

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**“VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS
EN LA CIUDAD DE TACNA”**

TESIS

Presentada por:

**Bach. Eddson Anthony Carizaile Laurente
Bach. Sandra Elizabeth Anquise Huayhua**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

TACNA - PERÚ

2015

PÁGINA DE JURADO



Ing. LUIS ALFARO RAVELLO
PRESIDENTE



Msc. EDGAR CHURA AROCUTIPA
SECRETARIO



Ing. JORGE BARRIGA GAMARRA
VOCAL

DEDICATORIA.

A nuestras familias por el apoyo
brindado y por estar siempre a
nuestro lado

AGRADECIMIENTO.

Agradecemos a Dios ser maravilloso que nos dio las fuerzas y fe para creer en lo que nos parecía imposible terminar, a nuestras familias por ayudarnos mientras realizábamos esta investigación y por estar a nuestro lado en cada momento de nuestras vidas.

A nuestro asesor interno de tesis Ing. Omar Dueñas Rospigliosi, por sus consejos y apoyo brindado durante el desarrollo de este trabajo.

A nuestro asesor externo de tesis Ing. Neil Ynostroza de la Peña, por su apoyo incondicional, sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia y su motivación han sido fundamental para la ejecución de esta tesis.

Al Sr. Víctor Medina, administrador de la empresa de concretos SUPERMIX, a la Ing. Andrea Vanessa Schiaffino Miovich, jefa de planta de la empresa de concretos SUPERMIX y a los técnicos de control de calidad, por prestarnos sus instalaciones para llevar a cabo los ensayos de laboratorio y por el apoyo brindado.

Al Lic. Alfredo Quispe Rivera por sus sabios consejos y su apoyo desinteresado, por ayudarnos a realizar los ensayos para determinar las propiedades químicas de los agregados en el laboratorio de química analítica de la UNJBG.

Al Ing. Esteban Machaca Mamani, especialista del laboratorio de Mecánica de rocas de la UNJBG, por las facilidades brindadas durante el desarrollo de esta tesis.

Finalmente al Instituto Nacional de la Calidad por prestarnos las Normas Técnicas Peruanas de los agregados y concretos vigentes.

INDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

PÁG.

CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES

01

1.1.	ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	01
1.2.	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	03
1.3.	HIPÓTESIS	03
1.4.	VARIABLES DE ESTUDIO E INDICADORES	04
1.5.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	05
1.6.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	06
1.7.	ALCANCES Y LIMITACIONES	07

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

09

2.1.	INTRODUCCIÓN	09
2.2.	ANTECEDENTES GENERALES	10
2.3.	CONCRETO RECICLADO	11
2.4.	AGREGADOS RECICLADOS	20
2.5.	MATERIALES	37
2.6.	DOSIFICACIÓN DE CONCRETO RECICLADO	70
2.7.	NORMATIVAS	92

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	95
3.1. INTRODUCCIÓN	95
3.2. TRABAJOS PRELIMINARES	96
3.3. TRABAJOS DE CAMPO	96
3.4. ENSAYOS DE LABORATORIO PARA AGREGADOS	106
3.5. ENSAYOS DE LABORATORIO PARA EL AGUA	117
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL	119
3.7. SELECCIÓN DE MATERIALES	124
3.8. DISEÑO DE MEZCLAS	124
3.9. ENSAYOS DE LABORATORIO – CONCRETO FRESCO	125
3.10. ENSAYOS DE LABORATORIO-CONCRETO ENDURECIDO	131
3.11. TRABAJOS DE GABINETE	136
3.12. ANÁLISIS DE VARIANZA ANOVA	136
3.13. RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA ANOVA	137
3.14. COSTO DE PRODUCCIÓN DE AGREGADO RECICLADO	156
3.15. COSTO DE PRODUCCIÓN DEL CONCRETO	160
3.16. ANÁLISIS DE COSTOS DE DISEÑOS DE MEZCLA	172
CAPÍTULO IV DISEÑO DE UNA VIVIENDA CON CONCRETO	174
RECICLADO Y CONVENCIONAL	
4.1. DESCRIPCIÓN	174
4.2. DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA	175

4.3.	ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE VIVIENDA UNIFAMILIAR CON CONCRETO CONVENCIONAL	177
4.4.	ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE VIVIENDA UNIFAMILIAR CON CONCRETO RECICLADO	202

CAPITULO V ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS **227**

5.1.	AGREGADOS RECICLADOS	227
5.2.	CONCRETO RECICLADO	236
5.3.	VIVIENDA DE CONCRETO RECICLADO	258

CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **262**

	CONCLUSIONES	262
--	--------------	-----

	RECOMENDACIONES	265
--	-----------------	-----

BIBIOGRAFÍA **267**

ANEXOS **269**

ANEXO 1: RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN LA

CIUDAD DE TACNA

ANEXO 2: ENSAYOS FÍSICO-MECÁNICOS DE LABORATORIO PARA
AGREGADOS

ANEXO 3: ENSAYOS QUÍMICOS DE LABORATORIO PARA AGREGADOS

ANEXO 4: DISEÑOS DE MEZCLAS PARA EL CONCRETO

ANEXO 5: PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

ANEXO 6: PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

ANEXO 7: ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA PARA CONCRETO

ANEXO 8: PLANOS DE VIVIENDA UNIFAMILIAR

RESUMEN

En el presente estudio de tesis denominada **“Viabilidad del uso de concreto reciclado para la construcción de viviendas en la ciudad de Tacna”** Que trata del estudio del concreto reciclado. En la ciudad de Tacna existen 120 202.00 m³ de residuos de construcción y demolición depositados en 67 sectores de la ciudad, del total el 24% son escombros de concreto. Según los estudios realizados el agregado grueso reciclado recuperado corresponde al 70% del total de la muestra.

En la fabricación de concreto reciclado se realizaron 16 diseños de mezclas representativas, considerando porcentajes de sustitución de 0%, 20%, 50% y 100% para resistencias a la compresión de 210 kg/cm² a 280 kg/cm² con la inclusión de aditivos.

Los resultados obtenidos de concreto reciclado, determinan que las propiedades de un concreto reciclado son similares a las de un concreto convencional, sin embargo su costo de producción es más elevado a comparación de un concreto convencional debido a que el costo de este agregado reciclado es 20 soles más a comparación de un agregado convencional.

Finalmente se realizó un modelamiento, análisis y diseño de una vivienda familiar de concreto convencional vs reciclado.

INTRODUCCIÓN

El empleo del concreto reciclado data de tiempos posteriores a la segunda guerra mundial, donde los europeos enfrentaban la problemática de la gran acumulación de escombros en sus ciudades destruidas, motivo por el cual se abocaron a reciclar dichos desperdicios y utilizarlos como material de construcción, dándoles muy buenos resultados. En esa época los desechos se utilizaron en la elaboración de concreto para la reconstrucción, particularmente en Gran Bretaña, Alemania y de las ciudades destruidas por la guerra.

En la actualidad, nuestra ciudad acumula toneladas de residuos de construcción y demolición que degradan y contribuyen a la contaminación del medio ambiente, es por ello que el siguiente trabajo de investigación plantea la posibilidad de usar agregados reciclados para la fabricación de concreto estructural en la ciudad de Tacna.

El objetivo principal que plantea este trabajo de investigación es estudiar las propiedades del concreto fabricado con agregado reciclado, dar a conocer si su uso es viable para construcción de viviendas en la ciudad de Tacna y comparar su costo de fabricación con un concreto convencional.

El empleo de residuos de construcción y demolición para la fabricación de concreto estructural en la ciudad de Tacna contribuye a la conservación del medio ambiente y mejora la calidad de vida. Para llevar a cabo este trabajo de investigación, se desarrollaron los seis capítulos siguientes:

CAPITULO I: denominado aspectos generales, describe seis puntos importantes que dan inicio a este trabajo de investigación, el primer punto es el planteamiento del problema, le sigue la descripción del problema, formulación del problema, justificación de la investigación, objetivos de la investigación, hipótesis, alcances y limitaciones y finalmente las variables de estudio e indicadores.

CAPITULO II: nos describe un amplio marco teórico acerca del concreto reciclado, dentro de los cuales encontramos los siguientes puntos; antecedentes, descripción del concreto reciclado, reciclaje de concreto a nivel mundial, aplicación en el campo de la ingeniería, ventajas y desventajas, proceso de producción de agregados reciclados, normativas existentes, materiales para la producción de concreto reciclado y dosificación del concreto reciclado.

CAPITULO III: este capítulo nos describe la metodología empleada para llevar a cabo este trabajo de investigación, se divide en varios puntos importantes; trabajos preliminares, trabajos de campo, ensayos de laboratorio para agregados, ensayos de laboratorio para verificar la calidad del agua para concreto, selección de materiales, diseños de mezclas, ensayos de laboratorio del concreto en estado fresco, ensayos de laboratorio del concreto en estado endurecido y finalmente los trabajos de gabinete.

CAPITULO IV: denominado diseño experimental, describe el programa experimental desarrollado para determinar el número de diseños de mezclas y la

varianza de los resultados obtenidos del concreto fresco y endurecido. Los puntos desarrollados en este capítulo son: selección de variables, diseño estadístico del experimento y el análisis de varianza ANOVA.

CAPITULO V: denominado diseño de una vivienda de concreto reciclado, este capítulo desarrolla una comparación estructural y económica de una vivienda de concreto reciclado y de concreto convencional.

CAPITULO VI: este capítulo hace mención al análisis y discusión de resultados obtenidos durante la ejecución de este trabajo de investigación, la discusión y el análisis se realiza por separado para agregados, concreto en estado fresco y endurecido y para los resultados obtenidos de la comparación de viviendas desarrollada en el capítulo V.

Finalmente, aunque no se considere dentro de un capítulo, se desarrollan las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Actualmente en la ciudad de Tacna el mercado de la construcción se ha incrementado en estos últimos años, esta actividad origina durante el proceso constructivo residuos sólidos que son producto de desperdicios de materiales utilizados en cada etapa del proceso constructivo, estos a su vez carecen de un Plan de manejo y Control y terminan vertidos sin ningún control en áreas destinadas para otros fines y en montículos dispersos por toda la ciudad lo que ocasionan un ambiente no agradable, además de propiciar una fuente de emisiones de polvo y otros contaminantes.

Según el censo realizado en el año 2007, la población de Tacna se encuentra en constante crecimiento, todos los distritos de nuestra ciudad han aumentado su población significativamente año tras año. El aumento de la población está directamente relacionado con las nuevas construcciones que se han ido ejecutando; para llevar a cabo estas construcciones se emplearon toneladas de agregados, explotando así las canteras que se encuentran en nuestra ciudad. El incremento de las construcciones en la ciudad no solo es beneficioso para la población sino que también trae consecuencias negativas para el medio ambiente, es así que de acuerdo al trabajo realizado por la Sub Gerencia de Gestión

Ambiental y Salud de la Municipalidad Provincial de Tacna, se ha logrado identificar un total de 120 202,00 m³ de residuos de construcción y demolición dispersos en los 67 sectores de la ciudad.

Si un terremoto de gran magnitud ocurriera en la actualidad en nuestra ciudad, la cantidad de RCD's aumentaría considerablemente ya que miles de toneladas de concreto destruido serian depositados en botaderos legales e ilegales; estos residuos, en términos generales son inertes, ocupan grandes espacios, generan polvo y ruido, siendo estos los principales problemas medio ambientales.

Los residuos de construcción y demolición tienen su origen en demoliciones realizados en nuestra ciudad, desastres naturales como terremotos, entre otros, generando el malestar de la población y contribuyendo a la contaminación del medio ambiente.

La ciudad de Tacna, no cuenta con un área destinada para la disposición final de residuos de la construcción; realizándose esta operación en el botadero municipal, en terrenos descampados incluso en las calles de la ciudad. Estos residuos algunas veces son utilizados como material de cobertura para efectuar el sellado de los residuos sólidos municipales pero casi siempre están expuesto en el ambiente generando una degradación de los paisajes. La exposición de los residuos de construcción y demolición generan malestar en la población tacneña debido a que ocupan grandes áreas que son usados para botar basura y desmonte de concreto.

1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

PROBLEMA GENERAL

¿Será posible el uso de agregados reciclados para la fabricación de concreto estructural en la ciudad de Tacna, qué características físico mecánicas tendrán; cuáles serán los ensayos necesarios para determinar su comportamiento y el costo que involucrara su preparación?

PROBLEMAS ESPECÍFICOS

P1: ¿Será posible el uso de agregados reciclados en un 100% para la fabricación de concreto estructural en la ciudad de Tacna?

P2: ¿Será posible el uso de agregados reciclados combinados con agregados naturales para la fabricación de concreto estructural en la ciudad de Tacna?

P3: ¿Será posible el uso de agregados reciclados combinados con aditivos para mejorar la calidad de la fabricación de concreto estructural en la ciudad de Tacna?

1.3. HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL

Con el uso de agregados reciclados es posible fabricar concreto estructural para la construcción de viviendas en la ciudad de Tacna. El concreto obtenido será de la misma calidad, con similares propiedades físico

mecánicas y químicas y al mismo costo que un concreto convencional.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H1: Sustituyendo agregados reciclados en un 100% frente a los agregados naturales, es posible obtener concreto estructural para uso en viviendas en la ciudad de Tacna.

H2: Combinar agregados reciclados con agregados naturales se obtiene concreto estructural de la misma calidad y con similares propiedades que un concreto convencional

H3: El uso de aditivos en la fabricación de concreto estructural reciclado mejora la calidad del concreto.

1.4. VARIABLES DE ESTUDIO E INDICADORES

VARIABLE INDEPENDIENTE:

X1: Calidad del agregado reciclado

INDICADORES:

Cantidad de mortero adherido

Homogeneidad del agregado reciclado

VARIABLE DEPENDIENTE:

Y1: Propiedades del concreto de agregado reciclado

INDICADORES:

Resistencia a la compresión

Resistencia a la flexión

Tracción diametral

Módulo de elasticidad

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad los conceptos de ecología y medio ambiente están adquiriendo mayor importancia a nivel mundial, esto afecta directamente a la industria de la construcción, ya que las actividades relacionadas con la construcción pueden tener consecuencias perjudiciales e incluso irreversibles sobre el medio ambiente.

La mayor parte de los residuos de construcción y demolición se depositan en botaderos improvisados, con frecuencia incontrolados, provocando un considerable impacto visual debido a la gran cantidad de espacio que ocupan y al escaso control ambiental de los terrenos en que se depositan. Su importante volumen hace que su gestión, valorización y reciclaje sea una tarea de creciente interés.

Es por esto la necesidad e importancia de tener que introducir en la construcción algunas alternativas que ayuden a la conservación y preservación de nuestro entorno. Una tendencia en la actualidad es el reciclaje de concreto proveniente de residuos de construcción y

demolición, debido a la gran demanda de agregados que hay en nuestra ciudad, el elevado costo de estos y a la conservación del medio ambiente.

Es por eso que nos hemos dado la tarea de investigar si es viable reciclar concreto para luego transformarlo en agregado reciclado y así emplearlo para la construcción de viviendas en la ciudad Tacna, pues lo consideramos un tema valioso para nuestra ciudad ya que buscamos prevenir la contaminación y sobreexplotación de recursos naturales de la ciudad de Tacna.

1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Estudiar las propiedades del concreto fabricado con agregado reciclado y dar a conocer si su uso es viable para la construcción de viviendas en la ciudad de Tacna.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✎ Determinar las propiedades físicas y mecánicas del agregado reciclado proveniente de residuos de construcción y demolición.
- ✎ Determinar las propiedades físico y mecánicas del nuevo concreto, el cual será elaborado con agregado reciclado.
- ✎ Comparar costos entre un concreto convencional y un concreto fabricado con agregado reciclado.

- ✗ Mitigar los efectos contaminantes de los residuos de construcción y demolición.

1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES

Este trabajo de investigación busca fabricar un nuevo concreto con el uso de agregados reciclados provenientes de residuos de construcción y demolición generados en la ciudad de Tacna. Las limitaciones para la ejecución de la siguiente tesis fueron las siguientes:

- ✗ Para el siguiente estudio se tomará en cuenta solo los RCD's generados en la ciudad de Tacna.
- ✗ La dosificación de mezcla obtenida en este trabajo de investigación es únicamente para los agregados reciclados obtenidos en nuestra localidad.
- ✗ La dosificación de mezcla será aplicado únicamente para la construcción de viviendas unifamiliares.
- ✗ Los materiales empleados en la preparación del concreto fueron obtenidos en nuestra localidad.
- ✗ Los residuos de construcción y demolición usados tienen su origen en elementos estructurales de concreto demolido.
- ✗ **PROTOTIPO A ESCALA NATURAL.**- en la presente tesis hubiera sido ideal realizar un prototipo a escala real de los diferentes

elementos estructurales, para conocer el comportamiento verdadero con porcentajes de confiabilidad mayores, pero en nuestra ciudad no existe una planta dedicada exclusivamente a la producción de agregados reciclados por lo tanto conseguir agregado reciclado por el momento es una labor que necesita inversión y esfuerzo a eso se suma la falta de laboratorios con equipos que garanticen los resultados al 100%.

✎ ENSAYOS DE DURABILIDAD DEL CONCRETO RECICLADO.-
Estudiar la durabilidad del concreto es un tema tedioso y que demanda de tiempo. Porque factores como el intemperismo, el ataque químico, la abrasión, o cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, producen el deterioro del concreto, pero si se consideraron ensayos de abrasión, durabilidad al cambio de temperatura del agregado reciclado. A eso se suma la falta de laboratorios con equipos que garanticen los resultados al 100%.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. INTRODUCCIÓN

La industria del concreto hoy en día es una ciencia desarrollada en países emergentes, que ha sufrido una revolución en su uso a partir de la década de los años 80, pero a su vez su uso descontrolado ha generado escases de materias primas tales como agregados a tal punto de elevar los costos de producción de concretos con el pasar de los años. Para que el costo de producción deje de ser elevado se ha introducido en el mercado de la construcción el uso de concretos reciclados, el cual tiene como componente principal a los agregados producto de material inorgánico previamente utilizado en la construcción. El único agregado reciclado factible de utilizarse en la fabricación de concreto estructural reciclado, según el anexo 15 de la EHE-08 (España), es el procedente de residuos de concreto.

El presente capítulo trata de dar a conocer a la industria de la construcción las propiedades que tienen los agregados reciclados y su proceso de producción, el comportamiento que tiene el concreto reciclado, los materiales que deben de emplearse para su fabricación, la dosificación de mezcla para garantizar sus propiedades y finalmente las normas vigentes que contribuirán al buen desempeño del concreto.

2.2. ANTECEDENTES GENERALES

Después de la Segunda Guerra Mundial se llevaron a cabo los primeros usos de los materiales provenientes de la demolición de edificios, utilizándolos como agregados para el concreto. En ese entonces los escombros producidos por los bombardeos a ciudades de utilizaron en la elaboración de concreto para la reconstrucción, particularmente en Gran Bretaña y Alemania.

Los europeos se enfrentaron en sus ciudades destruidas a graves problemas de acumulación de escombros y se dedicaron a reciclarlos para utilizarlos como material de construcción. Después de la posguerra hubo muy poco interés por investigar este asunto; no fue, sino hasta años posteriores cuando se incrementó el estudio del producto de la demolición como agregado.

En Rusia, en 1946 Gluzhge investigó el uso de desechos de concreto como agregado. Encontró que el agregado de concreto demolido tenía un peso específico menor que el del agregado natural, y que el concreto preparado con el agregado del concreto demolido tenía una baja resistencia a la compresión. Por otra parte, la resistencia a la flexión del concreto con agregados provenientes de concreto demolido era mayor que la de las mezclas de control.

En Alemania Graf estudio el uso de los desechos de construcciones como agregado, en 1948. Para constituir su trabajo, examino el efecto de la

contaminación de yeso, añadiendo cantidades determinadas de este al producto de la demolición. Determinó que aproximadamente un 1 % de SO₃ en forma de yeso, era el nivel máximo de tolerancia. Y que el polvo causaba una expansión mayor en un tiempo menor, en comparación con los granos de yeso de 1 a 7 mm. También encontró que el yeso tiende a concentrarse en el material más fino.

Las investigaciones anteriores coinciden en señalar a la absorción junto al mortero adherido como las propiedades más relevantes que afectan en mayor medida a la producción y a las características del concreto reciclado.

Dichas investigaciones coinciden básicamente en señalar al 20% como el límite del porcentaje de sustitución del agregado grueso natural por agregado reciclado sin que se vean afectadas las características del concreto endurecido. A partir de dicho límite se observa un descenso en los valores de estas características, haciéndose más notable al aumentar el porcentaje de sustitución.

2.3. CONCRETO RECICLADO

2.3.1 DESCRIPCIÓN DEL CONCRETO RECICLADO

Se denomina concreto reciclado al que se fabrica con agregados reciclados o con mezcla de agregado reciclado y natural, que son previamente tratados para su uso, con la finalidad de poder reemplazar a los agregados naturales sin disminuir considerablemente las propiedades físico - mecánicas y físico- químicas de un concreto convencional. En la

mayoría de los estudios consultados se ha determinado la influencia negativa sobre las propiedades del concreto como consecuencia de la utilización de la fracción fina del agregado reciclado. Por esta razón la mayoría de ellos se centra en la sustitución de un porcentaje determinado del agregado grueso natural por agregado reciclado

En la actualidad pocos países disponen de normativa para el empleo de agregado reciclados en Concreto Estructural. En ellas pueden observar distintas tendencias en lo que al contenido máximo de agregado reciclado, a la calidad exigida al mismo o a las limitaciones en cuanto a su utilización se refieren.

El reciclaje de los escombros, es un sector económicamente rentable y muy organizado en algunos países europeos como Alemania y Holanda donde hay escasez de recursos naturales y el gran valor económico que se da al suelo, ha obligado a fomentar el reciclaje desde hace muchos años con resultados muy positivos. Todos estos hechos convergen en la necesidad de investigar acerca de las características de estos residuos sólidos inertes, con el fin de conocer su idoneidad para ser aplicados en la industria de la construcción.

