.22	2.95	0.35	22.9	Lts/pie ³
En bolsa de 1 pie ³ V	1.0	1.10	3.22	0.59	22.9	Lts/pie ³

ANEXO C

RESISTENCIA A LA COMPRESION

RESULTADO DE RESISTENCIAS A COMPRESION-CONCRETO PATRON F'c=210 KG/CM²

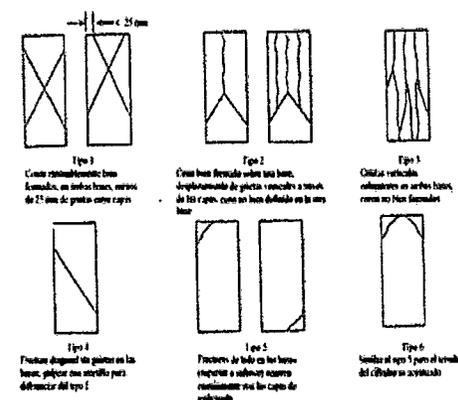
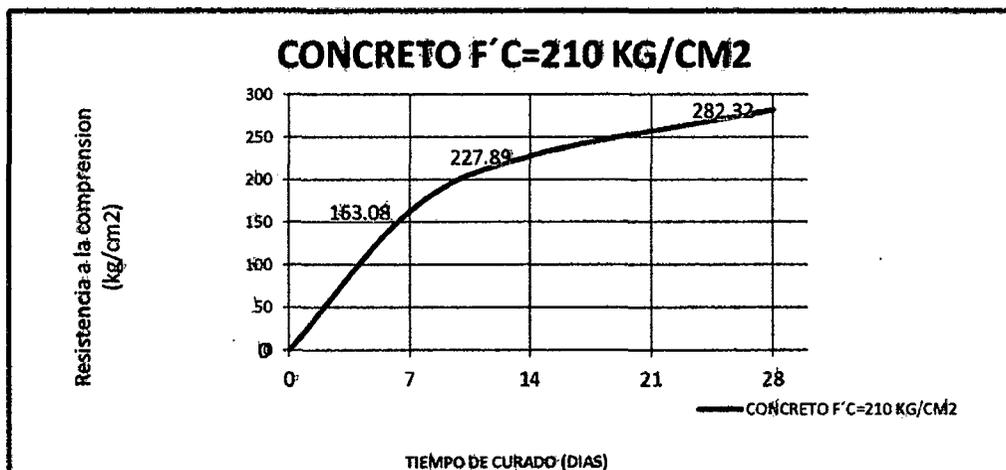
FECHA: 18 DE NOVIEMBRE DEL 2014

Ensayo: (CONCRETO). Metodo de Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilindricas.NTP 339.034 2008

Identificación: Concreto patron f'c=210 kg/cm²

F'cr=294 kg/cm²

Muestra N°	IDENTIFICACION	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad	Longitud (L) (cm)	Diametro (D) (cm)	R _{L/D}	Factor Correc.	Carga (P) (kg)	Fractura	f'c Obtenido (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)	f'c Diseño (kg/cm ²)	(%)
1	M1 CP-F'c= 210 kg/cm ²	18/09/2014	25/09/2014	7	30.00	15.00	2.00	1	29030	5	164.28	163.08	294	55.5
2	M2 CP-F'c= 210 kg/cm ²	18/09/2014	25/09/2014	7	30.00	15.20	1.97	1	29484	3	162.48		294	55.5
3	M3 CP-F'c= 210 kg/cm ²	18/09/2014	25/09/2014	7	30.00	15.20	1.97	1	29484	3	162.48		294	55.5
4	M4 CP-F'c= 210 kg/cm ²	18/09/2014	02/10/2014	14	30.00	15.20	1.97	1	41051	2	226.23	227.89	294	77.5
5	M5 CP-F'c= 210 kg/cm ²	18/09/2014	02/10/2014	14	30.00	15.20	1.97	1	41731	5	229.98		294	77.5
6	M6 CP-F'c= 210 kg/cm ²	18/09/2014	02/10/2014	14	30.00	15.20	1.97	1	41277	5	227.48		294	77.5
7	M7 CP-F'c= 210 kg/cm ²	18/09/2014	16/10/2014	28	30.00	15.20	1.97	1	51277	5	282.58	282.32	294	96.0
8	M8 CP-F'c= 210 kg/cm ²	18/09/2014	16/10/2014	28	30.00	15.20	1.97	1	51435	5	283.45		294	96.0
9	M9 CP-F'c= 210 kg/cm ²	18/09/2014	16/10/2014	28	30.00	15.20	1.97	1	50978	5	280.93		294	96.0



RESULTADO DE RESISTENCIAS A COMPRESION -Concreto f'c=210 kg/cm2 reemplazando el 15 % PET

FECHA : JAÉN NOVIEMBRE DEL 2014

Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Metodo de Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto , en muestras cilíndricas. NTP 339.034 2008

Identificación : Concreto f'c=210 kg/cm2 reemplazando el 15 % PET

f'cr=264 kg/cm²

Muestra N°	IDENTIFICACION	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad.	Longitud (L) (cm)	Diametro (D) (cm)	R _{LD}	Factor Correc.	Carga (P) (kg)	Fractura	f'c Obtenido (kg/cm) ²	f'c Promedio (kg/cm) ²	f'c Diseño (kg/cm) ²	(%)
1	M1 f'c=210 +15% PET	19/09/2014	26/09/2014	7	30.00	15.20	1.97	1	20412	5	112	109.99	282.32	39.0
2	M2 f'c=210 +15% PET	19/09/2014	26/09/2014	7	30.00	15.20	1.97	1	19505	5	107		282.32	39.0
3	M3 f'c=210 +15% PET	19/09/2014	26/09/2014	7	30.00	15.20	1.97	1	19958	5	110		282.32	39.0
4	M4 f'c=210 +15% PET	19/09/2014	03/10/2014	14	30.00	15.20	1.97	1	33320	5	184	180.08	282.32	63.8
5	M5 f'c=210 +15% PET	19/09/2014	03/10/2014	14	30.00	15.20	1.97	1	32580	5	180		282.32	63.8
6	M6 f'c=210 +15% PET	19/09/2014	03/10/2014	14	30.00	15.20	1.97	1	32130	5	177		282.32	63.8
7	M7 f'c=210 +15% PET	19/09/2014	17/10/2014	28	30.00	15.20	1.97	1	44590	5	246	242.52	282.32	85.9
8	M8 f'c=210 +15% PET	19/09/2014	17/10/2014	28	30.00	15.20	1.97	1	44230	5	244		282.32	85.9
9	M9 f'c=210 +15% PET	19/09/2014	17/10/2014	28	30.00	15.20	1.97	1	43200	5	238		282.32	85.9

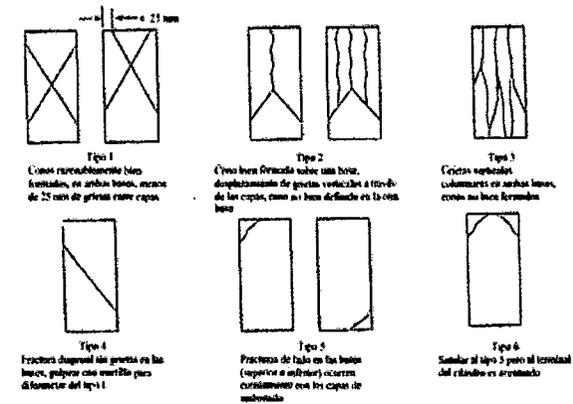
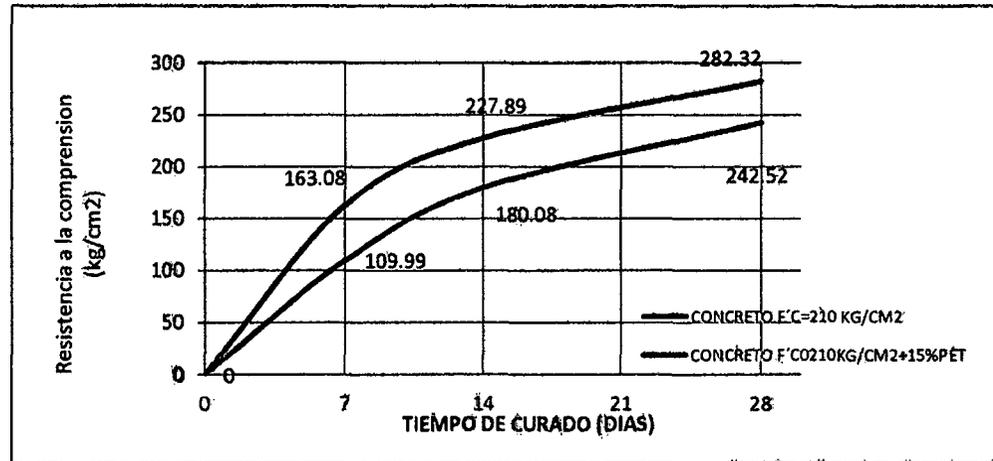


FIGURA 2 - Esquema de los patrones de tipos de fracturas

RESULTADO DE RESISTENCIAS A COMPRESION -Concreto f'c=210 kg/cm2 reemplazando el 30 % PET.