2.3.2 RECICLAJE DE CONCRETO A NIVEL MUNDIAL

El reciclaje de RCD's no es un tema ajeno en varios países del mundo, la situación actual de los RCD's se describe a continuación:

- ✂ Holanda es un ejemplo donde está prohibido el desecho de concreto en vertederos. Todo el concreto se recicla con excepción de algunos residuos de producción.
- ✂ 38 estados en los Estados Unidos utilizan agregados de concreto reciclado para sub-bases viales y 11 lo reciclan en concreto nuevo.
- ✂ Brasil tiene algunas instalaciones de reciclaje (sobre todo en Sao Paulo y Belo Horizonte). Los agregados reciclados son utilizados en su mayoría en sub bases viales..
- ✂ En Finlandia, una fuerte legislación e implementación significa que todo el material reciclable de una demolición debe ser reciclado.
- ✂ En Taipéi está creciendo el interés por la recuperación de concreto y se estima que cerca del 90% de los RCD's se recuperan, con una tasa de 95% para concreto.
- ✂ Kosovo tiene 10 millones de toneladas de escombros resultantes del fin de la guerra. Se estableció un proyecto para producir y promover agregados reciclados para los esfuerzos de reconstrucción.
- ✂ Qatar y los Emiratos Árabes han desarrollado planes de reciclaje para producir agregados. El costo de los agregados vírgenes impulsa el proceso en Qatar.
- ✂ En los EAU, las preocupaciones medioambientales y restricciones gubernamentales sobre los desechos son los principales incentivos.

- ✎ Tecnología belga ha sido aplicada en Kashmir, Pakistán, tras el terremoto de 2005 para promover la reutilización y reciclaje de escombros.
- ✎ Japón tiene una casi completa recuperación del concreto de RCD's. Casi todo se usa como sub-base vial.
- ✎ Tailandia usa algo de las devoluciones de concreto para productos prefabricados de concreto para proyectos comunitarios. Es necesario realizar más esfuerzos para desviar RCD's de concreto de los vertederos de basura.
- ✎ En Australia se han emprendido proyectos utilizando concreto reciclado para nuevos productos de concreto, no obstante, actualmente la industria opina que se logran mejores resultados medioambientales con aplicaciones de bajo grado.

2.3.3 APLICACIÓN EN EL CAMPO DE LA INGENIERÍA

Las aplicaciones más comunes son base vial, pavimento y sub-base. En Estados Unidos su uso y aceptación ha sido promovida por la Administración Federal de Autopistas (FHWA), la cual ha adoptado una política pro uso y emprendido investigaciones en esta área. También se puede utilizar en mezclas de asfalto.

También es usado como concreto estructural en varios países europeos, debido a la escasez de agregados y a la demanda que implica el concreto

en la construcción. Varios proyectos de ingeniería civil también pueden emplear agregados gruesos reciclados. A continuación se describe algunas aplicaciones de concreto reciclado empleado en el campo de la ingeniería.

Bahía de Chesapeake

En la bahía de Chesapeake, Estados Unidos, se ha descubierto que el concreto reciclado de construcciones y escombros de vías constituye un buen material para arrecifes artificiales, útiles para los programas de restauración de ostras. Las superficies irregulares y porosas proporcionan buena protección a las pequeñas ostras de sus predadores. Los arrecifes artificiales de pesca sobre la costa este de los Estados Unidos también utilizan con frecuencia los residuos del concreto.

Autopista en Anaheim – California

Casi 700 000 toneladas de agregados fueron reutilizadas in-situ en un proyecto de una autopista en Anaheim, California. Se empleó una trituradora portátil para reciclar asfalto y concreto viejos. Además, se trajeron 100 000 toneladas adicionales de agregados reciclados para utilizarlos en la base para completar el proyecto. Con la utilización de agregados reciclados se ahorraron unos US\$ 5 millones en la compra y transporte de agregados vírgenes y el transporte de agregados existentes para su desecho.

Imagen N°01: Autopista Anaheim



Fuente: Imagen de internet

✂ **Aeropuerto de Toronto**

St Lawrence Cement (Holcim) trituró 450 000 toneladas de escombros de concreto para su reutilización como base vial para nuevas plataformas en el aeropuerto de Toronto.

Imagen N° 02: Aeropuerto de Toronto



Fuente: Imagen de internet

✂ **Council House 2**

El concreto “verde” es concreto premezclado que utiliza agregados reciclados y ha sido empleado en una serie de proyectos de construcción en Australia, incluyendo el edificio verde líder a nivel mundial, Council House 2, un bloque de oficinas de diez pisos en Melbourne.

Imagen N°03: Council house 2



Fuente: Imagen de internet

✂ **Puerto de Antwerp**

Para la ampliación de puerto de Antwerp, se procedió en 1987 a la demolición de varios muros del puerto y a la construcción de una compuerta mayor. La demolición se realizó con explosivos, originando unos 80 000m³ de escombros. Por consideraciones tanto ambientales

como económicas se optó por la reutilización de los escombros de concreto para la fabricación de concreto.

Imagen N°04: Puerto de Antwerp



Fuente: Imagen de internet

✎ Complejo comercial en Port Glasgow

Se emplearon agregados reciclados en la construcción de un complejo comercial en Port Glasgow, Reino Unido, lo que arrojó ahorros por £264,000 en los costos.

✎ Puente atirantado sobre el Río Turia

La experiencia piloto, que finalizó en el año 2008, propuso la utilización de hormigón reciclado en un puente atirantado de hormigón armado, situado en Manises (Valencia), propiedad de la diputación de Valencia.

Este puente se ejecutó como sustitución de una estructura de hormigón existente. El objetivo del proyecto era reciclar el material de hormigón

procedente de esta estructura para la fabricación de parte del hormigón de la nueva estructura, utilizando una sustitución del 20% del árido natural por árido reciclado en el hormigón de un tramo de la losa.

Imagen N°05: Puente atirantado



Fuente: Imagen de internet

2.3.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CONCRETO RECICLADO

VENTAJAS DEL CONCRETO RECICLADO

- ☒ Permite conservar el medio ambiente.
- ☒ Propiedades similares a un concreto convencional.
- ☒ Permite usar mismos sistemas estructurales al de uno convencional.
- ☒ Su consistencia permite bombearlo a grandes alturas.
- ☒ Disminuye la necesidad de explotar nuevas fuentes de materiales
- ☒ Menor tiempo de encofrado y menor tiempo de construcción

DESVENTAJAS DEL CONCRETO RECICLADO

- ✎ Necesidad de agregados reciclados que cumplan las normas vigentes.
- ✎ Se necesitan plantas de reciclaje como chancadoras primarias y secundarias para la obtención de un agregado reciclado de calidad.
- ✎ Control de calidad exigente, en la fabricación del concreto.
- ✎ Recolección selectiva de la materia prima.

2.4. AGREGADOS RECICLADOS

2.4.1 DESCRIPCIÓN DE AGREGADOS RECICLADOS

Se entiende por agregado reciclado aquel que resulta del tratamiento de material inorgánico previamente utilizado en la construcción. Según el origen de los residuos pueden distinguirse agregados reciclados procedentes de concreto, agregados reciclados procedentes de residuos cerámicos y agregados reciclados mixtos siendo estos últimos los obtenidos a partir de residuos de distinta naturaleza.

2.4.2 OBTENCIÓN DE RESIDUOS EN LA COSNTRUCCIÓN

La reutilización y el reciclaje de los residuos deben realizarse sobre la base de los mayores volúmenes de residuos y de las alternativas cuyas exigencias técnicas sean lo más elevadas posible, para lo cual debe procurarse que los materiales recuperados de los residuos de la actividad

de la construcción resulten con las mismas o similares características de los materiales de origen. Esto se logra a través de un desmontaje selectivo y de la clasificación y separación de los materiales. Las mezclas que sean inadecuadas para un reciclaje, bajo los criterios técnicos y ambientales, deben ser previamente retiradas y tratadas conforme a las normas respectivas.

2.4.3 DEMOLICIÓN SELECTIVA ACI 555

La demolición selectiva se lleva a cabo con el fin de separar y prevenir la mezcla de materiales perjudiciales como madera, cartón, plásticos, etc., de los agregados reciclados que se desean obtener.

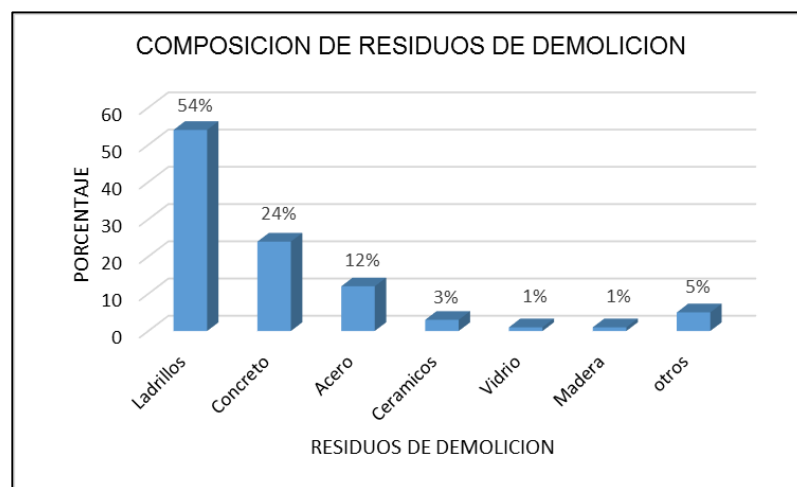
El proceso de demolición selectiva se lleva a cabo desmantelando en primera instancia las molduras y sacando los desechos, a continuación se desmantela la carpintería de taller (puertas, ventanas, etc), la cubierta y las instalaciones (agua, saneamiento, electricidad, gas, etc). Posteriormente se demuele la tabiquería y, por último, se procede a la demolición de la estructura.

Es indudable que el proceso de demolición selectiva resultará más caro que la demolición tradicional pero puede compensarse en parte al reducirse los costos de transporte y las tasas de vertido.

Los escombros procedentes de obras de ingeniería civil presentan una baja contaminación pero, al proceder la mayoría de los RCD's de estructuras de edificación, si la demolición no se realiza de forma selectiva,

el proceso de separación y selección ha de realizarse, posteriormente, en la planta de reciclaje con el consiguiente aumento de costos.

Gráfico N°01: Composición de residuos de demolición



Fuente: Elaboración propia

2.4.4 CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN

Los residuos de la actividad de la construcción se clasifican utilizando las definiciones del capítulo 4 de la NTP 400.050 en:

- ☒ Excedentes de remoción
- ☒ Excedentes de obra
- ☒ Escombros
- ☒ Otros residuos

Los escombros, por su origen se clasifican en:

- ✂ Concreto de demolición
- ✂ Mezclas asfálticas de demolición
- ✂ Material no bituminoso de demolición de carreteras
- ✂ Material de demolición no clasificado

En el caso de los excedentes de obra, estos podrán clasificarse según la categoría de escombros más adecuada, de acuerdo a su composición.

2.4.5 APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN

En la tabla N° 01 donde aparecen las diferentes fracciones de los residuos de la actividad de la construcción, los materiales secundarios y sus usos posibles. Las fracciones obtenidas deben ser tratadas para obtener materiales secundarios que permitan su reciclaje en opciones cuyas exigencias técnicas sean las más elevadas posibles, con el fin de minimizar una pérdida de calidad del material por reciclaje. Para concretar el reciclaje de los materiales secundarios obtenidos, se debe verificar su aptitud para el uso previsto según los métodos descritos en las normas específicas, según criterios técnicos y ambientales.

A diferencia de la construcción con materias primas naturales, con el uso de materiales secundarios de construcción no pueden descartarse problemas ambientales sin ensayos previos, los agregados e material

secundario contienen mayores cantidades de contaminantes que los materiales primarios, los cuales ponen en peligro al medio ambiente.

Imagen N°06: Residuos de pavimentos



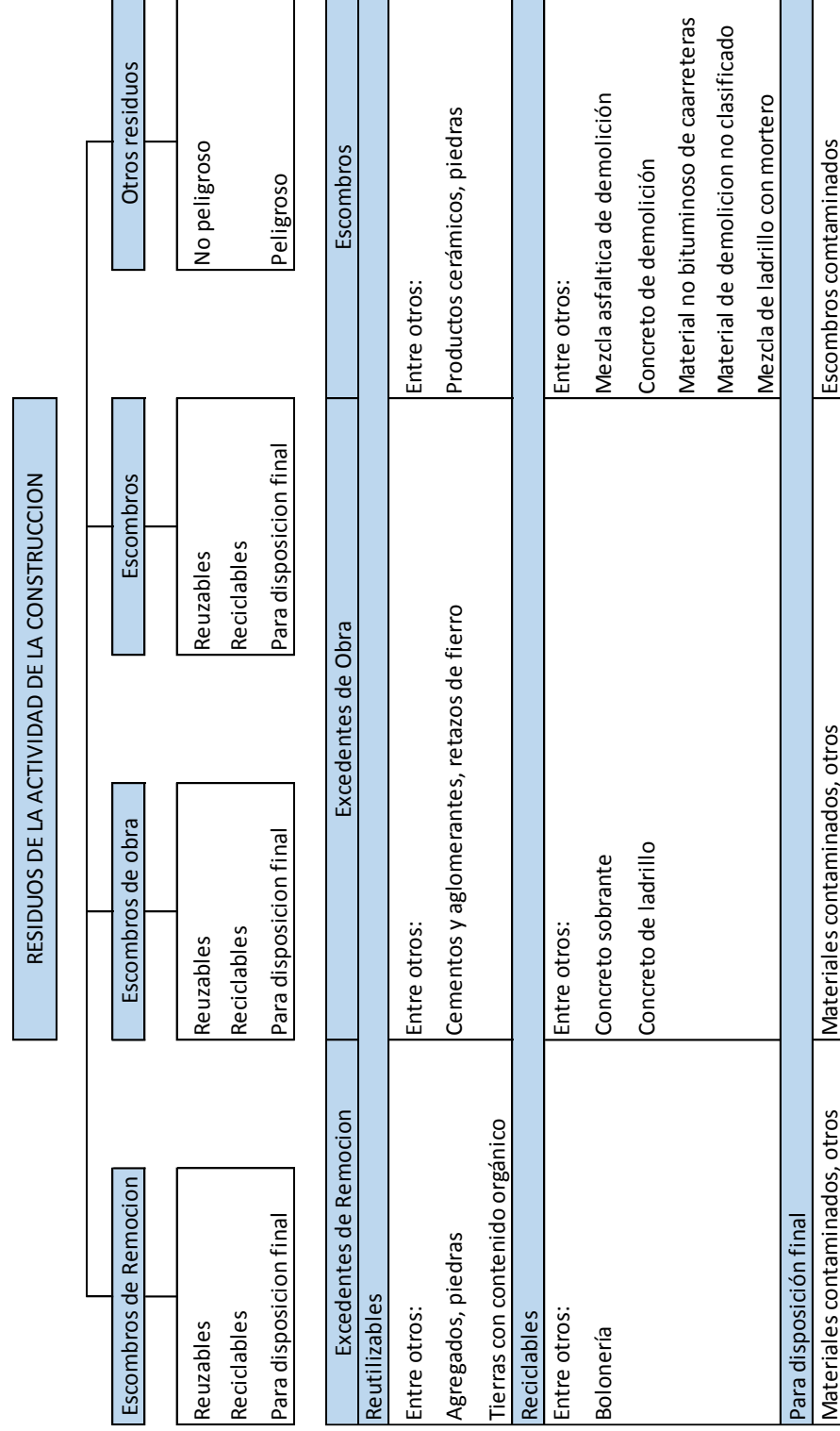
Fuente: Imagen de internet

Imagen N°07: Residuos de demolición



Fuente: Imagen de internet

Tabla N° 01: Clasificación y opciones de manejo de los residuos de la actividad de la construcción



Excedentes de Remoción	Excedentes de Obra	Escombros
Reutilizables		
Entre otros: Agregados, piedras Tierras con contenido orgánico	Entre otros: Cementos y aglomerantes, retazos de fierro	Entre otros: Productos cerámicos, piedras
Reciclables		
Entre otros: Bolonería	Entre otros: Concreto sobrante Concreto de ladrillo	Entre otros: Mezcla asfáltica de demolición Concreto de demolición Material no bituminoso de caarreteras Material de demolicion no clasificado Mezcla de ladrillo con mortero
Para disposición final		
Materiales contaminados, otros	Materiales contaminados, otros	Escombros contaminados

Fuente: NTP 400.050

Tabla N°02: Opciones de aprovechamiento de Residuos de la actividad de la construcción

Fracciones de residuos Información relevante	Mezcla Asfáltica de Demolición PNTP 400.051		Material Bituminoso de Demolición de Carreteras PNTP 400.052	Concreto de demolición PNTP 400.053		Materiales de Demolición no clasificado PNTP	Excedentes de remoción PNTP 400.055
	Carpetas asfálticas	Trat. Asf. Superficial		Losas de concreto	Edificaciones, carreteras, canales		
Procedencia	Carpetas asfálticas		Bases y subbases granuladas no tratadas de pavimentos	Levantamiento/frenado	Demolición selectiva	Demolición	Suelos a remover
Proceso de obtención de Fracciones de Residuos	Fresado		Remoción/ frenado	Levantamiento/ frenado	Chancado/ selección	Demolición	Levantamiento
Proceso de obtención de Materiales Secundarios	Chancado		Chancado	Chancado/ selección	Chancado/ selección	Chancado/ selección	
Material Secundario obtenido	Granulado de Asfalto		Granulado no Bituminoso de carreteras	Granulado de concreto		Granulado no clasificado	
Usos	Nivel de Recomendación						
TIPO I	1				1		
	1				1		
	2		2		1	1	
	2		2		1	1	
	2		1		2	2	
	2		1		2	2	
	2		3		3	3	1
	3		3		3	3	1
	3		3		3	3	1

Legenda

Usos:

TIPO I: Opciones con uso de aglomerantes(Cemento y asfalto)

TIPO II: Opciones sin necesidad de aglomerantes con mayor exigencia técnica

TIPO III: Opciones sin necesidad de aglomerantes con mínima exigencia técnica

Nivel de recomendación 1: Uso óptimo bajo el criterio de uso de materiales con la opción de mayor exigencia técnica posible

2: Uso posibles asumiendo pérdida en el potencial de reciclaje de la obra realizada con este material secundario

3: Opción menos recomendable

No recomendable

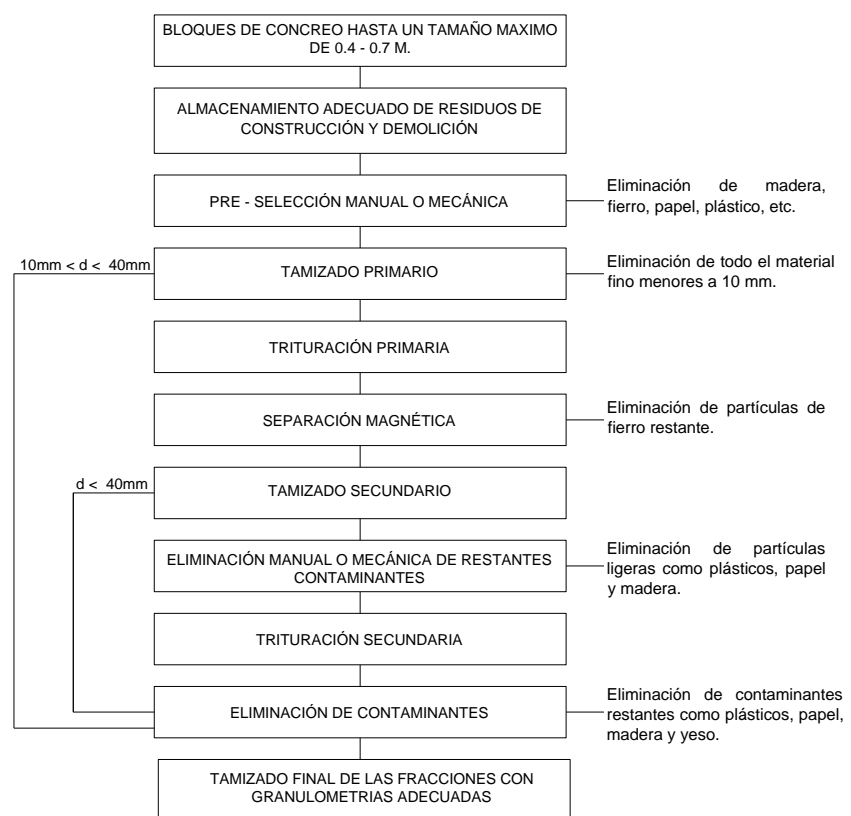
* Capa de espesor h, ubicada de bajo de sub-rasante

Fuente: NTP 400.050

2.4.6 PRODUCCIÓN DE AGREGADOS RECICLADOS

El proceso de producción de agregados reciclados varía de unas plantas productoras a otras, según las necesidades y el destino final del producto obtenido. El comité del ACI 555 sugiere el siguiente procedimiento para la producción de agregados reciclados.

Esquema N° 01: Producción de agregado reciclado



Fuente: Comité del ACI 555

A continuación se describen las etapas para la producción de agregados reciclados:

✂ **Almacenamiento de RCD's**

Luego de una demolición selectiva los RCD's llegan a la planta de reciclaje mezclados en un contenedor descargándose en un lugar apropiado para evitar su contaminación. El almacenamiento de RCD's debe de realizarse teniendo en cuenta su clasificación y el aprovechamiento que se va tener en la actividad de la construcción.

✂ **Pre - Selección manual o mecánica**

Mediante una grúa se extraen las piezas mayores de madera, de acero y otros metales. Los bloques mayores de hormigón se reducen con un martillo eléctrico hasta conseguir un tamaño de 80 mm. De esta etapa dependerá el buen comportamiento de las propiedades del agregado reciclado, es necesario que el material sea lo más homogéneo posible para garantizar la calidad del concreto fabricado con RCD's.

✂ **Tamizado primario**

Antes de triturar y clasificar el material se realiza un pre-zarandeado del mismo con el fin de realizar un control de tamaño separando los más pequeños. Dicho sistema consta de una malla de tamaño normal 10 mm para eliminar los materiales finos.

✂ **Trituración primaria**

La trituración primaria consta, por lo general, en las plantas fijas de un molino de impactos, tamices y cintas transportadoras.

Un cargador frontal realiza el transporte de los residuos de concreto desde el acopio hasta la cinta de alimentación del molino primario. Dicho molino rompe los bloques a través de la acción de pantallas solidarias al bastidor de trituración mediante esfuerzos de compresión y cizalladura. Admite tamaños hasta de 80 mm.

✂ **Separación magnética**

El separador magnético, situado a la salida del molino, separa los elementos metálicos que puedan haber quedado mezclados con el concreto durante la ejecución de las etapas anteriores.

✂ **Eliminación de contaminantes**

El material de concreto resultante pasa a una cabina de triaje donde, de manera manual, se eliminan los restos de plásticos, maderas, o metales no detectados en el separador magnético.

✂ **Tamizado secundario**

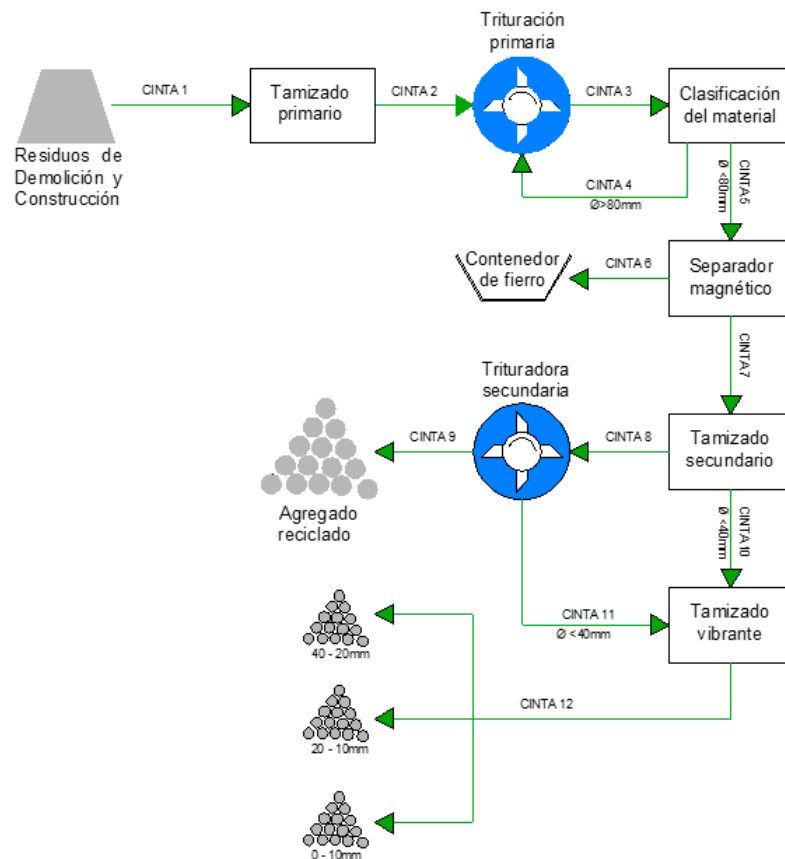
El agregado reciclado se introduce en una tolva con una malla de corte de 40 mm a través de una cinta transportadora. Todo lo que pasa se transporta a otras mallas dispuestas en serie y con luces de malla correspondientes a los cortes de la grava, la gravilla y la arena formando los diferentes acopios. Lo que queda retenido pasa a la trituración secundaria, para continuar con el proceso de producción de agregados reciclados.

✂ Trituración secundaria

En la trituración secundaria se reduce el tamaño del material utilizando otro molino de impactos hasta obtener la granulometría adecuada. Luego de esta etapa, el agregado reciclado se encuentra listo para transportarlo al lugar de la obra y emplearlo para la fabricación de concreto, previo análisis de sus propiedades.

Las etapas para la producción de concreto descritas anteriormente se representan mediante el siguiente esquema:

Esquema N°02: Etapas de producción



Fuente: Elaboración propia

2.4.7 PLANTA DE RECICLAJE

En una planta de reciclaje se lleva a cabo todas las etapas para la producción de agregado reciclado, por lo general cuentan con trituradoras fijas, separadores magnéticos, tamices y cinta transportadoras. Las plantas de producción de agregados reciclados pueden clasificarse en función de su movilidad en:

- ✎ Móviles: Se desplazan a las obras para realizar el reciclado.
- ✎ Semi-móviles: Son más pesadas que las plantas móviles.
- ✎ Fijas: Están ubicadas en un emplazamiento fijo.

También se pueden clasificar de acuerdo al equipo tecnológico que poseen:

- ✎ Plantas de primera generación: Carecen de mecanismos de eliminación de contaminantes, a excepción de separadores magnéticos.
- ✎ Plantas de segunda generación: Poseen sistemas mecánicos para la eliminación de contaminantes previos a la trituración, elementos de limpieza y clasificación del producto triturados.
- ✎ Plantas de tercera generación: Procesan y permiten la reutilización de materiales secundarios considerados contaminantes de los áridos reciclados.

Las plantas fijas incorporan una tecnología similar a la de las plantas de producción de agregados naturales aunque incorporan sistemas para la eliminación de impurezas y contaminantes. Su capacidad productiva es, por lo general, superior a las plantas móviles.

En la siguiente imagen puede observarse una planta fija donde destaca una trituradora tipo cono, esta planta corresponde a la chancadora de la Municipalidad Provincial de Tacna.

Imagen N°08: Planta de chancado de la M.P.T.



Fuente: Municipalidad Provincial de Tacna

Durante el proceso de trituración los bloques de concreto de mayor tamaño son reducidos hasta obtener la granulometría deseada; la acción de cualquier tipo de chancadora hace uso de la fuerza, como medio de llevar a cabo la tarea de aplastar los fragmentos de concreto de mayor tamaño. En esencia, implica la transferencia de fuerza de aplastamiento, que se

incrementa con la ventaja mecánica, y por lo tanto con la distribución de la fuerza a lo largo de todo el fragmento de concreto reciclado.

Los sistemas de trituración empleados pueden ser de mandíbulas, de impactos o de conos.

- **Trituradora de mandíbulas**

Cuando la trituradora de mandíbula está funcionando, el motor dirige la rotación del árbol excéntrico por la polea para que la mandíbula amovible se acerca y produce un mecanismo de ruptura para que las materias disminuyan su tamaño y caigan gradualmente en la boca de descarga.

Las trituradoras de mandíbulas, generan una cantidad de finos inferior al 10% del material triturado con una buena distribución del tamaño del árido para fabricar hormigón. Es la más apropiada para la trituración primaria.

Imagen N°09: Trituradora de mandíbula



Fuente: Imagen de internet

- **Trituradora de impacto**

Esta máquina tritura materiales por medio de fuerza de impacto. Cuando los materiales entran en el área de la barra del calefactor, son triturados debido al impacto de alta velocidad y son lanzados hacia la placa de impacto en el rotor.

Las trituradoras o molinos de impacto, permiten obtener altos valores de reducción y un producto más fino obtenido en menos etapas de trituración. Generan hasta un 40% de finos.

Imagen N°10: Trituradora de impacto



Fuente: Imagen de internet

- **Trituradora de cono**

Es una chancadora giratoria modificada. La principal diferencia es el diseño aplanado de la cámara de chancado para dar alta capacidad y alta razón

de reducción del material. El objetivo es retener el material por más tiempo en la cámara de chancado para realizar mayor reducción de este en su paso por la máquina.

Las trituradoras de conos, ofrecen rendimientos elevados con una reducción considerable de costos de desgaste y mantenimiento. El mayor inconveniente que presentan es que no admiten tamaños muy grandes de partículas aunque el agregado final obtenido en ellas presenta mayor calidad. Suelen utilizarse en la trituración secundaria. La cantidad de finos producida está entorno al 20%.

Imagen N°11: Trituradora de cono



Fuente: Imagen de internet

La siguiente tabla resume las principales propiedades de los tres sistemas de trituración.

Tabla N°03: Características de los sistemas de trituración

CARACTERÍSTICAS	MANDÍBULAS	IMPACTO	CONO
Capacidad	Alta	Media	Baja
Costo de producción	Bajo	Medio	Alto
Desgaste	Bajo	Bajo	Alto
Calidad del agregado	Bajo	Media	Alta
Contenido de finos	Bajo	Medio	Alto
Consumo de energía	Bajo	Medio	Alto

Fuente: López Gayarre, España 2008

La combinación más extendida en las plantas de reciclado fijas es la que utiliza la trituradora de mandíbulas como sistema de trituración primario y la trituradora de impacto como triturador secundario.

La clasificación de los productos, en función de su tamaño, se realiza mediante cribas con luces de malla diferentes. Dichas cribas incorporan sistemas vibrantes de baja frecuencia y gran amplitud que agilizan el proceso de tamizado.

2.5. MATERIALES

2.5.1 AGREGADOS

Se define como tales los materiales pétreos inertes resultantes de la desintegración natural de rocas o que se obtienen de la trituración de las mismas. Estos ocupan típicamente las tres cuartas partes del volumen en el concreto, deben estar libres de suciedad, ser durables, y no deben tener sustancias que reaccionen químicamente con el cemento.

Los agregados se clasifican en agregados finos, gruesos y reciclados.

La clasificación entre agregado fino y agregado grueso se realiza basándose en su tamaño, de la siguiente manera: el fino tiene diámetro menor al tamiz número 4 (4,76mm) y está constituida por arena natural o manufacturada; el grueso tiene partículas de un tamaño mayor a 4,76mm. Los agregados reciclados están constituidos de partículas chancadas y graduadas, provenientes de materiales que han sido usados en construcción.

Los agregados mencionados deben cumplir con la Norma NTP 400.037 o ASTM C 33.

PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS Y QUÍMICAS

Se debe determinar las propiedades de los agregados fino, grueso y reciclado que serán usados para preparar la mezcla de concreto. Para que el concreto tenga un buen comportamiento es necesario que las

propiedades de los agregados cumplan con el parámetro que exigen las Normas.

GRANULOMETRÍA

Se define como granulometría a la distribución por tamaños de las partículas de agregado. Ello se logra separando el material por procedimiento mecánico empleando tamices de abertura cuadradas determinadas.

El agregado comprende del 65% al 80% del volumen unitario del concreto. En razón de su importancia en el volumen de la mezcla la granulometría seleccionada para los agregados fino y grueso deberá permitir obtener en las mezclas una máxima densidad, con una adecuada trabajabilidad y características de acabado del concreto fresco y con obtención de las propiedades deseadas en el concreto endurecido.

- **Granulometría ideal**

En la práctica no existe ningún método que permita llegar a una “granulometría ideal” aplicable en todos los casos a todos los agregados. Sin embargo, se han desarrollado especificaciones de granulometría las cuales, en promedio, permitirán obtener concretos de propiedades satisfactorias tanto en el estado fresco y endurecido a partir de materiales disponibles en una área determinada. La curva granulométrica de los agregados es muy importante para determinar sus características en cuanto a su gradación, forma y textura de los agregados empleados

- **Granulometría del agregado fino**

La granulometría del agregado fino se realizara de acuerdo a lo establecido en las Normas NTP 400.037 o ASTM C33. Las mallas normalizada utilizadas para el agregado fino son: N°4, 8, 16, 30, 50 y 100.

Tabla N°04: Límites de granulometría según el ASTM

MALLA	PORCENTAJE QUE PASA(ACUMULATIVO)
3/8"	100
N°4	95 a 100
N°8	80 a 100
N°16	50 a 85
N°30	25 a 60
N°50	10 a 30
N°100	2 a 10

Fuente: NTP 400.037

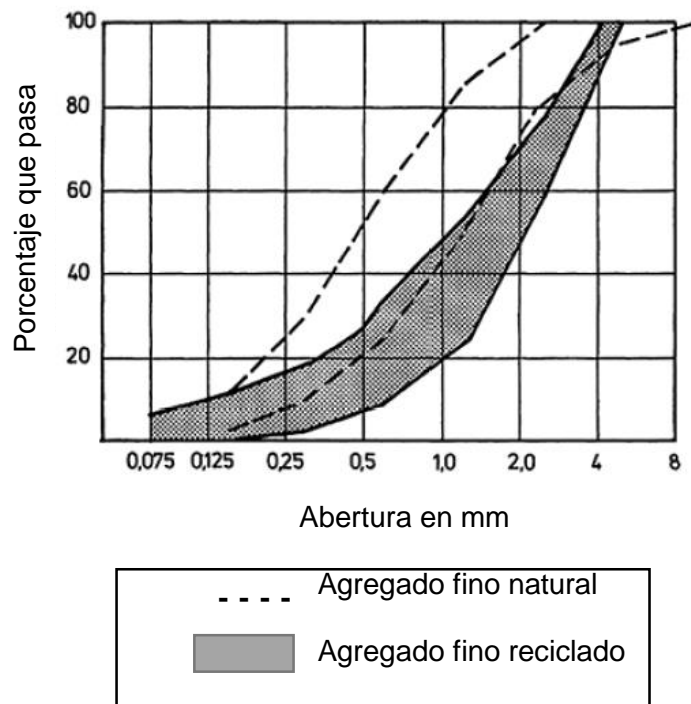
Requisitos granulométricos

- ✘ El porcentaje retenido en dos mallas sucesivas no excederá del 45%.
- ✘ El porcentaje indicado para las mallas N°50 y N°100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente.
- ✘ Preferentemente el módulo de fineza no deberá ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1 debiendo ser mantenido dentro de los límites de más o menos 0,2.
- ✘ Deberá de contener suficiente cantidad de material que pasa la malla N° 50 a fin de obtener en el concreto adecuada trabajabilidad.

- ✗ Tener un máximo de 3% a 5% de material que pasa la malla N°200.
No se debe confundir los finos del agregado con limo, marga y otras impurezas indeseables.

Estudios realizados en otros países demuestran que para el caso del agregado fino reciclado, las granulometrías caen dentro del área sombreada del diagrama de tamiz en el Gráfico N°02. Se verá que todas las gradaciones son algo más gruesa que el límite inferior de requisitos de clasificación ASTM.

Gráfico N°02: Granulometría agregado fino reciclado



Fuente: T.C. Hansen, Londres 1992

Los agregados finos reciclados, ya que provienen de la trituradora, son algo más grueso y más angular que la deseable para la producción de

buenas mezclas de concreto. Debido a que la granulometría del agregado fino reciclado no se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la Normas ASTM es que no puede ser usado para la fabricación de un nuevo concreto, por lo tanto es necesario usar agregado fino natural y así evitar resistencias pobres.

- **Granulometría del agregado grueso**

La granulometría del agregado grueso deberá de estar graduado dentro de los límites granulométricos del agregado grueso para diseño de concretos (Tabla N°05) establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C33.

Requisitos granulométricos

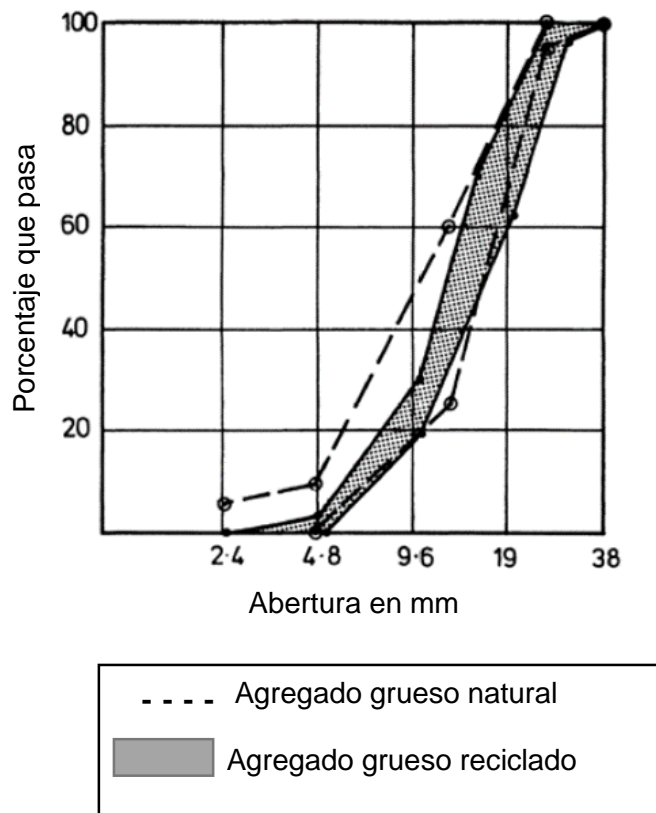
- ✎ La granulometría deberá de ser continua y deberá permitir la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de mezcla.
- ✎ No deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 1/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".
- ✎ Si se emplea dos o más tamaños de agregado grueso, cada uno de ellos, así como la combinación de los mismos, deberá cumplir con los requisitos de granulometría indicados.

Para el caso de agregado reciclado la granulometría depende fundamentalmente del sistema de trituración que se haya empleado en su proceso de producción. Luego de realizada la trituración, el proceso de

tamizado para determinar la granulometría debe compararse con la Norma ASTM C 33.

Estudios realizados por investigadores de Japón y Dinamarca arrojaron los siguientes resultados para el caso de agregado reciclado grueso:

Gráfico N°03: Granulometría del agregado grueso reciclado



Fuente: T.C. Hansen, Londres 1992

Mediante el uso de trituradoras se puede producir razonablemente agregados gruesos reciclados bien graduados, las cuales se encuentran dentro de los parámetros que nos da la Norma ASTM C-33.

Tabla N°05: Límites granulométricos del agregado grueso para el diseño de concretos

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100mm (4 pulg.)	90mm (3 1/2 pulg.)	75mm (3 pulg.)	63mm (2 1/2 pulg.)	50mm (2 pulg.)	37,5mm (1 1/2 pulg.)	25,0mm (1 pulg.)	19,0mm (3/4 pulg.)	12,5mm (1/2 pulg.)	9,5mm (3/8 pulg.)	4,75mm (N° 4)	2,36mm (N° 8)	1,18mm (N° 16)	4,75µm (N° 50)
1	90mm a 37,5mm (3 1/2 a 1 1/2 pulg.)	100	90 a 100	----	25 a 60	----	0 a 15	----	0 a 15	----	0 a 15	----	----	----	----
2	63mm a 37,5mm (2 1/2 a 1 1/2 pulg.)	----	----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	----	0 a 15	----	----	----	----	----	----
3	50mm a 25mm (2 a 1 pulg.)	----	----	----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	0 a 5	----	----	----	----	----	----
357	50mm a 4,75mm (2 pulg a N° 4)	----	----	----	100	95 a 100	----	35 a 70	0 a 30	----	0 a 5	----	----	----	----
4	37,5mm a 19,0mm (1 1/2 a 3/4 pulg.)	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	----	----	----	----	----	----
467	37,5mm a 4,75mm (1 1/2 pulg a N° 4)	----	----	----	----	100	95 a 100	----	35 a 70	10 a 30	0 a 5	----	----	----	----
5	25,0mm a 12,5mm (1 a 1/2 pulg.)	----	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	----	----	----	----	----
56	25,0mm a 9,5mm (1 a 3/8 pulg.)	----	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	----	----	----	----	----
57	25,0mm a 4,75mm (1 pulg a N° 4)	----	----	----	----	----	100	95 a 100	25 a 60	0 a 5	0 a 10	0 a 5	----	----	----
6	19,0mm a 9,5mm (3/4 a 3/4 pulg.)	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	0 a 5	----	----	----
67	19,0mm a 4,75mm (3/4 pulg a N° 4)	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	0 a 5	0 a 5	----	----
7	12,5mm a 4,75mm (1/2 pulg a N° 4)	----	----	----	----	----	----	100	90 a 100	90 a 100	40 a 70	0 a 5	0 a 5	----	----
8	9,5mm a 2,36mm (3/8 pulg a N° 8)	----	----	----	----	----	----	100	100	85 a 100	10 a 30	0 a 5	0 a 5	0 a 5	----
89	9,5mm a 1,18mm (3/8 pulg a N° 16)	----	----	----	----	----	----	100	100	100	20 a 35	5 a 30	0 a 10	0 a 5	0 a 5
9	4,75mm a 1,18mm (N° 4 a N° 16)	----	----	----	----	----	----	100	100	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5	0 a 5

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

El tamaño máximo nominal del agregado grueso se determina a partir de un análisis por tamices y, generalmente, se acepta que es el que corresponde al tamiz inmediatamente superior a aquel en el cual queda 15% o más de material acumulado retenido.

De la observación de los resultados de los ensayos se aprecia una limitación importante del concepto de tamaño máximo, granulometrías similares pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso

MÓDULO DE FINEZA

El módulo de fineza es un índice mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado. Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas de 3"; 1/1/2"; 3/4"; N°8; N°16; N°30; N°50 Y N°100, dividida entre 100.

Gran número de granulometrías de agregados fino o grueso, o de una combinación de ambos, pueden dar un módulo de fineza determinado. Esta es la principal desventaja del empleo de este factor, el cual se utiliza como índice e control de uniformidad.

$$\text{Módulo de fineza} = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulativo}}{100}$$

- **Aplicaciones y límites**

El módulo de fineza usualmente se determina para el agregado fino, pero el conocimiento del módulo de fineza del agregado grueso puede ser necesario para la aplicación de algunos métodos de proporcionalmente de mezclas. Los agregados que presentan un módulo de fineza bajo indica una preponderancia de las partículas más finas con un área superficial total muy alta, la que será necesario cubrir con pasta.

El módulo de fineza sirve como una medida del valor lubricante de un agregado, dado que cuanto mayor es su valor menor será el valor lubricado y la demanda de agua por área superficial.

MORTERO ADHERIDO

Cuando el concreto viejo se tritura, una cierta cantidad de mortero del concreto original permanece unido a las partículas de piedra en los agregados reciclados. La cantidad de mortero adherido hace que los agregados reciclados presenten propiedades distintas a los naturales que se reflejan en un aumento de la absorción de agua, menor densidad, menor resistencia, menor dureza y una menor resistencia a la fragmentación. El concreto fabricado con ellos estará directamente condicionado por dichas propiedades.

La cantidad de mortero adherido puede calcularse a través de varios métodos como cemento de color, solución de ácido clorhídrico, cambio de temperatura, entre otros.