FECHA : PIMENTEL NOVIEMBRE DEL 2013

Ensayo : HORMIGON (CONCRETO). Metodo de Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto , en muestras cilíndricas. NTP 339.034 2008

Identificación : Concreto f'c=210 kg/cm2 reemplazando el 30 % PET F'cr=294 kg/cm²

Muestra N°	IDENTIFICACION	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad	Longitud (L) (cm)	Diametro (D) (cm)	R _{u/o}	Factor Correc.	Carga (P) (kg)	Fractura	f'c Obtenido (kg/cm ²)	f'c Promedio (kg/cm ²)	f'c Diseño (kg/cm ²)	(%)
1	M1 F'c= 210 +30% PET	23/09/2014	29/09/2014	7	30.00	15.20	1.97	1	17340	5	96	93.50	282.32	33.1
2	M2 F'c= 210 +30% PET	23/09/2014	30/09/2014	7	30.00	15.20	1.97	1	16580	5	91		282.32	33.1
3	M3 F'c= 210 +30% PET	23/09/2014	30/09/2014	7	30.00	15.20	1.97	1	16980	5	94		282.32	33.1
4	M4 F'c= 210 +30% PET	23/09/2014	07/10/2014	14	30.00	15.20	1.97	1	24450	5	135	137.77	282.32	48.8
5	M5 F'c= 210 +30% PET	23/09/2014	07/10/2014	14	30.00	15.20	1.97	1	25320	5	140		282.32	48.8
6	M6 F'c= 210 +30% PET	23/09/2014	07/10/2014	14	30.00	15.20	1.97	1	25230	5	139		282.32	48.8
7	M7 F'c= 210 +30% PET	23/09/2014	20/10/2014	28	30.00	15.20	1.97	1	35390	5	195	196.54	282.32	69.6
8	M8 F'c= 210 +30% PET	23/09/2014	20/10/2014	28	30.00	15.20	1.97	1	35280	5	194		282.32	69.6
9	M9 F'c= 210 +30% PET	23/09/2014	20/10/2014	28	30.20	15.20	1.99	1	36320	5	200		282.32	69.6

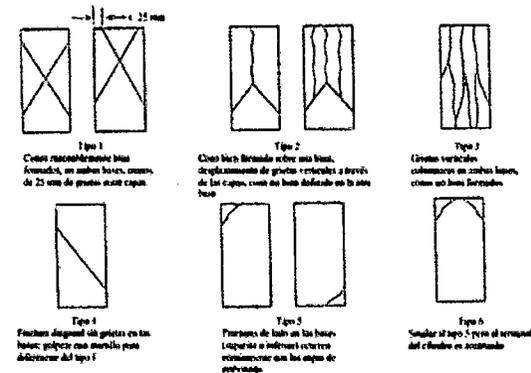
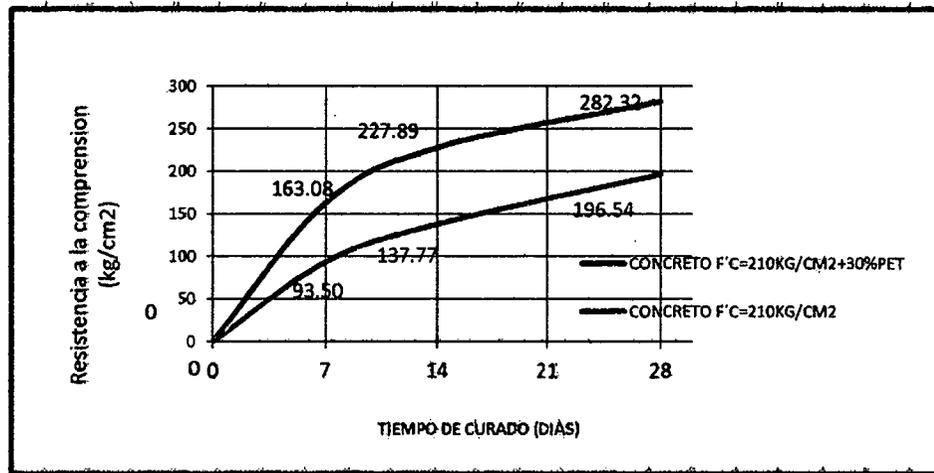