- **Cemento de color**

Una muestra representativa de los diversos grados y fracciones de tamaño de agregado reciclado será mezclada con el cemento de color rojo y echado en cubos. Después del endurecimiento, se cortan los cubos, el mortero unido a las partículas de grava natural en el agregado reciclado se pueden distinguir claramente, de esta manera puede determinarse el volumen de mortero adherido.

- **Solución de ácido clorhídrico**

El contenido de mortero adherido se determina mediante la inmersión de las partículas en una solución diluida de ácido clorhídrico a 20 ° C. La diferencia de peso obtenido antes y después de la inmersión establece el porcentaje en peso correspondiente al mortero adherido.

- **Cambio de temperatura**

Se pesa una muestra de agregado reciclado previamente secada en la estufa, se sumerge durante 2 horas en agua con la finalidad de llenar la mayoría de los poros permeables del mortero. Posteriormente, la muestra húmeda se introducía en un horno precalentado a 500 °C durante un período de tiempo de dos horas. De esta forma se logran crear tensiones internas debidas a la rápida evaporación del agua. Dichas tensiones afectan principalmente al mortero y hacen que se desprenda de la matriz rocosa. La diferencia de peso entre la muestra inicial y la final expresada en porcentaje de peso será la cantidad de mortero adherido.

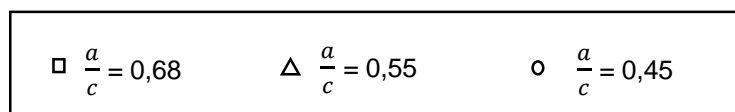
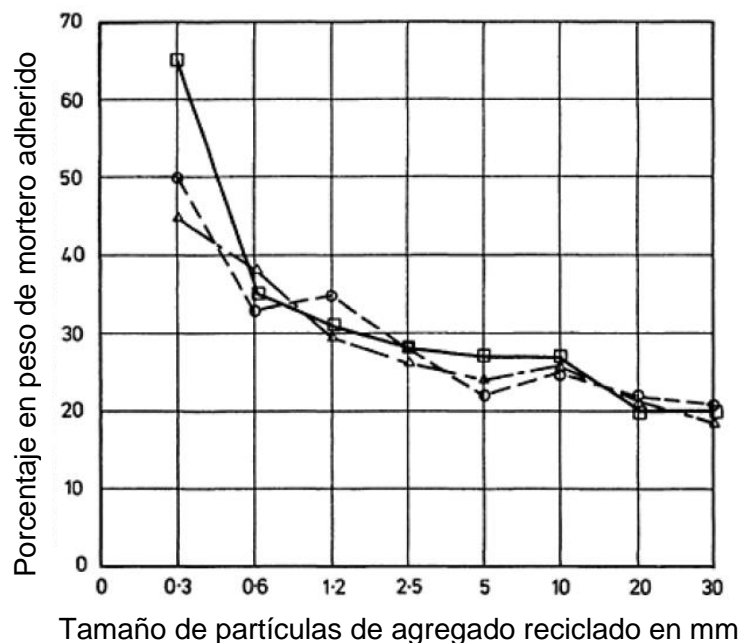
A continuación se muestran los valores obtenidos en diversos estudios, correspondientes a la cantidad de mortero adherido en agregado reciclados. En el gráfico N°4, se muestra el porcentaje en peso de mortero adherido para diferentes relaciones agua cemento, realizados en Japón.

Tabla N°06: Mortero adherido

f'c	MORTERO ADHERIDO
24 Mpa	35.5%
41 Mpa	36.7%
51 Mpa	38.4%

Fuente: T.C. Hansen, Londres 1992

Gráfico N°04: Porcentaje en peso de mortero adherido- Japón



Fuente: T.C. Hansen, Londres 1992

PESO ESPECÍFICO

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

Los pesos específicos de los agregados se determinan de acuerdo a lo que indica la Norma ASTM C -128.

- **Peso específico aparente**

Es definido como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable.

Determinación del peso específico aparente para el agregado grueso.

A: peso en el aire de la muestra seca en gramos.

B: peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca en gramos.

C: peso sumergido en agua de la muestra saturada, en gramos.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B-C}$$

Determinación del peso específico aparente para el agregado fino.

A: peso al aire de la muestra desecada, en gramos.

B: peso del picnómetro aforado lleno de agua, en gramos.

C: peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua, en gramos.

S: peso de la muestra saturada, con superficie seca en gramos.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B+S-C}$$

El peso específico de masa de la mayoría de los agregados comúnmente empleados está comprendido dentro de los límites de 2600 kg/m³ a 3000 kg/m³.

Tabla N°07: Pesos específicos

PESO ESPECÍFICO (kg/m ³)	
Basalto	2800
Pedernal	2540
Granito	2690
Hornfelsa	2820
Caliza	2660
Porido	2730
Cuarzita	2620
Arenisca	2500
Arena y Grava	2650
Roca Trape	2900

Fuente: Rivva López. Perú 2000

La densidad del agregado reciclado es menor que la del agregado convencional ya que el primero presenta una capa de mortero adherido cuya densidad es inferior a la del agregado. La fracción fina obtenida es la que menor densidad tiene debido a la mayor cantidad de mortero adherido que poseen sus partículas por unidad de peso. La determinación del peso específico se realiza de acuerdo a la norma ASTM C 127.

Tabla N°08: Densidades de agregados reciclados

Agua/ cemento	Tamaño de agregado en mm	Densidad en kg/m ³
0,4	4-8	2 036
	8-16	2 060
	16-32	2 148
0,7	4-8	2 041
	8-16	2 060
	16-32	2 091
1,2	4-8	2 070
	8-16	2 068
	16-32	2 081

Fuente: T.C. Hansen, Londres 1992

ABSORCIÓN

Se entiende por absorción, al contenido de humedad total interna de un agregado que está en la condición de saturado superficialmente seco. La capacidad de absorción del agregado se determina por el incremento de peso de una muestra secada al horno, luego de 24 horas de inmersión en agua y de secado superficial. Los valores de absorción se determinaran de acuerdo a la Norma ASTM C127.

- **Absorción efectiva**

Es el volumen de agua necesario para traer un agregado de la condición de secado al aire, o semi seco, a la condición de saturado superficialmente seco. Determinación del porcentaje de absorción para el caso de agregado fino.

A: peso al aire de la muestra desecada, en gramos.

S: peso de la muestra saturada, con superficie seca en gramos.

$$\% \text{ de absorción agregado fino} = \frac{B-A}{A} \times 100$$

Determinación del porcentaje de absorción para el caso de agregado grueso.

A: peso en el aire de la muestra seca en gramos.

B: peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca en gramos.

$$\% \text{ de absorción agregado grueso} = \frac{B-A}{A} \times 100$$

La absorción en los agregados reciclados alcanza valores muy superiores a los obtenidos en los agregados naturales. Sin duda alguna esto es debido a la cantidad de mortero adherido que presentan dichos agregados. En agregados naturales los valores de la absorción oscilan entre un 0% y un 4% mientras que en los diferentes estudios consultados los valores

obtenidos en áridos reciclados van desde un 3,3% hasta un 13% aunque, por lo general, la mayoría sobrepasa el valor límite de un 5%

Tabla N°09: Porcentajes de absorción del agregado reciclado

Tipo de agregado	Absorcion de agua
Agregado natural 15mm max.	1,14%
Agregado reciclado 25mm max. a/c = 0,42	6,76%
Agregado reciclado 25mm max. a/c = 0,53	6,93%
Agregado reciclado 25mm max. a/c = 0,74	7,02%
Agregado fino reciclado < 5mm	10,90%

Fuente: T.C. Hansen, Londres 1992

HUMEDAD SUPERFICIAL

Se entiende por humedad superficial, a agua libre, a la diferencia entre los estados saturado o húmedo y el estado saturado superficialmente seco. La humedad superficial o agua libre es aquella con la que contribuirá el agregado al agua de la mezcla.

- **Contenido de humedad**

Si el agregado esta saturado y superficialmente seco no puede absorber ni ceder agua durante el proceso de mezcla. Sin embargo, un agregado parcialmente seco resta agua, mientras que el agregado mojado, superficialmente húmedo, origina un exceso de agua en el concreto. En estos casos es necesario reajustar el contenido de agua, a fin que el contenido de agua resulte el concreto. El contenido de humedad o agua

del agregado es la diferencia entre e estado actual de humedad del mismo y el estado seco.

La determinacion del contenido del humedad que tiene el agregdo natural y reciclado se realizara antes de cada vaceado de concreto, este procedimiento se realizara de acuerdo a la Norma ASTM.

Mh= muestra humeda de agregado

Ms= muestra seca que salio del horno a 110°C.

$$\text{Humedad} = \frac{Mh - Ms}{Ms} \times 100$$

La humedad en los agregados reciclados alcanza valores superiores a los obtenidos en los agregados naturales, debido a la gran cantidad de poros que tiene el mortero adherido que presentan dichos agregados.

PESO UNITARIO

Se denomina peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, al peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en kilos por metro cubico del material. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen.

El peso unitario está influenciado por:

- Su gravedad especifica

- Su granulometría
- Su perfil y textura superficial
- Su condición de humedad
- Su grado de compactación de masa

El peso unitario varía con el contenido de humedad. En el agregado grueso incrementos en el contenido de humedad incrementan el peso unitario. En el agregado fino incrementos más allá de la condición de saturado superficialmente seco pueden disminuir el peso unitario debido a que la película superficial de agua origina que las partículas estén juntas facilitando la compactación con incremento en el volumen y disminución del peso unitario. El peso unitario de los agregados en los concretos de peso normal, entre 2 200 y 2 400 kg/m³, generalmente varía entre 1 500 y 1 700 kg/m³.

A partir del conocimiento del peso unitario del agregado se puede conocer el contenido de vacíos y la clasificación.

A= peso específico aparente de los agregados.

B= peso unitario de los agregados en kg/m³.

W= peso unitario del agua, 1000 kg/m³.

$$\% \text{ de vacíos} = \frac{(AxW) - B}{(AxW)}$$

Tabla N°10: Peso de agregados

Agregado	Peso Unitario (kg/m ³)
Liviano	200-2 000
Peso normal	2 200-2 400
Pesados	2 880-6 080

Fuente: Rivva López, Perú 2000

La determinación del peso unitario de los agregados naturales y reciclados, ya sea el peso unitario seco compactado o suelto, se efectúa de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM C 29.

DUREZA

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión, abrasión o, en general, el desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes. Entre las mejores rocas a emplear en concretos que deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión, figuran el cuarzo, la cuarzita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.

El agregado que va a ser empleado en concretos para pavimentos, pisos o estructuras sometidas a abrasión y/o erosión no deberá tener una pérdida mayor del 50% en el ensayo de abrasión. La determinación de la dureza de agregados se hace sometiendo a un proceso de desgaste por abrasión. El ensayo más empleado es el conocido como el Método de Los Ángeles, realizado de acuerdo con lo especificado en la norma ASTM C 131.

P1: peso de muestra antes del ensayo

P2: peso de la muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre el tamiz N°12.

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

El coeficiente de Los Ángeles en agregados reciclados presenta valores superiores debido a que en dicho ensayo no solamente se produce la correspondiente pérdida de peso del agregado natural sino también la derivada de eliminar la totalidad del mortero adherido.

Tabla N°11: Porcentajes de desgaste de agregados reciclados

Muestra	C	A	B	E	F	D
Resistencia a la compresion Mpa	15	16	21	30	38	40
L.A. Porcentaje de abrasion	28,7	27,3	28	25,6	22,9	20,1

Fuente: T.C. Hansen, Londres 1992

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES

Las sales químicas, tales como sulfatos, cloruros, carbonatos, fosfatos, nitratos, pueden presentarse en los agregados en gran variedad de formas. Algunas de ellas reaccionan químicamente impidiendo o modificando el proceso normal de fragua del cemento. La presencia de tales sales también puede contribuir a incrementar la exudación de la mezcla, o la

eflorescencia de las mismas hacia la superficie de concreto deteriorando la apariencia del mismo.

Los agregados fino y grueso no deberán contener sales solubles totales en porcentaje mayor del 0,04% si se trata de concreto armado; ni del 0,015% si se trata de concreto presforzado.

El contenido de cloruro de calcio soluble en agua, presente en el agregado, se determina a acuerdo especificado en la Norma NTP 400.014.

A: peso inicial de la muestra a disolver en agua destilada.

B: volumen de todos los líquidos sobrenadantes acumulados.

C: volumen de aforado.

D: peso de las sales cristalizadas.

$$\% \text{ de sales solubles} = \frac{1}{\frac{Cx A}{BxD}} \times 100$$

REACCION ÁLCALI-AGREGADO

Es un fenómeno que ataca al concreto endurecido fabricado con ciertos agregados sensibles, donde luego de varios años de exposición al medio ambiente y ante la presencia de óxidos de Sodio y Potasio (llamados comúnmente álcalis) provenientes principalmente del cemento, más humedad y temperatura, se origina un gel alrededor de las partículas

gruesas, que va hinchándose cada vez más, rompiendo la estructura interna del concreto y ocasionando fisuración y desintegración de la estructura.

Imagen N°12: Fase 1

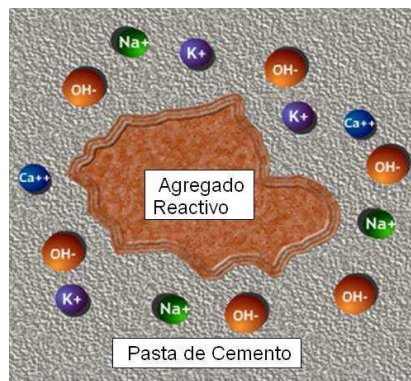


Imagen N°13: Fase 2

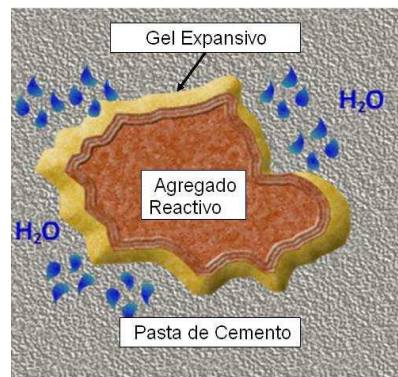


Imagen N°14: Fase 3



En las imágenes mostradas anteriormente, podemos apreciar una secuencia gráfica que muestra las fases de desarrollo de este fenómeno. La imagen doce muestra al agregado reactivo dentro de la pasta de cemento con álcalis (Na y K) y radicales OH. La imagen trece ilustra como la presencia de humedad activa la reacción álcali-agregado. Finalmente en

la imagen catorce podemos observar el hinchamiento y fisuración del concreto.

El agregado utilizado en concretos sujetos permanentemente a la acción de la humedad o contacto con suelos húmedos, no deberá contener minerales potencialmente reactivos que reaccionen químicamente con los álcalis del cemento, por cuanto producen expansiones excesivas del concreto.

En caso de estar presentes tales minerales, el agregado podrá ser utilizado con cementos que tengan menos de 0,6% de álcalis, calculados como óxido de sodio equivalente ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$), o con la adición de un material que prevenga la expansión excesiva debido a la reacción álcali-agregado.

Cuando se utilizan agregados reciclados dicha reacción puede verse favorecida debido al mortero adherido que llevan consigo y que aumenta el contenido de alcalinos, aun así es necesario realizar el ensayo de reacción álcali-agregado mediante la Norma ASTM C 289.

Para determinar la posible reactividad de los agregados con los álcalis del cemento, primero debemos de calcular la concentración de SiO_2 y la reducción de la alcalinidad para luego graficarlos y analizar si se encuentra dentro de los agregados que son potencialmente dañinos para el concreto, este ensayo se efectúa de acuerdo a la Norma ASTM C 289.

SiO₂: sílice soluble expresado en ppm.

W₁: gramos de SiO₂, hallados en 100 cm³ de solución diluida.

W₂: gramos de SiO₂, encontrados en el ensayo en blanco.

$$\text{SiO}_2 = (W_1 - W_2) \times 330$$

R_c: reducción de la alcalinidad en mmol/L.

N: normalidad del HCL utilizado en la valoración.

V₁: ml de la disolución diluida en el ensayo.

V₂: ml de HCL utilizados para neutralizar el ion hidroxilo en la muestra de ensayo.

V₃: ml de HCL utilizados para neutralizar el ion hidroxilo en el ensayo en blanco.

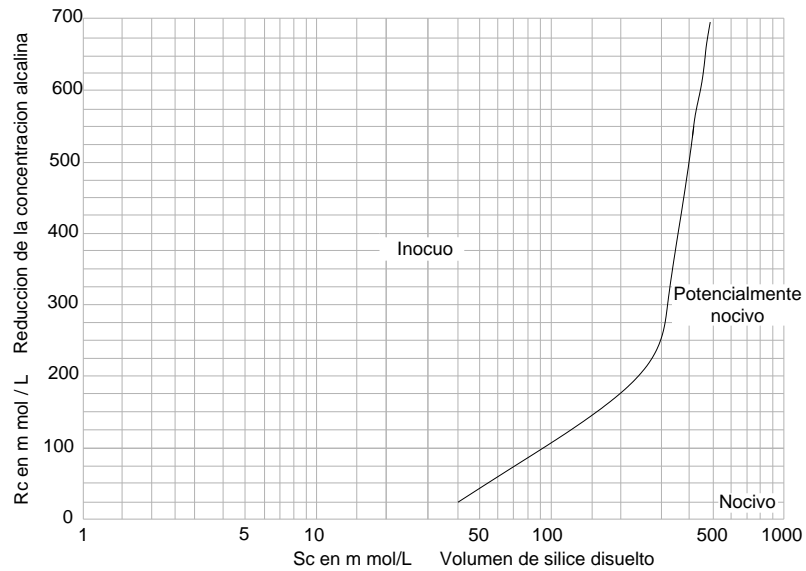
P: son los ml de HCL necesarios para lograr el viraje de fenolftaleína.

T: ml de HCL utilizada desde el principio de la valoración y necesaria para lograr el viraje de anaranjado de metilo.

$$V_2 - V_3 = 2P - T$$

$$R_c = \frac{20N}{V_1} (V_3 - V_2) \times 100$$

Gráfico N°05: Grado de nocividad del agregado



Fuente: T.C. Hansen, Londres 1992

CONTAMINANTES

Los elementos contaminantes de los agregados actúan sobre el concreto reduciendo su resistencia, modificando la durabilidad y dañando la apariencia externa. Adicionalmente pueden alterar el proceso de mezclado al incrementar la demanda de agua o retrasar el proceso de mezclado. La mayoría de los agregados presentan algún grado de contaminación dependiendo de su origen, pero la norma determina el porcentaje máximo admisible de partículas contaminantes en los agregados, los excesos pueden eliminarse fácilmente mediante el proceso de lavado. Las partículas perjudiciales presentes en el agregado no deberán exceder los siguientes valores para el caso de agregados:

Tabla N°12: Contaminantes en agregados naturales

Contaminantes e impurezas	Maximo contenido % del peso total de la muestra
Arcillas	0,25
Partículas blandas	5,00
Material más fino que la malla N°200	3,00
Carbón y lignito cuando:	0.5 - 1

Fuente: Rivva López, Perú 2000

Tabla N°13: Contaminantes en agregados reciclados

Contaminantes e impurezas	Maximo contenido % del peso total de la muestra
Material cerámico	5,00
Partículas ligeras	1,00
Asfalto	1,00
Vidrio, plástico, metales	1,00

Fuente: López Gayarre, España 2008

2.5.2 CEMENTO PORTLAND

El cemento es el componente más activo del concreto y, generalmente, tiene el mayor costo unitario por ello, y considerando que las propiedades del concreto dependen tanto de la calidad de sus componentes, la selección y uso adecuado del cemento son fundamentales para obtener en forma económica las propiedades deseadas para una mezcla dada.

DEFINICIÓN

Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene

generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda.

TIPOS DE CEMENTO

TIPO I : Para uso en general que no requiera propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.

TIPO II : (MH) Para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.

TIPO III : Para uso general, y específicamente cuando se desea un moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.

TIPO IV : Para usar cuando se desea bajo calor de hidratación.

TIPO V : Para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

COMPUESTOS PRINCIPALES

Durante el proceso de fusión de la materia prima que ha de dar origen al clínker se forman silicatos cálcicos, aluminatos cálcicos y ferritos de composición compleja.

☒	Silicato tricalcico	C3S
☒	Silicato bicalcico	C2S
☒	Aluminato tricalcico	C3A

✎ Ferroatuminato tetracalcico C4AF

El porcentaje reativo de los cuatro compuestos principales norma las propiedades del cemento portland. Dicho porcentaje depende de la proporción relativa entre la cal y los compuestos ácidos-silíceo, alúmina y óxido férrico, también conocidos como factores hidráulicos. Normalmente se acepta que los porcentajes límites de los compuestos principales están dentro de los siguientes valores:

✎ C3S 30% a 60%

✎ C2S 15% a 37%

✎ C3A 7% a 15%

✎ C4AF 8% a 10%

REQUISITOS QUÍMICOS

✎ El cemento elegido deberá cumplir con los requisitos químicos y físicos tomando en cuenta las limitaciones indicados en las Normas ASTM o NTP que determinan su calidad para ser empleados en la fabricación de concreto.

✎ Si el cemento se emplea con agregados potencialmente reactivos su contenido de alcalis no será mayor del 0,6% calculado como el porcentaje de $\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{K}_2\text{O}$.

- ✘ Si al emplear cemento Tipo II se requiere moderado calor de hidratación, la suma del silicato tricálcico (C3S) más el aluminato tricálcico (C3A) no deberá exceder del 58%.
- ✘ Si se emplea cemento Tipo V, la suma del aluminato ferrítico tetra-cálcico (C4AF) más el doble del aluminato tricálcico (C3A) no deberá exceder de 20%.

REQUISITOS FÍSICOS

- ✘ El cemento elegido deberá cumplir con los requisitos físicos y limitaciones en la Norma correspondiente.
- ✘ En aquellos casos en que no sea conocida, la superficie específica se considerará de 3 200 cm²/gr para los cementos portland normales y de 4 700 cm²/gr, para los cementos puzolánicos. Para la determinación de la superficie específica se utilizará el Método Blaine.
- ✘ En aquellos casos en que no sea conocido el valor real, se considerará para el cemento portland normal un peso de 3,15 y de 2,97 para los cementos puzolánicos.
- ✘ Para los ensayos de tiempo de fraguado se usará el Método Vicat.
- ✘ Los requisitos de calor de hidratación se aplicarán únicamente cuando son especificados. En este caso los requisitos de resistencia

podrán ser el 80% de los valores indicados en la Norma correspondiente.