FIGURA 2 - Esquema de los patrones de tipos de fracturas

RESULTADO DE RESISTENCIAS A COMPRESION -Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ reemplazando el 45 % PET

FECHA : JAÉN NOVIEMBRE DEL 2014

Ensayo : HORMIGON (CONCRETO). Metodo de Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto , en muestras cilíndricas. NTP 339.034 2008

Identificación : Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ reemplazando el 45 % PET

Muestra N°	IDENTIFICACION	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad	Longitud (L) (cm)	Diametro (D) (cm)	$R_{1/0}$	Factor Correc.	Carga (P) (kg)	Fractura	$f'c$ Obtenido (kg/cm^2)	$f'c=294 \text{ kg/cm}^2$		
												$f'c$ Promedio (kg/cm^2)	$f'c$ Diseño (kg/cm^2)	(%)
1	M1 $f'c=210 +45\% \text{ PET}$	24/09/2014	31/09/2014	7	30.00	15.20	1.97	1	7711	S	42	41.40	282.32	14.7
2	M2 $f'c=210 +45\% \text{ PET}$	24/09/2014	31/09/2014	7	30.00	15.20	1.97	1	7484	S	41		282.32	14.7
3	M3 $f'c=210 +45\% \text{ PET}$	24/09/2014	31/09/2014	7	30.00	15.20	1.97	1	7340	S	40		282.32	14.7
4	M4 $f'c=210 +45\% \text{ PET}$	24/09/2014	07/10/2014	14	30.00	15.20	1.97	1	22450	S	124	123.00	282.32	43.6
5	M5 $f'c=210 +45\% \text{ PET}$	24/09/2014	07/10/2014	14	30.00	15.20	1.97	1	22150	S	122		282.32	43.6
6	M6 $f'c=210 +45\% \text{ PET}$	24/09/2014	07/10/2014	14	30.00	15.20	1.97	1	22360	S	123		282.32	43.6
7	M7 $f'c=210 +45\% \text{ PET}$	24/09/2014	21/10/2014	28	30.00	15.20	1.97	1	29780	S	164	162.74	282.32	57.6
8	M8 $f'c=210 +45\% \text{ PET}$	24/09/2014	21/10/2014	28	30.00	15.20	1.97	1	29340	S	162		282.32	57.6
9	M9 $f'c=210 +45\% \text{ PET}$	24/09/2014	21/10/2014	28	30.00	15.20	1.97	1	29470	S	162		282.32	57.6

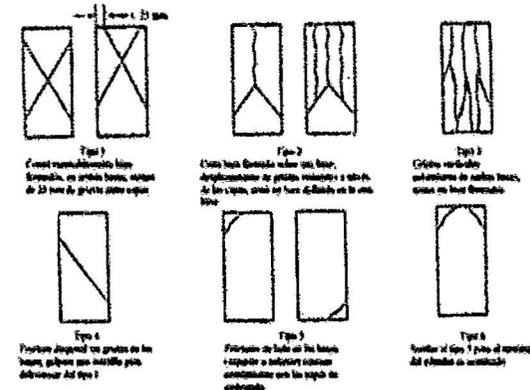
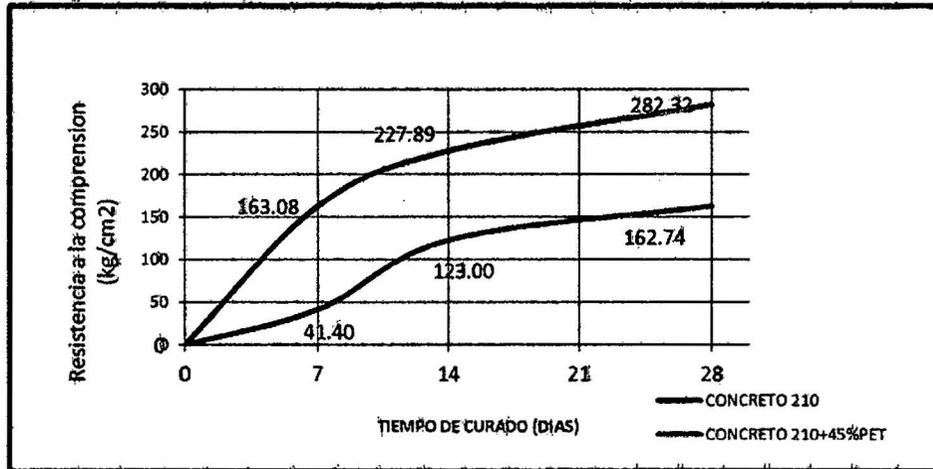