2.5.3 AGUA PARA CONCRETO

El agua presente en la mezcla de concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr la formación del gel y permitir que el conjunto de la masa adquiera las propiedades que: en estado no endurecido faciliten una adecuada manipulación y colocación de las mismas y en estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas.

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

El agua a emplearse en la preparación del concreto se almacenara, de preferencia, en tanques metálicos o silos. Se tomara las precauciones que eviten su contaminación.

REQUISITOS DE CALIDAD

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

potable. A continuación se presenta, en partes por millón, los valores aceptados como máximos para el agua utilizada en el concreto.

Tabla N°14: Requisitos de calidad para el agua

Sustancias disueltas	Valor máximo admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	500 ppm
PH	mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Rivva López, Perú 2000

2.5.4 ADITIVOS

DEFINICIÓN

Un aditivo es definido, tanto por el Comité 116R American Concrete Institute como por la Norma ASTM C125, como un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado.

Los aditivos son materiales utilizados como componentes del concreto o el mortero, los cuales se añaden a estos durante el mezclado a fin de modificar una o algunas de sus propiedades para permitir que sean más adecuado al trabajo que se está efectuando, facilitar su colocación y

reducir los costos de operación. El empleo de aditivos no autoriza a disminuir el contenido de cemento seleccionado para la unidad cubica de concreto.

CLASIFICACIÓN

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

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

- ✎ TIPO A Reductores de agua
- ✎ TIPO B Retardadores de fragua
- ✎ TIPO C Acelerante
- ✎ TIPO D Reductores de agua-retardadores de fragua
- ✎ TIPO E Reductores de agua-acelerante
- ✎ TIPO F Super Reductores de agua

CONDICIONES DE EMPLEO

- ✎ Los aditivos utilizados deberán cumplir con los requisitos de las Normas ASTM o NTP correspondientes.

- ✎ El empleo de aditivos incorporadores de aire es obligatoria en concretos que, en cualquier etapa de su vida, pueden estar expuestos a temperaturas ambiente menores de 0°C. En otros casos, el empleo de estos solo es obligatorio cuando puede ser la única alternativa para lograr resultados deseados.
- ✎ El empleo de aditivos no autoriza a disminuir el contenido de cemento seleccionado para la unidad cubica de concreto.

CONDICIONES ECONÓMICAS

La determinación del mayor costo del concreto debido al empleo de aditivos deberá basarse en los resultados obtenidos en concretos preparados en condiciones similares a aquellas que se espera en obra. Este estudio es fundamental cuando las características del concreto y los resultados obtenidos están directamente relacionados con:

- ✎ Las propiedades de los materiales empleados en la mezcla.
- ✎ Sus proporciones relativas en esta
- ✎ La temperatura y humedad relativas ambientales
- ✎ Las condiciones de curado

Al evaluar la posibilidad de emplear un aditivo determinado debe considerarse su efecto sobre el volumen de la tanda; así como las posibles modificaciones en el rendimiento, a fin de poder determinar las causas

reales de la variación de las propiedades y el costo de dicha variación. Si el empleo de un aditivo produce cambios en la cantidad o características de los materiales empleados en la preparación del concreto, este efecto debe ser considerado cuando se evalúa la acción del aditivo, los beneficios resultantes, y los mayores costos debidos a su empleo. A todo análisis económico del empleo se debe considerar:

- ✎ El costo de utilizar un ingrediente extra y el efecto de ello sobre los costos de puesta en obra del concreto.
- ✎ Los efectos económicos del aditivo sobre la trabajabilidad y consistencia del concreto, así como sobre la magnitud y velocidad de ganancias de resistencia.
- ✎ La posibilidad de emplear procedimientos menos costosos, o diseños más avanzados.
- ✎ Todos aquellos aspectos que puedan ajustar el mayor costo del concreto debido al empleo del aditivo.

2.6. DOSIFICACIÓN DE CONCRETO RECICLADO

Las propiedades de los concretos fabricados con agregados reciclados se ven afectadas negativamente a medida que aumenta el porcentaje de agregado reciclado sustituido. La dosificación de concretos con agregados reciclados se realiza con los métodos habitualmente empleados en los concretos convencionales, una de las diferencias entre ambos concretos

es el contenido de agua, los concretos reciclados necesitan más agua debido a la porosidad del agregado reciclado.

2.6.1 PREPARACIÓN DEL CONCRETO RECICLADO

PASO1: Elección de la resistencia promedio

Para determinar la elección de la resistencia promedio se debe conocer la desviación estándar de un registro de resultados de ensayos anteriores, si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizara la Tabla N°15 para la determinación de la resistencia promedio requerida.

Tabla N°15: Resistencia a la compresión promedio

f'c	f'cr
Menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
sobre 350	f'c + 98

Fuente: Rivva López, Perú 2000

PASO 2: Selección del asentamiento

El asentamiento que debe de tener el concreto de agregado reciclado en estado fresco será el mismo que debería de tener un concreto convencional en estado fresco. El asentamiento varía de 0" a 10" según los asentamientos recomendados para varios tipos de construcción y de 0" a más según la consistencia que se desea tener.

Tabla N°16: Asentamiento del concreto

Consistencia	Slump	Trabajabilidad
Seca	0"- 2"	Poco trabajable
Plástica	3"- 4"	Trabajable
Fluida	mayor a 5"	Muy trabajable

Fuente: Rivva López, Perú 2000

Tabla N°17: Asentamiento para varios tipos de construcciones

TIPO DE CONSTRUCCION	MAXIMO	MINIMO
Zapatas y Muros de cimentacion reforzados	3"	1"
Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	3"	1"
Vigas y Muros reforzados	4"	1"
Columnas de edificaciones	4"	1"
Pavimentos y losas	3"	1"
Concreto ciclopeo	2"	1"

Fuente: Rivva López, Perú 2000

PASO 3: Selección del tamaño máximo nominal

Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura; en la medida que el tamaño máximo del agregado grueso nunca será mayor de: 1/5 de la dimensión más angosta entre caras del encofrado, 1/3 del espesor de las losas y 3/4 de la distancia

libre entre barras o paquetes de barras o cables tensores. Para el caso de agregados reciclados, este valor dependerá de la máquina trituradora.

PASO 4: Agua de mezcla y contenido de aire

Para los concretos de agregado reciclado la cantidad de agua necesaria para su dosificación es mayor en un 5% a 10% que la usada en un concreto convencional, debido al mortero adherido que lo rodea, lo cual hace que la absorción de los mismos presente valores superiores a la de los agregados naturales. En caso de utilizar áridos gruesos y finos reciclados completamente secos el incremento de agua estaría entorno al 15%

Para determinar el agua de mezcla y el contenido de aire tomaremos como referencia las tablas que nos proporciona el Comité 211 del ACI.

Tabla N°18: Contenido de agua para concretos convencionales

Asentamiento	Agua en L/m ³ , para los tamaños máximos de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO							
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	
Cantidad aprox. de aire incorporado en %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
	CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO							
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	1.5
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	

Fuente: Comité 211 ACI

PASO 5: Selección de la relación agua / cemento

La relación agua cemento requerido es determinada teniendo en consideración no solamente la resistencia sino también factores como durabilidad y propiedades de acabado. Desde que diferentes agregados y cementos, producen generalmente diferentes resistencias para una misma relación agua-cemento, es muy útil tener o desarrollar las interrelaciones entre la resistencia y la relación agua-cemento. La relación agua-cemento para concretos de agregados reciclados se determinará tomando como referencia las tablas proporcionadas por el Comité 211 del ACI.

Tabla N°19: Relación agua cemento

f'cr(28 días)	Relacion Agua-Cemento de diseño en peso	
	sin aire incorp.	con aire incorp.
450	0,38	
400	0,43	
350	0,48	0,4
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,7	0,61
150	0,8	0,71

Fuente: Comité 211 ACI

PASO 6: Relación del Contenido de cemento

Una vez que la cantidad de agua y la relación agua cemento han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación agua cemento.

Sin embargo es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una cantidad de cemento mínima. Tales requerimientos podrían ser especificados para asegurar un acabado satisfactorio, determinada calidad de la superficie vertical de los elementos o trabajabilidad.

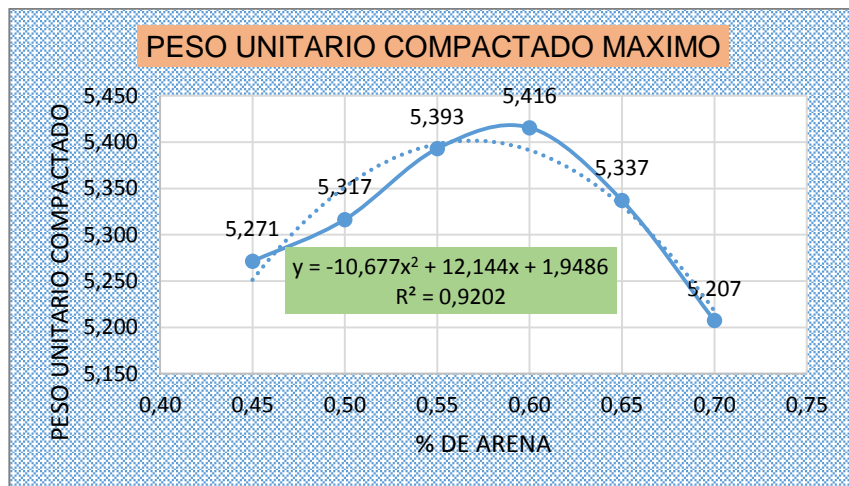
$$\text{Contenido de cemento (en kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Agua de mezcla (kg/m}^3\text{)}}{\text{Relación a/c (para } f'_{crp}\text{)}}$$

PASO 7: Combinación de agregado fino y grueso

Existen varios métodos para determinar la combinación de agregado fino y grueso.

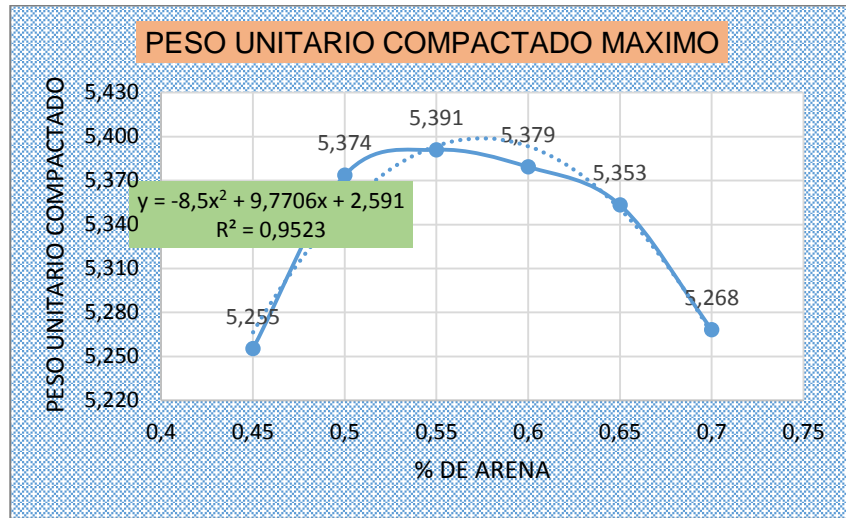
El método más adecuado para determinar la combinación de agregado fino y grueso, es el Método de agregado global porque optimiza sistemáticamente la proporción de agregado fino y grueso.

Gráfico N°06: Peso unitario compactado máximo-FAZ 100%



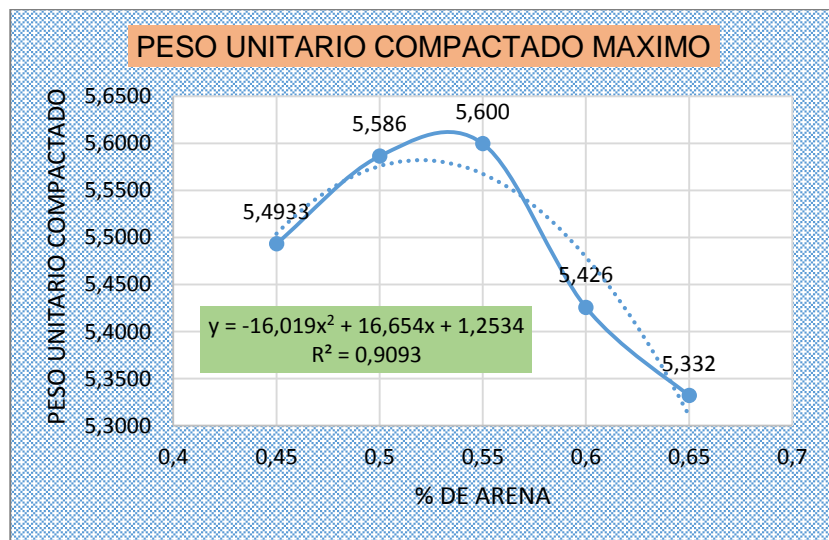
Fuente: *Elaboración propia*

Gráfico N° 07: Peso unitario compactado máximo-SUP 100%



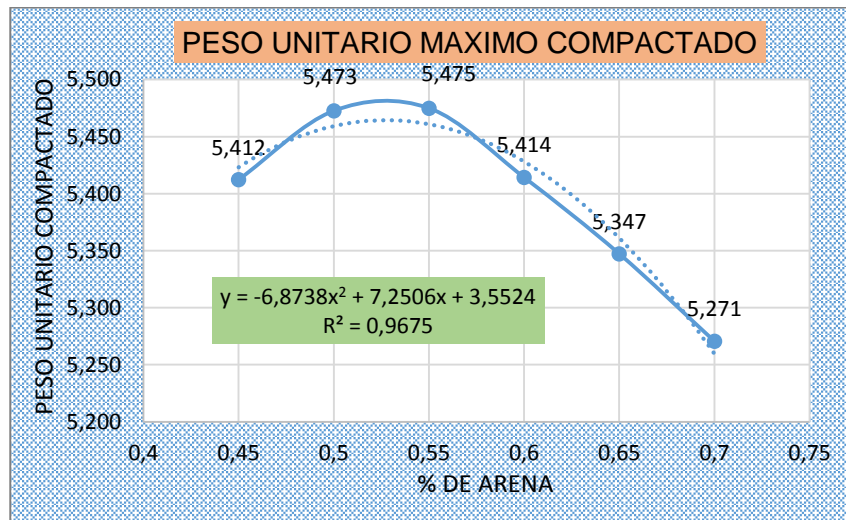
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°08: Peso unitario compactado máximo-FAZ 50%



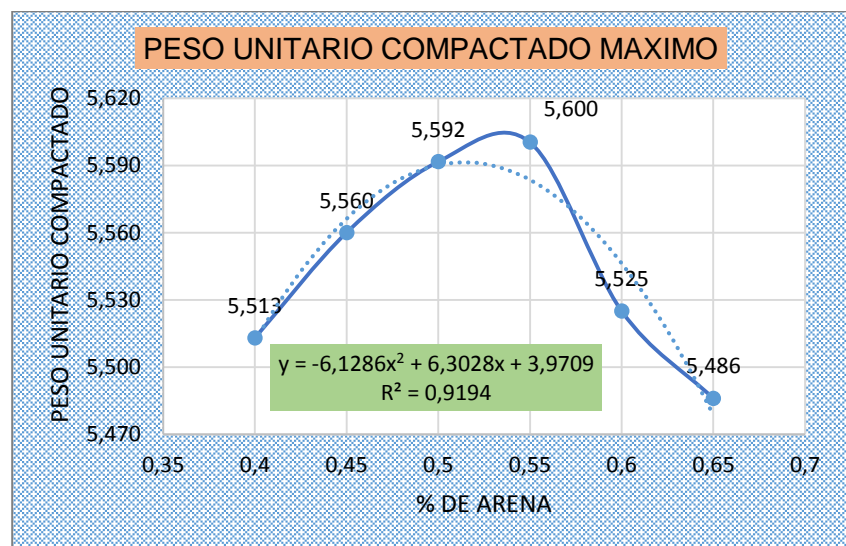
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°09: Peso unitario compactado máximo-SUP 50%



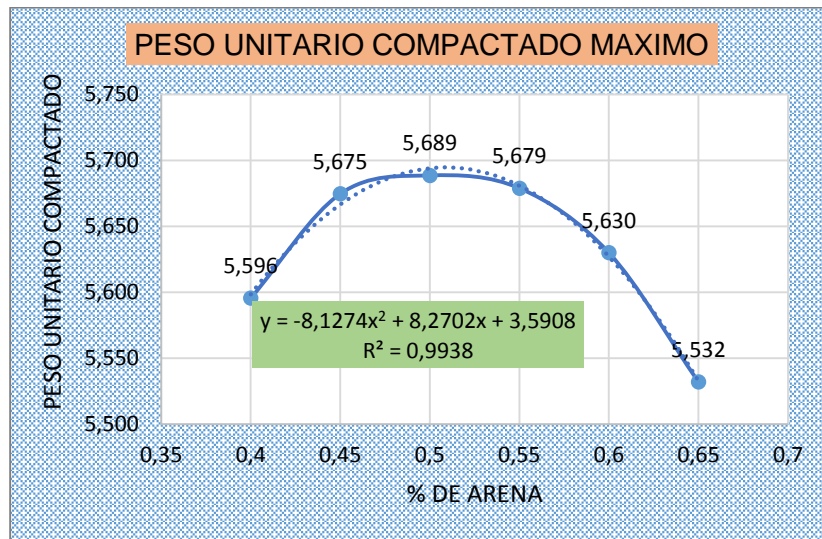
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°10: Peso unitario compactado máximo-FAZ 20%



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°11: Peso unitario compactado máximo-SUP 20%



Fuente: Elaboración propia

PASO 8: Ajuste por contenido de humedad de los agregados

Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado. Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas.

2.6.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO

CONSISTENCIA

La consistencia es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose por ello que cuando más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

La consistencia de la mezcla es función de su contenido de agua y de las granulometría y características físicas del agregado, las que determinan la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia determinada. Usualmente la consistencia de una mezcla se define por el grado de asentamiento de la misma.

Tabla N°20: Mezclas según su asentamiento

Consistencia	Slump	Trabajabilidad
Seca	0"- 2"	Poco trabajable
Plástica	3"- 4"	Trabajable
Fluida	mayor a 5"	Muy trabajable

Fuente: Rivva López, Perú 2000

El ensayo de consistencia, llamado también revenimiento o "slump test" se realiza mediante el cono de Abrams, según la Norma ASTM C 143 o NTP 339.035. La fabricación de concretos con agregados reciclados conlleva un aumento de la consistencia, para una misma relación agua-cemento, respecto a un concreto convencional. Al presentar los agregados

reciclados valores elevados en su absorción, la cantidad de agua absorbida por los agregados durante el proceso de mezclado del concreto será tanto más importante cuanto mayor sea el porcentaje de sustitución del agregado, es por ello que se debe tener muy en cuenta las propiedades de los agregados.

PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO

Se define como densidad del concreto a la relación del volumen de sólidos al volumen total de una unidad cúbica. Puede también entenderse como el porcentaje de un determinado volumen del concreto que es material sólido.

El peso unitario del concreto es el peso varillado de una muestra representativa del concreto. El peso unitario de los concretos livianos, preparados ya sea con agregado grueso natural o artificial de baja gravedad específica puede estar en valores de 480 a 1 600 kg/m³.

El peso unitario y rendimiento del concreto se calculará de acuerdo a lo especificado en la Norma ASTM C 138 o NTP 336.046.

D: densidad del concreto en kg/m³.

Mc: masa del recipiente de medida lleno de concreto, en kg.

Mm: masa del recipiente de medida, en kg.

Vm: volumen del recipiente de medida, en m³.

$$D = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

Y: rendimiento, volumen de concreto producido por tanda, en m³.

M: masa total de todos los materiales de la tanda, en kg.

D: densidad del concreto, en kg/m³.

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

La densidad del concreto fresco fabricado con agregado reciclado es inferior a la del concreto normal, debido a la menor densidad que presenta el agregado reciclado como consecuencia del mortero adherido que envuelve a la matriz rocosa. Los valores de la densidad oscilan entre 2130 y 2 400 kg/m³.

CONTENIDO DE AIRE

Esta prueba determina la cantidad de aire que puede contener el hormigón recién mezclado excluyendo cualquier cantidad de aire que puedan contener las partículas de los agregados.

El contenido de aire total, en concretos con aire incorporado, deberá de ser identificado en la Tabla N°22 que se muestra a continuación, dentro de una tolerancia del 15%. Debe recordarse que el aire incorporado tiene a disminuir las resistencia en compresión en un 5% por cada 1% de aire incorporado, por lo que solo debe emplearse en el concreto de las zonas

expuestas a la humedad ambiente en clima cuya temperatura puede descender a menos 4° C en cualquier época del año.

Tabla N°21: Aire atrapado para mezclas sin aire incorporado

Tamaño máximo	Aire atrapado
3/8"	3%
1/2"	3%
3/4"	2%
1"	2%
1 1/2"	1%
2"	1%
3"	0%
6"	0%

Fuente: Rivva López, Perú 2000

Tabla N°22: Aire atrapado para mezclas con aire incorporado

Tamaño máximo nominal	Contenido de aire	
	exposicion severa	exposicion moderada
3/8"	8%	6%
1/2"	7%	6%
3/4"	6%	5%
1"	6%	5%
1 1/2"	6%	5%
2"	5%	4%
3"	5%	350%

Fuente: Rivva López, Perú 2000

El contenido de aire, atrapado total, será determinado con la olla de Washington de acuerdo a lo indicado en las Norma NTP 339.083.

Si bien algunos estudios realizados han determinado incrementos en el contenido de aire en concretos fabricados con agregado reciclado, con

variaciones entre el concreto de control y el concreto de agregado reciclado inferiores al 7%.

EXUDACIÓN

La exudación es definida como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de los sólidos. El proceso se inicia momentos después que el concreto ha sido colocado y consolidado en un encofrado y continua hasta que se inicia el fraguado de la mezcla. La exudación se determinara de la siguiente forma:

Ve: volumen total exudado

A: área de la superficie libre del concreto

$$\text{Exudación} = \frac{Ve}{A}$$

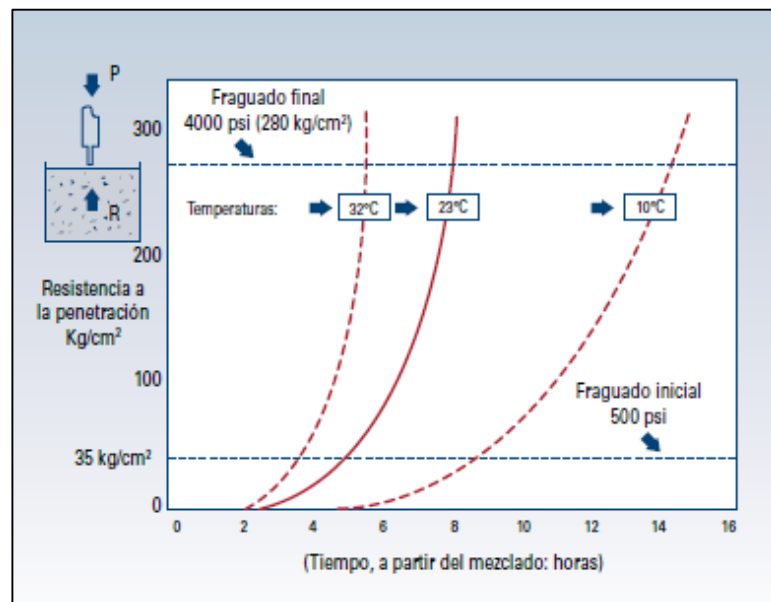
Si el agregado reciclado que se emplea en la fabricación de concreto se utiliza previamente saturado la exudación será similar a la de los concretos convencionales.

Si, por el contrario, el agregado reciclado se utiliza seco, la exudación del concreto fabricado con agregado reciclado presentará valores muy por debajo de los correspondientes al concreto de control. Debido a la elevada absorción del agregado reciclado el concreto retiene mayor cantidad de agua.

TIEMPO DE FRAGUADO

El fraguado se caracteriza por los tiempos de fraguado, también conocidos como inicio de fraguado y fin de fraguado. Físicamente, el inicio de fraguado es el momento en que la pasta, que es una suspensión viscoelástica - plástica con una pequeña resistencia al corte, pasa a ser un sólido viscoelástico - plástico con una mayor resistencia al corte; es decir, es el momento en que la mezcla deja de ser trabajable. El fin de fraguado corresponde al momento en que comienza el endurecimiento.

Gráfico N°12: Temperatura vs Tiempo de fraguado



Fuente: Grafico de internet

La penetración se debe hacer después 2 ó 3 horas. Las pruebas subsecuentes se pueden efectuar en intervalos de 1 hora hasta que el

incremento en la resistencia de penetración indique que son aconsejables intervalos más cortos o más largos.

La resistencia a la penetración debe ser el promedio de 3 o más determinaciones en kg/cm², que es el cociente de la fuerza requerida para alcanzar una penetración de 25 mm de la aguja entre el área de la superficie de contacto de la misma.

R_i: resistencia a la penetración, en kg/cm².

F: fuerza requerida para penetración de 25 mm.

A: área de contacto de la aguja, en cm².

$$R_i = \frac{F}{A}$$

R: resistencia a la penetración promedio en kg/cm²

N: es el número de muestra

ΣR_i: suma de los ensayos individuales.

$$R = \frac{\sum N R_i}{N}$$

El tiempo de fraguado del concreto no es usualmente afectada por el agregado, sin embargo, la presencia en la superficie de este de sales solubles o materia orgánica puede afectar esta propiedad en la medida que

ellas pueden actuar como acelerante o retardantes de fragua.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Las mezclas de concreto se pueden diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura.

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada.

Este ensayo se lleva a cabo en muestras de concreto de forma cilíndrica según las Normas ASTM C 39 o NTP 339.034.

f'_c : resistencia a la compresión del concreto.

P: máxima carga aplicada indicada por la máquina, en N.

A: área de la superficie donde se aplica la carga, en mm.

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

En general, la resistencia a compresión de los concretos fabricados con agregados reciclados disminuye con respecto a los convencionales, manteniendo en ambos la misma relación agua-cemento, siendo dicha disminución más significativa cuanto mayor sea el porcentaje de agregado

grueso reciclado sustituido. Las causas más influyentes en este aspecto son las siguientes:

- ✎ La cantidad de mortero adherido a la matriz rocosa que hace que el agregado reciclado tenga una menor resistencia mecánica que el agregado natural.
- ✎ El aumento de zonas débiles en la masa de concreto endurecido al utilizar agregados reciclados, ya que a la superficie de contacto entre el agregado natural y el mortero adherido que lleva se suma la superficie de contacto, más débil aún, existente entre los áridos reciclados y el mortero nuevo.

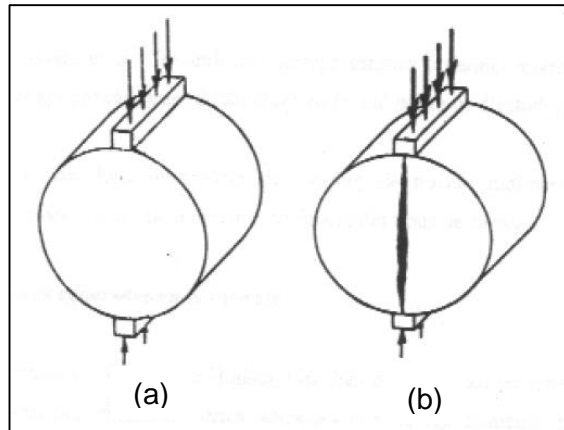
RESISTENCIA A LA TRACCION DIAMETRAL

Este ensayo consiste en someter a compresión diametral una probeta cilíndrica de concreto, aplicando una carga de manera uniforme a lo largo de dos líneas o generatrices opuestas hasta alcanzar la rotura.

Esta configuración de carga provoca un esfuerzo de tracción relativamente uniforme en todo el diámetro del plano de carga vertical, y esta tracción es la que agota la probeta y desencadena la rotura en el plano diametral.

Los estudios consultados proporcionan valores dispersos en la resistencia a tracción diametral de los concretos de agregados reciclados. Dichas variaciones pueden producirse al utilizarse agregados reciclados con distintas calidades para la fabricación de concreto reciclado.

Imagen N°15: Carga aplicada



Fuente: Elaboración propia

Este ensayo debe realizarse de acuerdo a la Norma NTP 339.084.

T: resistencia a la tracción indirecta, en MPa.

P: máxima carga aplicada indicada por la máquina, en N.

L: Longitud, en mm

D: diámetro, en mm

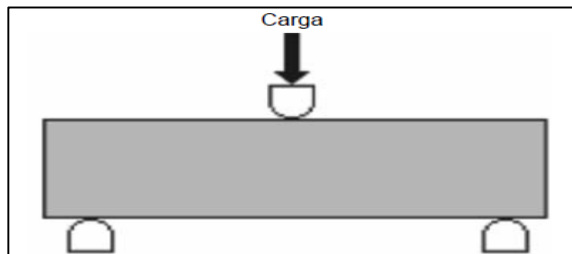
$$T = \frac{2P}{\pi LD}$$

Las pérdidas de resistencia son muy pequeñas cuando el porcentaje de sustitución del árido grueso es inferior al 50%. Si la sustitución del agregado grueso por agregado reciclado es del 100% las pérdidas oscilan dentro de un rango comprendido entre el 6% y el 32% del concreto convencional.

RESISTENCIA A LA FLEXION

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de 10x10cm de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión también se expresa como módulo de rotura.

Imagen N°16: Configuración de carga



Fuente: Elaboración propia

El módulo de rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión, dependencia al tipo de dimensiones y volumen del agregado utilizado.

Este ensayo se determina con las Normas ASTM C 78 o NTP 339.078, la falla que presente la viga ensayada debe estar dentro del tercio medio de la luz. El módulo de rotura se calcula mediante la siguiente fórmula:

Mr: módulo de rotura, en MPa.

P: carga máxima de rotura indicada por la máquina, en N.

L: es la luz libre entre apoyos, en mm.

b: ancho promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

h: altura promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

a: distancia promedio entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie interior de la viga, en mm.

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de este no mayor del 5% de la luz libre, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente formula:

$$M_r = \frac{3Pa}{bh^2}$$

MÓDULO DE ELASTICIDAD

El concreto no es un material eminentemente elástico, esto se puede observar fácilmente si se somete a un espécimen a esfuerzos de compresión crecientes hasta llevarlo a la falla, si para cada nivel de esfuerzo se registra la deformación unitaria del material, se podría dibujar la curva que relaciona estos parámetros.

El ensayo para determinar el módulo de elasticidad se realizara en base a la Norma ASTM C 469.

E: módulo de elasticidad, en MPa

S2: esfuerzo correspondiente al 40% de la carga ultima

S1: esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal, ϵ_1 , de las 50 millonésimas, en MPa

ϵ_2 : deformación longitudinal producida por el esfuerzo S2

$$E = \frac{S2 - S1}{\epsilon_2 - 0.00005}$$

Cuanto mayor sea el módulo de elasticidad del agregado total y mayor sea la proporción en la que se mezclen con los demás componentes más alto será el valor del módulo de elasticidad del concreto fabricado con ellos. Los agregados reciclados están formados por una matriz rocosa y por la cantidad de pasta que los envuelve. El módulo de elasticidad de la pasta es inferior al del agregado y al del concreto. Debido a esta circunstancia los agregados reciclados presentarán un módulo de elasticidad inferior al de los agregados naturales.

Tabla N°23: Módulo de elasticidad

% de agregado reciclado en el concreto	Reduccion del modulo de elasticidad
menor a 30	4 - 10 %
50	20%
100	50%

Fuente: T.C. Hansen, Londres 1992

2.7. NORMATIVAS

2.7.1 NORMA TÉCNICA PERUANA

Actualmente nuestro país no cuenta con normas para determinar las propiedades de los agregados reciclados. En el año 2006 INDECOPI publicó un catálogo de normas técnicas para la conservación del medio ambiente dentro de las cuales se encuentran las normas para el manejo de residuos de la actividad de la construcción.

- **NTP 400.050 – Generalidades**

Esta norma presenta las directrices para un manejo adecuado de residuos de la actividad de la construcción, las que proporcionaran consideraciones y principios rectores para el desarrollo de dicha actividad y la aplicación de normas específicas. Definir los tipos de residuos así como establecer una clasificación de los mismos indicando alternativas de reutilización o reciclaje para cada tipo de residuo. Establecer bajo las condiciones técnicas y ambientales, las alternativas de reutilización, reciclaje o disposición, reciclaje o disposición final de residuos de la actividad de la construcción.

- **NTP 400.053 - Reciclaje de concreto de demolición**

Establece los requisitos para el manejo correcto del concreto de demolición y las técnicas para su uso en la fabricación de estructuras conforme a las normas vigentes en el marco de una política de reducción de residuos.

- **NTP 400.054 - Reciclaje de materiales de demolición no clasificados**

Esta norma propone el manejo adecuado del material de demolición no clasificado proveniente de la remodelación o demolición de edificaciones u obras civiles y las técnicas para su aprovechamiento, conforme a las normas vigentes en el marco de una política de minimización de residuos.

2.7.2 COMITÉ DEL ACI 555

El comité 555 de ACI elaboró un documento para normalizar la utilización de agregados reciclados en concreto.

A todos los agregados reciclados se les exige, cuando vayan a ser utilizados en la producción de concreto, que posean la dureza adecuada para conseguir la resistencia a compresión deseada, que no provoquen reacciones indeseables con otros componentes de la mezcla y que su granulometría y forma sean las adecuadas para obtener una buena trabajabilidad con ellos.

2.7.3 EHE, ANEJO 15 – ESPAÑA

Para la aplicación de agregados reciclados en concreto estructural, este anejo recomienda limitar el contenido de agregado grueso reciclado al 20% en peso sobre el contenido total de agregado grueso convencional. Con esta limitación, las propiedades finales del concreto reciclado apenas se ven afectadas en relación a las que presenta un concreto convencional,

siendo necesaria, para porcentajes superiores, la realización de estudios específicos y experimentación complementaria en cada aplicación. En el anejo se dan indicaciones sobre algunas de las propiedades del concreto que pueden verse afectadas con sustituciones superiores al límite indicado.

El agregado reciclado puede emplearse tanto para concretos en masa como concreto armado de resistencia característica no superior a 40N/mm^2 , quedando excluido su empleo en concreto pretensado.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de investigación titulado “Viabilidad del uso de concreto reciclado para la construcción de viviendas en la ciudad de Tacna”, comienza con una recopilación de información acerca de la selección, producción y características del agregado reciclado utilizado para la fabricación de un nuevo concreto. La segunda etapa de la investigación consiste en realizar trabajos de campo como reconocimiento de botaderos en la ciudad, selección de muestras de concreto y producción de agregado reciclado a través de un chancado primario y secundario para obtener el material que será empleado para la preparación de la mezcla de concreto.

Para conocer las propiedades de los agregados y del concreto de agregado reciclado, se realizaron ensayos de laboratorios de acuerdo a las Normas ASTM y NTP; estos ensayos se realizaron en los laboratorios de la empresa de concreto SUPERMIX, laboratorios de Mecánica de rocas y Química Analítica de la UNJBG. Con la información obtenida de los ensayos de proceder a realizar los trabajos de gabinete, empleando el programa estadístico MINITAB, el cual aplica la estadística como principal herramienta para finalmente determinar el comportamiento del concreto reciclado.

3.2. TRABAJOS PRELIMINARES

Consistió en recopilar, procesar y analizar la mayor cantidad de información acerca de la selección, producción y propiedades de los agregados reciclados para la fabricación de concreto. Luego de conocer las características que debe tener un agregado reciclado para considerarlo apto para la construcción, se procedió a buscar artículos, revistas, normas y trabajos relacionados con el comportamiento que debería tener un concreto fabricado con este tipo de agregado. Durante esta etapa, entidades como la Municipalidad Provincial de Tacna nos brindaron información acerca de los residuos de construcción y demolición que se encuentran en varios sectores de nuestra ciudad.

Toda la bibliografía encontrada fue de gran ayuda para tener en claro la secuencia de los trabajos que se deben realizar para llevar a cabo este trabajo de investigación.

3.3. TRABAJOS DE CAMPO

Esta etapa consistió básicamente en la obtención del agregado reciclado, el cual tiene su origen en los residuos de construcción y demolición producidos en la ciudad de Tacna. Esta adquisición debe realizarse con mucho cuidado, ya que de este material dependerán las propiedades del concreto fabricado. Se recomienda que el material de residuos de construcción y demolición sea lo más homogéneo posible.

3.3.1. INSPECCIÓN DE BOTADEROS

La inspección de botaderos se realizó con el objetivo de conocer la cantidad de residuos de construcción y demolición que se encuentran en nuestra ciudad, y la composición que tienen. Dentro de sus composición no solo encontramos concreto sino que también tienen como componentes residuos de vidrio, madera, acero, desmontes de excavaciones, desperdicios orgánicos, entre otros.

Imagen N°17: Composición de los RCD's en Tacna

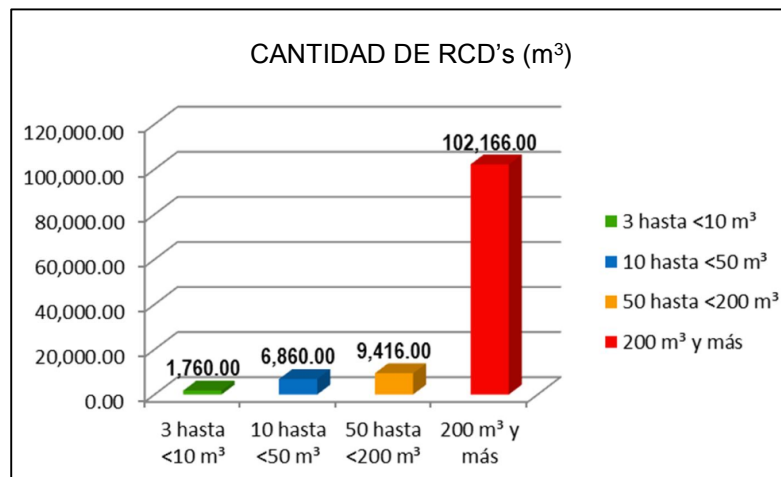


Fuente: Elaboración propia

En la ciudad de Tacna se ha logrado identificar un total de 120,202.00 m³ de Residuos de construcción y Demolición dispersos en los 67 sectores de la Municipalidad Provincial de Tacna, estos residuos generan malestar en la población tacneña ya que se encuentran vertidos en varios lugares como

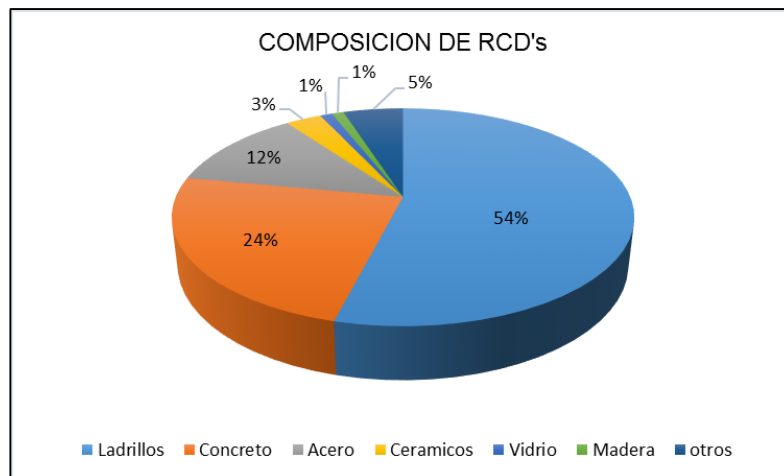
terrenos vacíos, botaderos e incluso las calles generando el descontento de los pobladores y contribuyendo a la contaminación del medio ambiente.

Gráfico N°13: Cantidad de RCD's en Tacna



Fuente: Municipalidad Provincial de Tacna

Gráfico N°14: Composición de RCD's en Tacna



Fuente: Municipalidad Provincial de Tacna

Las siguientes imágenes muestran la visita realizada a diferentes botaderos de la ciudad, en los cuales se encontró la presencia de diferentes materiales.

Imagen N°18: Desmante de concreto en Tacna



Fuente: Elaboración propia

Imagen N°19: Botaderos en la ciudad de Tacna



Fuente: Elaboración propia

Imagen N°20: Residuos de construcción y demolición



Fuente: Elaboración propia

3.3.2. VISITA A LA PLANTA DE CONCRETO SUPERMIX

En nuestra visita realizada a la planta de concreto SUPERMIX pudimos constatar que se desperdicia toneladas de probetas ensayadas para verificar la resistencia a la compresión de los concretos que ellos fabrican, para varias obras de la ciudad de Tacna.

Imagen N°21: Probetas ensayadas en la planta de Supermix



Fuente: Elaboración propia

3.3.3. SELECCIÓN DE MUESTRAS

Las muestras deben de ser seleccionas teniendo en cuenta varios parámetros como resistencia a la compresión del concreto de origen, procedencia y antigüedad. Para que el agregado extraído de las muestras tenga un buenas propiedades es necesario que la muestra sea lo más homogénea posible, solo así se garantizará un concreto de buena calidad.

Para realizar este trabajo de investigación se seleccionaron dos muestras, la primera proviene de los residuos de demolición del colegio Francisco Antonio de Zela y la segunda de residuos de construcción de la empresa de concreto Supermix.

Imagen N°22: Demolición del colegio FAZ



Fuente: Elaboración propia

3.3.4. TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS

Las muestras de concreto seleccionadas para la producción de agregado

reciclado fueron transportadas en camiones, para el caso de los residuos de construcción (probetas de SUPERMIX) y en volquetes para el caso de los residuos de demolición del colegio Francisco Antonio de Zela.

Imagen N°23: Transporte de muestras



Fuente: Elaboración propia

Imagen N°24: Transporte de muestras



Fuente: Elaboración propia

3.3.5. TRITURACIÓN PRIMARIA

La trituración primaria se realizó con martillos eléctricos, debido a que la máquina chancadora de la Municipalidad Provincial de Tacna solo puede triturar trozos de concreto de hasta 2". Mientras se realizaba esta primera trituración se eliminaban de manera manual los restos de pintura, madera o acero que tenían las muestras provenientes de residuos de demolición.

Imagen N°25: Trozos de concreto de 2" como máximo



Fuente: Elaboración propia

3.3.6. TRITURACION SECUNDARIA

Luego de realizar la trituración primaria, los trozos de concreto con tamaños hasta de 2", fueron trasladados a la chancadora de la Municipalidad Provincial de Tacna para realizar la trituración secundaria. La máquina chancadora contaba con varias fajas que trasladaban el material hacia la trituradora y luego los tamizaba, separándolos en agregado grueso y fino reciclado.

El agregado grueso producido tenía un tamaño máximo de 1/2"; el agregado fino tenía una textura diferente a la arena natural, la cual se asemejaba a la textura que tiene el confitillo.