FIGURA 2 - Esquema de los patrones de tipos de fracturas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"Norte de la Universidad Peruana"

SECCIÓN JAÉN

Fundada por Ley Nº 14015 del 13 de Febrero de 1,962

JAÉN - PERÚ



ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN

"AÑO DE LA PROMOCIÓN DE LA INDUSTRIA RESPONSABLE Y DEL COMPROMISO CLIMÁTICO"

CONSTANCIA

EL DIRECTOR DE LA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - SEDE JAÉN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA; HACE CONSTAR:

*Que, el Bach. **PERALTA GUEVARA RONAL** Identificado con DNI N° 46177653, Alumno del Programa de Actualización Profesional de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil Sede Jaén- 2014, durante los días del 25 Septiembre al 21 de Octubre del 2014, ha realizado Ensayos a la Compresión en probetas de concreto en el Laboratorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, Sede Jaén, para su Proyecto de Tesis denominada "Evaluación de la resistencia a la compresión de un concreto convencional $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ y el concreto con material reciclado polietileno tereftalato (Pet) en la ciudad de jaén-cajamarca.*

Se le expide la presente Constancia a solicitud del interesado para los fines convenientes.

Jaén, 2 de diciembre del 2014.

ANEXO D

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

ZAPATAS F'C=210 KG/CM2

Rendimiento : Preparado y vacado :10 m3/dia

M3/DIA 25.0000 EQ. 25.00 itario directo por : M3 313.89

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.20	0.06	17.79	1.14
OPERARIO	hh	1.00	0.32	13.88	4.44
OFICIAL	hh	2.00	0.64	12.52	8.01
PEÓN	hh	8.00	2.56	10.60	27.14
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.00	0.64	13.88	8.88
					49.61
Materiales					
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bls		8.26	24.00	198.24
ARENA GRUESA	m3		0.49	35.00	17.15
PIEDRA CHANCADA DE 1"	m3		0.66	50.00	33.00
					248.39
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	49.61	1.49
MEZCLADORA	hm	1.00	0.32	20.00	6.40
VIBRADOR DE 2",4HP	hm	1.00	0.32	25.00	8.00
					15.89

ZAPATAS F'C=210 KG/CM2 CON PET 15%

Rendimiento : Preparado y vacado :10 m3/dia

M3/DIA 25.0000 EQ. 25.00 itario directo por : M3 311.93

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.20	0.06	17.79	1.14
OPERARIO	hh	1.00	0.32	13.88	4.44
OFICIAL	hh	2.00	0.64	12.52	8.01
PEON	hh	8.00	2.56	10.60	27.14
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.00	0.64	13.88	8.88
					49.61
Materiales					
CEMENTO PORTLAND TIPO MS	bls		8.26	24.00	198.24
ARENA GRUESA	m3		0.37	35.00	12.95
PIEDRA CHANCADA DE 1"	m3		0.66	50.00	33.00
PICADO DEL PET	kg		40.63	0.06	2.23
					246.42
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	49.61	1.49
MEZCLADORA	hm	1.00	0.32	20.00	6.40
VIBRADOR	hm	1.00	0.32	25.00	8.00
					15.89

VIGAS DE CIMENTACION F'C=210 KG/CM2

Rendimiento : Preparado y vaciado :20 m3/dia

M3/DIA 20.0000 EQ. 20.00 itario directo por : M3 335.98

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.20	0.08	17.79	1.42
OPERARIO	hh	2.00	0.80	13.88	11.10
OFICIAL	hh	2.00	0.80	12.52	10.02
PEÓN	hh	8.00	3.20	10.60	33.92
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.00	0.80	13.88	11.10
					67.57
Materiales					
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bls		8.26	24.00	198.24
ARENA GRUESA	m3		0.49	35.00	17.15
PIEDRA CHANCADA DE 1"	m3		0.66	50.00	33.00
					248.39
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	67.57	2.03
MEZCLADORA	hm	1.00	0.40	20.00	8.00
VIBRADOR DE 2",4HP	hm	1.00	0.40	25.00	10.00
					20.03