Imagen N°26: Trituración secundaria de las muestras



Fuente: Elaboración propia

Imagen N°27: Agregado grueso reciclado

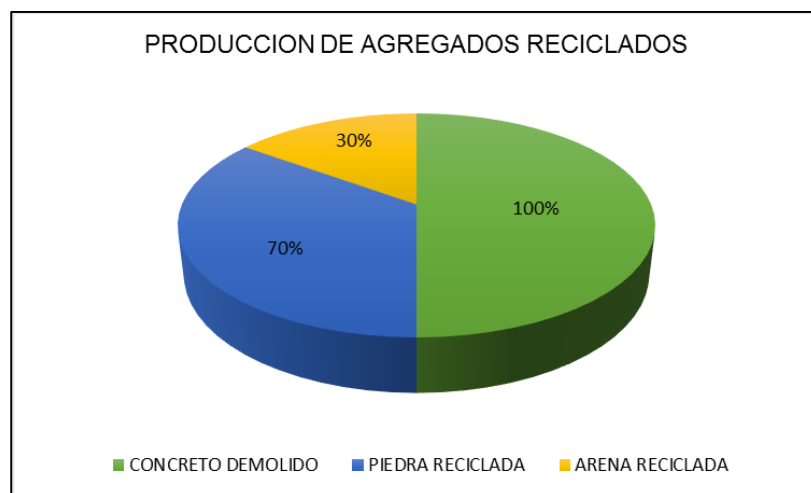


Fuente: Elaboración propia

3.3.7. CANTIDAD DE AGREGADO GRUESO RECICLADO

La cantidad de agregado grueso reciclado corresponde al 70% del total de Residuos de Construcción y Demolición empleado para la producción de agregados reciclados. El 30% que no es reciclado como agregado grueso, forma parte del agregado fino reciclado que no es utilizado en este trabajo de investigación debido a que no tiene una granulometría adecuada.

Gráfico N°15: Cantidad de agregado grueso reciclado



Fuente: Elaboración propia

3.3.8. TOMA DE MUESTRA PARA ENSAYOS DE LABORATORIO

Previo a realizar los ensayos de laboratorio, la muestra de agregado debe de estar bien mezclada y cuarteada para luego realizar los ensayos necesarios para determinar las propiedades físico-mecánicas y químicas de los agregados reciclados y naturales que serán estudiados en este trabajo de investigación.

3.4. ENSAYOS DE LABORATORIO PARA AGREGADOS

Los trabajos de laboratorio para determinar las propiedades de los agregados, se realizaron en la empresa de concretos SUPERMIX. Los ensayos fueron realizados de forma individual, separando los agregados reciclados provenientes de residuos de construcción de los residuos cuyo origen eran los residuos de demoliciones.

3.4.1. GRANULOMETRÍA

La granulometría de los agregados reciclados se realizó de acuerdo a la Norma NTP 400.037, la cual describe el procedimiento para obtener una granulometría correcta. Se tomaron muestras representativas de agregado grueso y fino, reciclado y natural para realizar este ensayo. Las curvas granulométricas de las diferentes granulometrías realizadas se muestran en el anexo 2 del presente trabajo de investigación

Imagen N°28: Tamices para granulometrías



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°24: Granulometría del agregado fino natural

GRANULOMETRÍA					
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	%RETENIDO	%RET. ACUMULADO	%QUE PASA	ASTM C33
Nº 4	24.90	4.11	4.11	95.89	95-100
Nº 8	77.80	12.84	16.95	83.05	80-100
Nº 16	96.50	15.92	32.87	67.13	50-85
Nº 30	101.80	16.80	49.67	50.33	25-60
Nº 50	134.00	22.11	71.78	28.22	5-30
Nº 100	101.40	16.73	88.51	11.49	0-10
Nº 200	40.20	6.63	95.15	4.85	-
<Nº 200	29.40	4.85	100.00	0.00	-
TOTAL:	606.00	100.00			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°25: Granulometría del agregado fino reciclado

GRANULOMETRÍA					
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	%RETENIDO	%RET. ACUMULADO	%QUE PASA	ASTM C33
Nº 4	253	25.41	25.41	74.59	95-100
Nº 8	251.3	25.24	50.64	49.36	80-100
Nº 16	162.4	16.31	66.95	33.05	50-85
Nº 30	137.3	13.79	80.74	19.26	25-60
Nº 50	110	11.05	91.79	8.21	5-30
Nº 100	61.2	6.15	97.93	2.07	0-10
Nº 200	14.5	1.46	99.39	0.61	-
<Nº 200	6.1	0.61	100.00	0.00	-
TOTAL:	995.80	100.00			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°26: Granulometría del agregado grueso RCD's - FAZ

GRANULOMETRÍA					
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	%RETENIDO	%RET. ACUMULADO	%QUE PASA	ASTM C33
1"	0.000	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	0.042	2.10	2.10	97.90	90-100
1/2"	1.012	50.60	52.70	47.30	-
3/8"	0.540	27.00	79.70	20.30	20-55
1/4"	0.346	17.30	97.00	3.00	-
Nº 4	0.043	2.15	99.15	0.85	0-10
Nº 8	0.015	0.75	99.90	0.10	0-5
TOTAL:	2.00	100.00			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°27: Granulometría del agregado grueso RCD's –SUPERMIX

GRANULOMETRÍA					
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	%RETENIDO	%RET. ACUMULADO	%QUE PASA	ASTM C33
1"	0.000	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	0.068	3.40	3.40	96.60	90-100
1/2"	1.010	50.50	53.90	46.10	-
3/8"	0.542	27.10	81.00	19.00	20-55
1/4"	0.334	16.70	97.70	2.30	-
Nº 4	0.038	1.90	99.60	0.40	0-10
Nº 8	0.008	0.40	100.00	0.00	0-5
TOTAL:	2.00	100.00			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°28: Granulometría del agregado grueso natural

GRANULOMETRÍA					
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	%RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ASTM C33
1"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	620.10	6.28	6.28	93.72	90-100
1/2"	3322.60	33.63	39.91	60.09	-
3/8"	2001.50	20.26	60.16	39.84	20-55
1/4"	2475.10	25.05	85.21	14.79	-
Nº 4	1105.60	11.19	96.40	3.60	0-10
Nº 8	355.20	3.60	100.00	0.00	0-5
TOTAL:	9880.10	100.00			

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. MORTERO ADHERIDO

La cantidad de mortero adherido fue obtenida pesando una muestra de 750g de agregado reciclado grueso, para que el mortero se desprenda del agregado de origen fue necesario sumergir la muestra en ácido muriático por 48 horas.

Imagen N°29: Cantidad de mortero adherido



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°29: Mortero adherido

MORTERO ADHERIDO	
TIPO	PORCENTAJE
Agregado reciclado grueso FAZ	25,50
Agregado reciclado grueso SUPERMIX	26,00

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. PESO ESPECÍFICO

Para determinar el peso específico de los agregados se tomaron muestras de 2kg para el agregado grueso y 1kg para el agregado fino. Este ensayo consiste en determinar los pesos específicos aparente y nominal, así como la absorción de los agregados reciclados y naturales, después de 24 horas de sumergidas en agua. Todos los ensayos de los agregados gruesos se encuentran con mayor detalle en el anexo 2 de este trabajo de investigación.

Imagen N°30: Peso específico del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°30: Peso específico de agregados

PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS (gr/cc)			
Agregado fino natural	Agregado grueso natural	Agregado reciclado grueso FAZ	Agregado reciclado grueso SUPERMIX
2,625	2,712	2,456	2,481
1,729	1,693	4,846	4,549

Fuente: Elaboración propia

3.4.4. HUMEDAD

La humedad de los agregados fue determinada colocando una muestra de agregado en el horno por 24 horas, trascurrido el tiempo la muestra es pesada hasta obtener peso constante. Los valores de las humedades de los diferentes agregados se realizaron antes de la preparación de cada diseño de mezcla para luego realizar las correcciones correspondientes, estos resultados se encuentran en los certificados de diseños de mezclas en el anexo 4 de este trabajo de investigación.

Imagen N°31: Determinación de humedad en agregados



Fuente: Elaboración propia

3.4.5. PESO UNITARIO

El peso unitario compactado y suelto, el agregado debe colocarse en el recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente hasta enrasar. Cada una de las capas se apisona con 25 golpes de varilla distribuidos uniformemente en cada capa.

Tabla N°31: Peso unitario de agregados

PESO UNITARIO (gr/cc)		
AGREGADOS	SUELTO	COMPACTADO
Agregado fino natural	1,529	1,757
Agregado grueso natural	1,531	1,619
Agregado reciclado grueso FAZ	1,242	1,380
Agregado reciclado grueso SUPERMIX	1,215	1,383

Fuente: Elaboración propia

Imagen N°32: Determinación del peso unitario del agregado



Fuente: Elaboración propia

3.4.6. ABRASIÓN

La muestra y la carga abrasiva correspondiente, se colocan en la máquina de Los Ángeles, y se hace girar el cilindro a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm; el número total de vueltas deberá ser 500. Luego se tamiza, el material que pasa la malla N°12 de lava y seca hasta peso constante. Este ensayo fue realizado en el laboratorio de mecánica de rocas de la UNJBG. La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos luego de realizar este ensayo.

Tabla N°32: Abrasión de agregados gruesos

ABRASIÓN DE AGREGADOS (%)		
Agregado grueso natural	Agregado reciclado grueso FAZ	Agregado reciclado grueso SUPERMIX
16,15	27,95	26,69

Fuente: Elaboración propia

Imagen N°33: Ensayo de la máquina de Los Ángeles



Fuente: Elaboración propia

3.4.7. CONTENIDO DE SALES

Es un proceso analítico de cristalización para determinar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles, en agua, de los agregados. Se emplearon reactivos como nitrato de plata y fenolftaleína para determinar la cantidad de cloruros, mediante el método químico volumétrico; cloruro de bario, ácido clorhídrico y anaranjado de metilo para determinar la cantidad de sulfatos mediante el método gravimétrico. Se utilizó una muestra de 1kg de agregado sumergido en 1 litro de agua destilada. Para determinar la cantidad de sales totales es necesario cristalizar mediante evaporación 50ml de la solución preparada con 1kg de agregado. Este ensayo se realizó para los diferentes tipos de agregados que se usaron en el siguiente trabajo de investigación. A continuación se muestra una tabla que resume la cantidad de contenido de sales, cloruros y sulfatos que tiene cada agregado.

Tabla N°33: Contenido de sales solubles en agregados

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES (ppm)			
AGREGADOS	CLORUROS	SULFATOS	OTROS
Agregado fino natural	92,30	159,00	870,70
Agregado grueso natural	58,00	30,00	303,00
Agregado reciclado grueso FAZ	142,00	203,00	1 027,00
Agregado reciclado grueso SUPERMIX	53,25	51,00	343,75

Fuente: Elaboración propia

Imagen N°34: Sales solubles en agregados



Fuente: Elaboración propia

3.4.8. IMPUREZAS ORGÁNICAS

Existen dos métodos para determinar la presencia de impurezas orgánicas en los agregados, el primero es el método cualitativo que consiste en la comparación de colores entre el frasco que contiene la muestra y el que contiene la solución normal de referencia. El segundo método es cuantitativo y se realiza utilizando bicromato de potasio y fierro en una solución de 200ml de muestra diluida en agua destilada.

De acuerdo con el método cualitativo, los agregados no presentan impurezas orgánicas. La norma establece que si se encuentra presencia de impurezas orgánicas en los agregados, se puede usar cualquier método cualitativo reconocido para determinar la cantidad de exacta de impurezas y el tipo de impurezas orgánica presente.

Imagen N°35: Impurezas orgánicas en los agregados



Fuente: Elaboración propia

3.4.9. RESUMEN DE PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

A continuación se muestra un cuadro resumen de las propiedades de los agregados naturales y reciclados, hallados en los ensayos de laboratorio realizados.

Tabla N°34: Resumen de propiedades de agregados

PROPIEDADES	AGREGADO GRUESO			AGREGADO FINO
	NATURAL	FAZ	SUPERMIX	NATURAL
Mortero adherido	—	25.5%	26%	—
Peso específico	2.71 gr/cc	2.46 gr/cc	2.48 gr/cc	2.63 gr/cc
Peso unitario suelto	1.53 gr/cc	1.24 gr/cc	1.22 gr/cc	1.53 gr/cc
Peso unitario comp.	1.62 gr/cc	1.38 gr/cc	1.38 gr/cc	1.76 gr/cc
Abrasion	16.15%	27.95%	26.69%	—
Sales totales	391.00 ppm	1372.00 ppm	448.00 ppm	1122.00 ppm
Cloruros	58.00 ppm	142.00 ppm	53.25 ppm	92.30 ppm
Sulfatos	30.00 ppm	203.00 ppm	51.00 ppm	159.00 ppm

Fuente: Elaboración propia

3.5. ENSAYOS DE LABORATORIO PARA EL AGUA

Para determinar las características del agua para concreto, fue necesario realizar ensayos químicos como: determinación del PH, contenido de cloruros y sulfatos, dureza del agua, contenido de sales totales; realizados en el laboratorio de química analítica de la UNJBG. Todos los resultados obtenidos se encuentran en el anexo 3 del siguiente trabajo de investigación.

Tabla N°35: Sustancias en el agua

SUSTANCIAS	UNID.	CANTIDAD
Sales totales	ppm	378
Cloruros	ppm	31
Sulfatos	ppm	133
Sales de magnesio	ppm	101
PH		7,64

Fuente: Elaboración propia

Imagen N°36: Ensayos químicos del agua



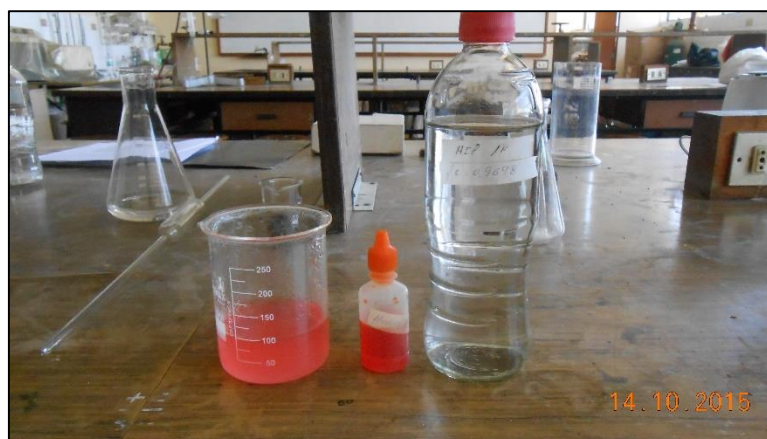
Fuente: Elaboración propia

Imagen N°37: Contenido de cloruros en el agua



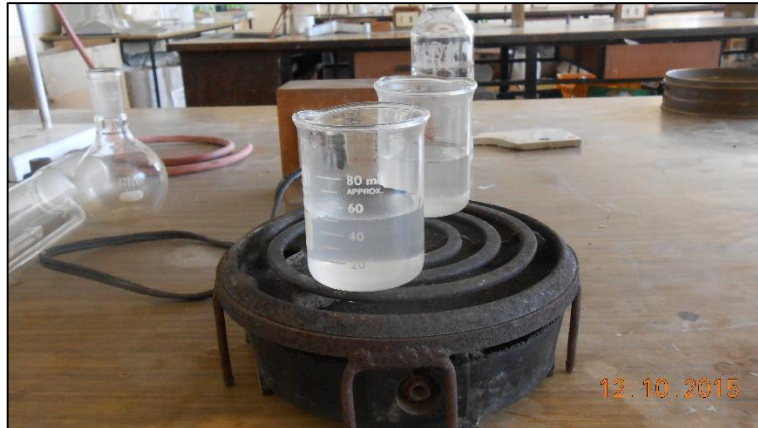
Fuente: Elaboración propia

Imagen N°38: Contenido de sulfatos en el agua



Fuente: Elaboración propia

Imagen N°39: Contenido de sales totales



Fuente: Elaboración propia

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

El programa experimental base desarrollado de este estudio consta de dieciséis pruebas para determinar la influencia de las variables independientes sobre las variables dependientes. Cada una de las pruebas le corresponde a cada diseño de mezcla realizado en el laboratorio en la que se van variando los distintos niveles de los factores que se han tenido en cuenta en la planificación del programa experimental. El diseño del experimento se ha realizado siguiendo el procedimiento general para el diseño de experimentos desarrollado por TAGUCHI.

Utilizando como variables de entrada un conjunto de factores con distintos niveles, se analizará la influencia que ejercen dichos factores sobre la densidad, la absorción, la consistencia, la resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, la resistencia a la flexión y resistencia a la tracción.

3.6.1. SELECCIÓN DE VARIABLES

Las variables o factores intervinientes en el diseño del experimento son los siguientes: la procedencia del agregado reciclado, el tipo de granulometría, el contenido de desclasificados, el porcentaje de sustitución del agregado grueso convencional por agregado reciclado, el criterio de sustitución simple o compensada del agregado grueso convencional por agregado grueso reciclado, la consistencia objetivo del concreto reciclado, contenido de aditivos, y la resistencia a la compresión objetivo.

Dichas variables seleccionadas pretenden estudiar su posible influencia sobre las características del concreto de agregado reciclado.

Tipo de Agregado reciclado

Se considera importante la influencia que tiene la calidad del agregado reciclado sobre las propiedades del concreto reciclado como la densidad, absorción, resistencia a compresión, etc. Así, cuanto más reducida sea la cantidad de mortero adherido que contenga el agregado reciclado más se asemejará a un agregado convencional y por lo tanto mejor comportamiento presentará tanto en el proceso de fabricación del concreto como en las propiedades del mismo. Por este motivo se seleccionaron dos tipos de agregados reciclados que establecen los dos niveles:

1. Agregado reciclado procedente de residuos de demolición procedente de la demolición del colegio FAZ-TACNA.

2. Agregado reciclado procedente de los residuos de construcción de la Empresa SUPERMIX S.A

Porcentaje de sustitución

Sin duda, la variable considerada más influyente en las propiedades del concreto reciclado. La mayoría de estudios e investigaciones consultados establecen como el 20% de agregado reciclado como el límite de sustitución en el concreto sin que sus propiedades se vean afectadas.

1. Porcentaje de sustitución nulo que corresponde al concreto de control.
2. Porcentaje de sustitución del 20%, correspondiente al límite máximo establecido por la norma española y también por las investigaciones consultadas.
3. Porcentaje de sustitución del 50% de la totalidad del agregado grueso utilizado para la fabricación de concreto reciclado.
4. Sustitución total del agregado grueso por agregado grueso reciclado. Que vendría a ser el 100% de sustitución.

Resistencia a la compresión

La presente investigación trata de viabilizar el uso de concreto reciclado en la construcción de viviendas, es por esto que la resistencia objetivo será de 210 kg/cm² y 280 kg/cm².

1. Resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm²
2. Resistencia a la compresión $f'c=280$ kg/cm²

✎ Consistencia

Es otra de las variables importantes. La consistencia se puede lograr aumentando la relación agua/ cemento y añadiendo aditivos plastificantes, en este caso se usaran aditivos.

1. Consistencia seca
2. Consistencia plástica
3. Consistencia fluida

✎ Contenido de aditivo plastificante

Es otra de las variables importantes. Se usara el aditivo sikament 306N que es un aditivo plastificante.

1. Con aditivo
2. Sin aditivo

3.6.2. DISEÑO ESTADÍSTICO DEL EXPERIMENTO

Este programa experimental se ha diseñado reduciendo sensiblemente el número de combinaciones resultantes de multiplicar los números correspondientes a los niveles de todos los factores considerados. Dicha reducción se ha realizado utilizando sólidos fundamentos estadísticos y no supone merma alguna en el rigor científico del planteamiento. Por tanto, la fase experimental ha consistido en seleccionar un número reducido de combinaciones de todas las posibles situaciones.

Tabla N°36: Factores y niveles de las variables

VARIABLE	NIVEL	DEFINICION	ABREVIATURA
Tipo de agregado	2	Residuos de Construcción y Demolición - FAZ	RCD'S - Faz
		Residuos de Construcción y demolición - SUPERMIX	RCD'S - Super
Porcentaje de sustitución	4	0%	0%
		20%	20%
		50%	50%
		100%	100%
Resistencia	2	F'c=210 kg/cm ²	210
		F'c=280 kg/cm ²	280
Consistencia	2	Seco	Seco
		Plástico	Plástico
		Fluida	Fluida
Aditivo	2	Con aditivo	CA
		Sin aditivo	SA

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°37: Características de los diseños de mezcla

DISEÑO	TIPO AGREG	% SUSTITUCION	FC	ASENTAMIENTO	ADITIVO
DT-01	FAZ	0%	210	SECO	CA
DT-02	FAZ	0%	280	PLAST	SA
DT-03	FAZ	20%	210	FLUIDO	SA
DT-04	FAZ	20%	280	PLAST	CA
DT-05	FAZ	50%	210	PLAST	CA
DT-06	FAZ	50%	280	FLUIDO	SA
DT-07	FAZ	100%	210	PLAST	SA
DT-08	FAZ	100%	280	SECO	CA
DT-09	SUP	0%	210	PLAST	SA
DT-10	SUP	0%	280	FLUIDO	CA
DT-11	SUP	20%	210	PLAST	CA
DT-12	SUP	20%	280	SECO	SA
DT-13	SUP	50%	210	SECO	SA
DT-14	SUP	50%	280	PLAST	CA
DT-15	SUP	100%	210	FLUIDO	CA
DT-16	SUP	100%	280	PLAST	SA

Fuente: Elaboración propia

3.7. SELECCIÓN DE MATERIALES

Luego de realizar los ensayos de laboratorio y determinar las propiedades de los agregados, es necesario seleccionar los materiales que serán empleados para la preparación de los diseño de mezclas.

Tabla N°38: Selección de materiales

MATERIAL	JUSTIFICACION DE USO
Agregado grueso reciclado y natural	De acuerdo a los ensayos de laboratorio, cumplen con los requisitos que exige la norma.
Agregado fino natural	De acuerdo a los ensayos de laboratorio, cumplen con los requisitos que exige la norma.
Cemento HE	Cemento de alta resistencia inicial.
Aditivo Sikament 306	Aditivo superplastificante que disminuye la relación a/c y le da mayor trabajabilidad y resistencia al concreto.
Agua potable	Cumple con los requisitos de calidad de acuerdo a norma.

Fuente: Elaboración propia

Los materiales seleccionados para la preparación de los 16 diseños de mezcla desarrollados en este trabajo de investigación, deben de cumplir con las normas que garanticen su calidad y los consideren aptos para la fabricación de concreto.

3.8. DISEÑO DE MEZCLAS

Antes de realizar los ensayos de laboratorio para determinar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, es necesario

establecer el número de diseños que se realizarán. La cantidad de diseños está relacionado con el procedimiento general para el diseño de experimentos desarrollado por TAGUCHI.

Para el desarrollo de esta investigación se realizarán 16 diseños de acuerdo (Ver anexo 4). Durante y después del vaciado de cada diseño de mezcla se llevaran a cabo los ensayos de laboratorio correspondientes al concreto en estado fresco y endurecido.