VIGA DE CIMENTACION F'C=210 KG/CM2 CON PET 15%

Rendimiento : Preparado y vaciado :20 m3/dia

M3/DIA 20.0000 EQ. 20.00 itario directo por : M3 334.35

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.20	0.08	17.79	1.42
OPERARIO	hh	2.00	0.80	13.88	11.10
OFICIAL	hh	2.00	0.80	12.52	10.02
PEÓN	hh	8.00	3.20	10.60	33.92
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.00	0.80	13.88	11.10
					67.57
Materiales					
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bls		8.26	24.00	198.24
ARENA GRUESA	m3		0.37	35.00	12.95
PIEDRA CHANCADA DE 1"	m3		0.63	50.00	31.50
PICADO DEL PET	kg		40.63	0.10	4.06
					246.75
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	67.57	2.03
MEZCLADORA	hm	1.00	0.40	20.00	8.00
VIBRADOR	hm	1.00	0.40	25.00	10.00
					20.03

COLUMNAS F'C=210 KG/CM2

Rendimiento : Preparado y vacado :20 m3/dia

M3/DIA 20.0000 EQ. 20.00 itario directo por : M3 344.72

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.20	0.08	17.79	1.42
OPERARIO	hh	2.00	0.80	13.88	11.10
OFICIAL	hh	2.00	0.80	12.52	10.02
PEÓN	hh	10.00	4.00	10.60	42.40
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.00	0.80	13.88	11.10
					76.05
Materiales					
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bls		8.26	24.00	198.24
ARENA GRUESA	m3		0.49	35.00	17.15
PIEDRA CHANCADA DE 1"	m3		0.66	50.00	33.00
					248.39
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	76.05	2.28
MEZCLADORA	hm	1.00	0.40	20.00	8.00
VIBRADOR DE 2",4HP	hm	1.00	0.40	25.00	10.00
					20.28

COLUMNAS F'C=210 KG/CM2 CON PET 15%

Rendimiento : Preparado y vacado :20 m3/dia

M3/DIA 20.0000 EQ. 20.00 itario directo por : M3 343.08

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.20	0.08	17.79	1.42
OPERARIO	hh	2.00	0.80	13.88	11.10
OFICIAL	hh	2.00	0.80	12.52	10.02
PEÓN	hh	10.00	4.00	10.60	42.40
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.00	0.80	13.88	11.10
					76.05
Materiales					
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bls		8.26	24.00	198.24
ARENA GRUESA	m3		0.37	35.00	12.95
PIEDRA CHANCADA DE 1"	m3		0.63	50.00	31.50
PICADO DEL PET	kg		40.63	0.10	4.06
					246.75
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	76.05	2.28
MEZCLADORA	hm	1.00	0.40	20.00	8.00
VIBRADOR	hm	1.00	0.40	25.00	10.00
					20.28

VIGAS F'C=210 KG/CM2

Rendimiento : Preparado y vacado :20 m3/dia

M3/DIA 20.0000 EQ. 20.00 itario directo por : M3 344.72

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.20	0.08	17.79	1.42
OPERARIO	hh	2.00	0.80	13.88	11.10
OFICIAL	hh	2.00	0.80	12.52	10.02
PEÓN	hh	10.00	4.00	10.60	42.40
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.00	0.80	13.88	11.10
					76.05
Materiales					
CEMENTO PORTLAND TIPO MS	bls		8.26	24.00	198.24
ARENA GRUESA	m3		0.49	35.00	17.15
PIEDRA CHANCADA DE 1"	m3		0.66	50.00	33.00
					248.39
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	76.05	2.28
MEZCLADORA	hm	1.00	0.40	20.00	8.00
VIBRADOR DE 2",4HP	hm	1.00	0.40	25.00	10.00
					20.28

VIGAS F'C=210 KG/CM2 CON PET 15%

Rendimiento : Preparado y vacado :20 m3/dia

M3/DIA 20.0000 EQ. 20.00 itario directo por : M3 343.08

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.20	0.08	17.79	1.42
OPERARIO	hh	2.00	0.80	13.88	11.10
OFICIAL	hh	2.00	0.80	12.52	10.02
PEÓN	hh	10.00	4.00	10.60	42.40
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.00	0.80	13.88	11.10
					76.05
Materiales					
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bls		8.26	24.00	198.24
ARENA GRUESA	m3		0.37	35.00	12.95
PIEDRA CHANCADA DE 1"	m3		0.63	50.00	31.50
PICADO DEL PET	kg		40.63	0.10	4.06
					246.75
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	76.05	2.28
MEZCLADORA	hm	1.00	0.40	20.00	8.00
VIBRADOR	hm	1.00	0.40	25.00	10.00
					20.28

LOSAS ALIGERADAS F'C=210 KG/CM2

Rendimiento : Preparado y vaciado :25 m3/dia

M3/DIA 25.0000 EQ. 25.00 itario directo por : M3 334.11

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.30	0.10	17.79	1.71
OPERARIO	hh	3.00	0.96	13.88	13.32
OFICIAL	hh	2.00	0.64	12.52	8.01
PEÓN	hh	11.00	3.52	10.60	37.31
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.00	0.64	13.88	8.88
					69.24
Materiales					
CEMENTO PORTLAND TIPO MS	bls		8.26	24.00	198.24
ARENA GRUESA	m3		0.49	35.00	17.15
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.66	50.00	33.00
					248.39
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	69.24	2.08
MEZCLADORA	hm	1.00	0.32	20.00	6.40
VIBRADOR DE 2",4HP	hm	1.00	0.32	25.00	8.00
					16.48

LOSA ALIGERADA F'C=210 KG/CM2 CON PET 15%

Rendimiento : Preparado y vaciado :25 m3/dia

M2/DIA 25.00 EQ. 25.00 itario directo por : M3 332.47

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.30	0.10	17.79	1.71
OPERARIO	hh	3.00	0.96	13.88	13.32
OFICIAL	hh	2.00	0.64	12.52	8.01
PEÓN	hh	11.00	3.52	10.60	37.31
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.00	0.64	13.88	8.88
					69.24
Materiales					
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bls		8.26	24.00	198.24
ARENA GRUESA	m3		0.37	35.00	12.95
PIEDRA CHANCADA DE 1"	m3		0.63	50.00	31.50
PICADO DEL PET	kg		40.63	0.10	4.06
					246.75
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	69.24	2.08
MEZCLADORA	hm	1.00	0.32	20.00	6.40
VIBRADOR	hm	1.00	0.32	25.00	8.00
					16.48

LOSAS MACIZAS F'C=210 KG/CM2

Rendimiento : Preparado y vacado :20 m3/dia

M3/DIA 20.0000 EQ. 20.00 itario directo por : M3 344.72

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.20	0.08	17.79	1.42
OPERARIO	hh	2.00	0.80	13.88	11.10
OFICIAL	hh	2.00	0.80	12.52	10.02
PEÓN	hh	10.00	4.00	10.60	42.40
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.00	0.80	13.88	11.10
					76.05
Materiales					
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bls		8.26	24.00	198.24
ARENA GRUESA	m3		0.49	35.00	17.15
PIEDRA CHANCADA DE 1"	m3		0.66	50.00	33.00
					248.39
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	76.05	2.28
MEZCLADORA	hm	1.00	0.40	20.00	8.00
VIBRADOR DE 2",4HP	hm	1.00	0.40	25.00	10.00
					20.28

LOSA MACIZA F'C=210 KG/CM2 CON PET 15%

Rendimiento : Preparado y vacado :25 m3/dia

M2/DIA 20.00 EQ. 20.00 itario directo por : M3 343.08

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	hh	0.20	0.08	17.79	1.42
OPERARIO	hh	2.00	0.80	13.88	11.10
OFICIAL	hh	2.00	0.80	12.52	10.02
PEÓN	hh	10.00	4.00	10.60	42.40
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.00	0.80	13.88	11.10
					76.05
Materiales					
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bls		8.26	24.00	198.24
ARENA GRUESA	m3		0.37	35.00	12.95
PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.63	50.00	31.50
PICADO DEL PET	kg		40.63	0.10	4.06
					246.75
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00	76.05	2.28
MEZCLADORA	hm	1.00	0.40	20.00	8.00
VIBRADOR	hm	1.00	0.40	25.00	10.00
					20.28