Imagen N°40: Mezclas de concreto para vigas y probetas



Fuente: Elaboración propia

3.9. ENSAYOS DE LABORATORIO-CONCRETO FRESCO

3.9.1. ASENTAMIENTO

Durante los vaciados se midió el asentamiento de cada diseño, estos variaban de acuerdo al diseño experimental planteado en el siguiente trabajo. Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie plana,

rígida, no absorbente y húmeda. El molde se fija firmemente en su lugar durante el llenado pisando las aletas, cada capa se compacta aplicando 25 golpes con la barra compactadora, la última capa se llena hasta enrasar y se mide el asentamiento.

Tabla N°39: Asentamiento de los diseños de mezcla

DISEÑO	CODIGO	ASENTAMIENTO (pulg.)	TEMPERATURA DEL CONCRETO (°C)	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (°C)	HUMEDAD DEL AMBIENTE (%)
DT-01	FAZ-0%-210-SECO-CA	2.5"	22.2°C	26.2°C	47%
DT-02	FAZ-0%-280-PLAST-SA	3"	23°C	26.2°C	47%
DT-03	FAZ-20%-210-FLUI-SA	8.5"	24.2°C	22.3 °C	42%
DT-04	FAZ-20%-280-PLAST-CA	3.25"	26.5 °C	26.3 °C	40%
DT-05	FAZ-50%-210-PLAST-CA	3"	24.6 °C	26.7 °C	32%
DT-06	FAZ-50%-280-FLUI-SA	5"	28°C	25.1°C	36%
DT-07	FAZ-100%-210-PLAST-SA	2.5"	23.2°C	19.5°C	50%
DT-08	FAZ-100%-280-SECO-CA	2"	27 °C	26.2 °C	35%
DT-09	SUP-0%-210-PLAST-SA	2.5"	26.4°C	26.2°C	47%
DT-10	SUP-0%-280-FLUI-CA	8"	20.4°C	26.2°C	47%
DT-11	SUP-20%-210-PLAST-CA	4.25 "	21.3 °C	22.5 °C	45%
DT-12	SUP-20%-280-SECO-SA	2.25"	26.5 °C	26.3 °C	40%
DT-13	SUP-50%-210-SECO-SA	2.75"	30.1°C	28°C	32%
DT-14	SUP-50%-280-PLAST-CA	4"	25.1 °C	28.7°C	33%
DT-15	SUP-100%-210-FLUI-CA	7.5"	21.4°C	17.4°C	58%
DT-16	SUP-100%-280-SECO-SA	1"	23°C	26.5°C	41%

Fuente: Elaboración propia

Imagen N°41: Asentamiento del concreto en estado fresco



Fuente: Elaboración propia

3.9.2. PESO UNITARIO

Se coloca en tres capas de igual volumen aproximadamente hasta enrasar. Cada una de las capas se apisona con 25 golpes de varilla distribuidos uniformemente en cada capa y se procede a pesar.

Imagen N°42: Peso unitario del concreto



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°40: Peso unitario del concreto

DISEÑO	CODIGO	VOLUMEN DE RECIPIENTE (Lts)	PESO DE RECIPIENTE (Kg)	PESO DE RECIPIENTE + CONCRETO	PESO UNITARIO (kg/m3)
DT-01	FAZ-0%-210-SECO-CA	7.06	2.48	19.46	2404.67
DT-02	FAZ-0%-280-PLAST-SA	7.06	2.48	19.25	2374.79
DT-03	FAZ-20%-210-FLUI-SA	2.83	1.57	8.27	2363.24
DT-04	FAZ-20%-280-PLAST-CA	7.06	2.48	19.21	2370.11
DT-05	FAZ-50%-210-PLAST-CA	2.83	1.57	8.23	2350.18
DT-06	FAZ-50%-280-FLUI-SA	2.83	1.57	8.17	2327.93
DT-07	FAZ-100%-210-PLAST-SA	2.83	1.57	8.03	2280.26
DT-08	FAZ-100%-280-SECO-CA	2.83	1.57	8.10	2303.92
DT-09	SUP-0%-210-PLAST-SA	7.06	2.48	19.22	2371.10
DT-10	SUP-0%-280-FLUI-CA	7.06	2.48	19.13	2358.50
DT-11	SUP-20%-210-PLAST-CA	7.06	2.48	18.94	2331.44
DT-12	SUP-20%-280-SECO-SA	7.06	2.48	19.16	2362.18
DT-13	SUP-50%-210-SECO-SA	2.83	1.57	8.19	2336.41
DT-14	SUP-50%-280-PLAST-CA	7.06	2.48	18.83	2316.01
DT-15	SUP-100%-210-FLUI-CA	2.83	1.57	7.96	2253.42
DT-16	SUP-100%-280-SECO-SA	2.83	1.57	8.11	2306.39

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°41: Rendimiento del concreto

DISEÑO	CODIGO	PESO DE TANDA DE CONCRETO	PESO UNITARIO (kg/m3)	RENDIMIENTO
DT-01	FAZ-0%-210-SECO-CA	2388.75	2404.67	0.99
DT-02	FAZ-0%-280-PLAST-SA	2354.62	2374.79	0.99
DT-03	FAZ-20%-210-FLUI-SA	2307.55	2363.24	0.98
DT-04	FAZ-20%-280-PLAST-CA	2368.50	2370.11	1.00
DT-05	FAZ-50%-210-PLAST-CA	2349.65	2350.18	1.00
DT-06	FAZ-50%-280-FLUI-SA	2302.36	2327.93	0.99
DT-07	FAZ-100%-210-PLAST-SA	2272.76	2280.26	1.00
DT-08	FAZ-100%-280-SECO-CA	2308.75	2303.92	1.00
DT-09	SUP-0%-210-PLAST-SA	2358.01	2371.10	0.99
DT-10	SUP-0%-280-FLUI-CA	2356.08	2358.50	1.00
DT-11	SUP-20%-210-PLAST-CA	2361.28	2331.44	1.01
DT-12	SUP-20%-280-SECO-SA	2373.39	2362.18	1.00
DT-13	SUP-50%-210-SECO-SA	2275.92	2336.41	0.97
DT-14	SUP-50%-280-PLAST-CA	2338.29	2316.01	1.01
DT-15	SUP-100%-210-FLUI-CA	2277.56	2253.42	1.01
DT-16	SUP-100%-280-SECO-SA	2289.21	2306.39	0.99

Fuente: Elaboración propia

3.9.3. CONTENIDO DE AIRE

Mediante la olla de Washington se puede conocer el contenido de aire que tenía el concreto.

Imagen N°43: Contenido de aire en el concreto



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°42: Contenido de aire en el concreto

DISEÑO	CODIGO	% AIRE
DT-01	FAZ-0%-210-SECO-CA	1.20%
DT-02	FAZ-0%-280-PLAST-SA	1.20%
DT-03	FAZ-20%-210-FLUI-SA	0.50%
DT-04	FAZ-20%-280-PLAST-CA	1.70%
DT-05	FAZ-50%-210-PLAST-CA	2.00%
DT-06	FAZ-50%-280-FLUI-SA	1.75%
DT-07	FAZ-100%-210-PLAST-SA	1.68%
DT-08	FAZ-100%-280-SECO-CA	1.15%
DT-09	SUP-0%-210-PLAST-SA	1.70%
DT-10	SUP-0%-280-FLUI-CA	1.90%
DT-11	SUP-20%-210-PLAST-CA	1.50%
DT-12	SUP-20%-280-SECO-SA	1.50%
DT-13	SUP-50%-210-SECO-SA	1.70%
DT-14	SUP-50%-280-PLAST-CA	2.00%
DT-15	SUP-100%-210-FLUI-CA	2.00%
DT-16	SUP-100%-280-SECO-SA	1.70%

Fuente: Elaboración propia

El método que se describe para determinar el contenido de aire del concreto fresco, se basa en la medición del cambio de volumen del concreto sometido a un cambio de presión.

3.9.4. EXUDACIÓN

Este ensayo fue realizado en intervalos de 10 minutos durante los primeros 40 minutos y a intervalos de 30 minutos hasta terminada la exudación. Este ensayo está relacionado directamente con la calidad del agregado empleado. Los resultados detallados se pueden ver en el anexo 5.

Imagen N°44: Exudación del concreto



Fuente: Elaboración propia

3.9.5. TIEMPO DE FRAGUADO

Este ensayo se determinó por medio de la resistencia a la penetración, permitiendo determinar los efectos sobre el tiempo de fraguado y sobre las características del endurecimiento del concreto.

Imagen N°45: Tiempo de fraguado del concreto



Fuente: Elaboración propia

3.10. ENSAYOS DE LABORATORIO-CONCRETO ENDURECIDO

3.10.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Para verificar la resistencia a la compresión del concreto, se utilizó una maquina digital, que le pertenece a la empresa de concretos Supermix. La rotura se realizó a los 3, 7, 4, 21 y 28 días después del vaciado, se rompieron 3 probetas por día de rotura.

Tabla N°43: Resistencia a la compresión del concreto

		RESISTENCIA A LA COMPRESION kg/cm2			
DISEÑO	CODIGO	3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
DT-01	FAZ-0%-210-SECO-CA	158.34	203.56	239.94	282.21
DT-02	FAZ-0%-280-PLAST-SA	196.68	277.07	294.24	308.93
DT-03	FAZ-20%-210-FLUI-SA	108.99	152.17	171.65	217.27
DT-04	FAZ-20%-280-PLAST-CA	172.10	245.06	255.20	293.27
DT-05	FAZ-50%-210-PLAST-CA	123.04	161.63	186.54	212.12
DT-06	FAZ-50%-280-FLUI-SA	165.75	198.49	236.46	251.85
DT-07	FAZ-100%-210-PLAST-SA	109.30	136.54	178.08	201.83
DT-08	FAZ-100%-280-SECO-CA	198.96	221.54	264.67	304.59
DT-09	SUP-0%-210-PLAST-SA	112.08	159.88	194.80	224.70
DT-10	SUP-0%-280-FLUI-CA	170.36	272.45	293.42	335.86
DT-11	SUP-20%-210-PLAST-CA	86.40	142.14	175.75	206.82
DT-12	SUP-20%-280-SECO-SA	205.46	209.94	255.97	301.83
DT-13	SUP-50%-210-SECO-SA	105.02	153.88	181.67	213.95
DT-14	SUP-50%-280-PLAST-CA	174.33	239.14	264.52	306.52
DT-15	SUP-100%-210-FLUI-CA	117.53	132.67	158.40	182.99
DT-16	SUP-100%-280-SECO-SA	175.84	193.72	225.25	264.72

Fuente: Elaboración propia

En ingeniería, el ensayo de compresión es un ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión.

Imagen N°46: Resistencia a la compresión de probetas



Fuente: Elaboración propia

3.10.2. TRACCIÓN DIAMETRAL

Este ensayo fue realizado con la misma máquina que se usó para determinar la resistencia a la compresión del concreto.

Imagen N°47: Tracción diametral de probetas



Fuente: Elaboración propia

La probeta se coloca horizontal en la máquina y se somete a compresión diametral, aplicando una carga uniforme a lo largo de dos líneas o generatrices opuestas hasta alcanzar la rotura. Este ensayo se realizó a los 28 días después del vaciado de la mezcla de concreto.

Tabla N°44: Tracción diametral del concreto

DISEÑO	CODIGO	FECHA VACEADO	EDAD (días)	F ^c (kg/cm ²)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/m ³)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/m ³)	% F ^c
DT-01	FAZ-0%-210-SECO-CA	09/10/2015	28	282.21	10.18	20.73	7454.70	22.51	22.68	8.04%
					10.18	20.73	7572.40	22.85		
DT-02	FAZ-0%-280-PLAST-SA	09/10/2015	28	308.93	10.20	20.84	7685.40	23.03	22.03	7.13%
					10.19	20.74	6978.30	21.03		
DT-03	FAZ-20%-210-FLUI-SA	29/09/2015	28	217.27	10.19	20.81	6032.40	18.11	21.25	9.78%
					10.19	20.83	8133.80	24.40		
DT-04	FAZ-20%-280-PLAST-CA	30/09/2015	28	293.27	10.20	20.92	6682.40	19.95	18.63	6.35%
					10.19	20.93	5795.30	17.31		
DT-05	FAZ-50%-210-PLAST-CA	15/09/2015	28	212.12	10.21	20.69	8083.40	24.37	24.37	11.49%
					10.21	20.69	8083.40	24.37		
DT-06	FAZ-50%-280-FLUI-SA	29/09/2015	28	251.85	10.21	20.84	8260.00	24.73	24.74	9.82%
					10.21	20.81	8254.60	24.75		
DT-07	FAZ-100%-210-PLAST-SA	26/09/2015	28	201.83	10.20	20.78	5307.60	15.94	17.24	8.54%
					10.18	20.79	6165.50	18.55		
DT-08	FAZ-100%-280-SECO-CA	02/09/2015	28	304.59	10.16	20.78	8307.60	25.05	24.81	8.15%
					10.16	20.82	8165.50	24.56		
DT-09	SUP-0%-210-PLAST-SA	09/10/2015	28	224.70	10.19	20.92	7100.40	21.21	20.78	9.25%
					10.17	20.82	6764.70	20.34		
DT-10	SUP-0%-280-FLUI-CA	09/10/2015	28	335.86	10.19	20.71	9893.20	29.84	28.80	8.58%
					10.20	20.72	9211.90	27.76		
DT-11	SUP-20%-210-PLAST-CA	30/09/2015	28	206.82	10.19	20.80	6008.50	18.05	19.04	9.21%
					10.19	20.79	6662.60	20.03		
DT-12	SUP-20%-280-SECO-SA	07/10/2015	28	301.83	10.17	20.89	7470.20	22.40	22.30	7.39%
					10.19	20.87	7414.20	22.21		
DT-13	SUP-50%-210-SECO-SA	15/09/2015	28	213.95	10.19	20.71	5086.70	15.36	15.36	7.18%
					10.19	20.71	5086.70	15.36		
DT-14	SUP-50%-280-PLAST-CA	30/09/2015	28	306.52	10.19	20.85	7195.00	21.56	23.53	7.68%
					10.19	20.85	8510.70	25.50		
DT-15	SUP-100%-210-FLUI-CA	28/09/2015	28	182.99	10.19	20.70	6883.70	20.79	20.38	11.14%
					10.19	20.68	6606.40	19.97		
DT-16	SUP-100%-280-SECO-SA	10/09/2015	28	264.72	10.18	20.71	8803.40	26.60	26.60	10.05%
					10.18	20.71	8803.40	26.60		

Fuente: Elaboración propia

3.10.3. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

La resistencia a la flexión del concreto se realizó aplicando una carga en el centro de la viga de concreto rectangular de 10x10x50cm. Este fue realizado en el laboratorio de mecánica de rocas de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Imagen N°48: Resistencia a la flexión del concreto



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°45: Resistencia a la flexión del concreto

DISEÑO	CODIGO	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LUZ ENTRE APOYOS (Mmm)	CARGA MAXIMA (KN)	MODULO DE ROTURA (MPa)	PROMEDIO MODULO DE ROTURA (MPa)
DT-01	FAZ-0%-210-SECO-CA	103.95	102.10	300.00	17.20	4.76	4.76
		104.00	102.20	300.00	17.20	4.75	
DT-02	FAZ-0%-280-PLAST-SA	104.80	104.50	300.00	16.20	4.25	4.24
		104.60	104.70	300.00	16.20	4.24	
DT-03	FAZ-20%-210-FLUI-SA	103.30	101.40	300.00	11.20	3.16	3.15
		103.50	101.60	300.00	11.20	3.14	
DT-04	FAZ-20%-280-PLAST-CA	100.30	100.00	300.00	11.80	3.53	3.53
		100.10	100.20	300.00	11.80	3.52	
DT-05	FAZ-50%-210-PLAST-CA	102.30	102.10	300.00	12.84	3.61	3.62
		101.90	101.80	300.00	12.79	3.63	
DT-06	FAZ-50%-280-FLUI-SA	101.30	103.60	300.00	16.00	4.41	4.43
		101.25	103.55	300.00	16.10	4.45	
DT-07	FAZ-100%-210-PLAST-SA	102.90	101.00	300.00	10.10	2.89	2.89
		103.10	101.30	300.00	10.20	2.89	
DT-08	FAZ-100%-280-SECO-CA	102.30	100.80	300.00	14.86	4.29	4.28
		101.80	101.30	300.00	14.90	4.28	
DT-09	SUP-0%-210-PLAST-SA	102.50	100.00	300.00	13.00	3.80	3.83
		102.38	99.80	300.00	13.10	3.85	
DT-10	SUP-0%-280-FLUI-CA	104.00	103.90	300.00	16.10	4.30	4.30
		103.86	104.50	300.00	16.23	4.29	
DT-11	SUP-20%-210-PLAST-CA	103.40	103.43	300.00	13.80	3.74	3.74
		103.38	103.50	300.00	13.83	3.75	
DT-12	SUP-20%-280-SECO-SA	104.00	102.85	300.00	15.90	4.34	4.34
		103.90	103.20	300.00	15.99	4.34	
DT-13	SUP-50%-210-SECO-SA	101.45	100.70	300.00	13.54	3.95	3.95
		101.23	101.20	300.00	13.65	3.95	
DT-14	SUP-50%-280-PLAST-CA	101.60	101.68	300.00	14.60	4.17	4.17
		101.35	102.00	300.00	14.65	4.17	
DT-15	SUP-100%-210-FLUI-CA	102.20	101.85	300.00	9.60	2.72	2.72
		102.00	102.00	300.00	9.65	2.73	
DT-16	SUP-100%-280-SECO-SA	101.35	103.55	300.00	13.80	3.81	3.85
		101.00	103.20	300.00	13.95	3.89	

Fuente: Elaboración propia

3.10.4. MÓDULO DE ELASTICIDAD

El ensayo de módulo de elasticidad se realizó en la Universidad Nacional de Ingeniería de la ciudad de Lima. Se utilizaron tres probetas de concreto endurecido de 28 días de edad; la primera probeta se rompió para determinar su resistencia a la compresión y las otras dos fueron empleadas para determinar el módulo de elasticidad del concreto.

Imagen N°49: Módulo de elasticidad del concreto



Fuente: Elaboración propia

Imagen N°50: Radio de poisson del concreto



Fuente: Elaboración propia

3.11. TRABAJOS DE GABINETE

El trabajo de gabinete consiste en procesar la información obtenida de los ensayos realizados en este trabajo de investigación.

3.12. ANÁLISIS DE VARIANZA ANOVA

Se analizarán los resultados obtenidos de los 16 diseños realizados, se establecerán resultados aceptables con un margen de error reducido y conocido para cada una de las propiedades del concreto fabricado con agregados naturales y reciclados tal como se mostró en el diseño experimental.

Se utilizará el análisis de la varianza (ANOVA) por ser un método que permite estudiar de manera simultánea y mediante un único examen, la influencia de todos los factores, con los diferentes niveles considerados en el Programa Experimental, sobre cada una de las variables de salida (resultados) correspondientes a los diferentes ensayos realizados.

La idea básica radica en descomponer la variabilidad obtenida en los resultados de cada una de las series de valores obtenidos en los ensayos, correspondientes a cada una de las propiedades estudiadas, en los efectos simples que corresponden a cada uno de los factores introducidos.

Los resultados de los ensayos realizados a los 16 diseños de mezclas del programa experimental se muestran en el ANEXO N° 4 del presente trabajo.

El tratamiento y análisis estadístico de los resultados de los ensayos se ha realizado utilizando la aplicación informática MINITAB versión 16.1.0.

El ANOVA se llevará a cabo sucesivamente sobre los resultados de los ensayos de las 16 diseños (DT 01 AL DT-16), realizados correspondientes a peso unitario, rendimiento, contenido de aire, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción indirecta y resistencia a la flexión.

3.13. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA ANOVA

Se discutirá de manera singular, para cada una de las propiedades estudiadas la influencia, a partir de los resultados obtenidos del ANOVA, de aquellos factores o variables de entrada que, en primera instancia, se estimaron en el diseño del experimento y que pueden afectar a dichas propiedades.

3.13.1. PESO UNITARIO DEL CONCRETO

A continuación se presenta los datos analizados que corresponden a los resultados obtenidos de la medida del peso unitario en el concreto en estado fresco y realizado en cada uno de los diseño. En un primer análisis los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 46.

Los factores que tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el valor de la variable Peso Unitario son aquéllos con un p-valor igual o inferior al 0,05 asumiendo un 95% de nivel de confianza.

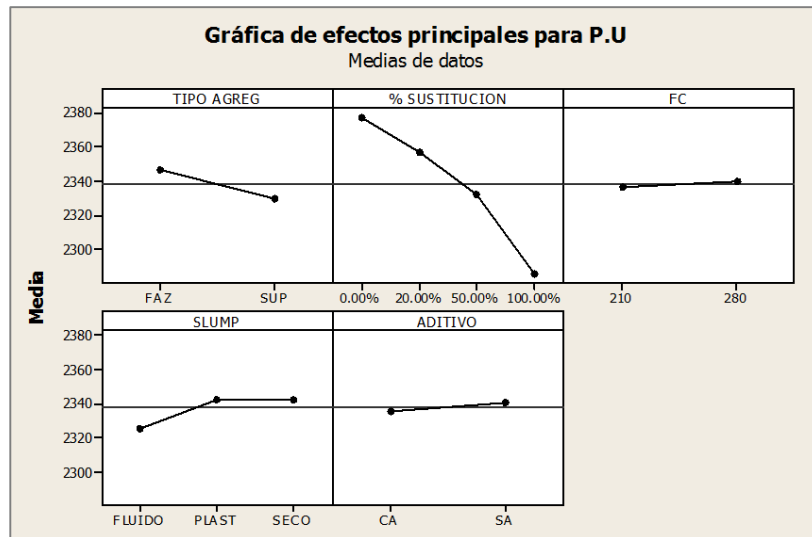
Tabla N°46: Factores que tienen efecto en el peso unitario

Modelo lineal general: P.U vs. TIPO AGREG, % SUSTITUCION, ...								
Factor	Tipo	Niveles	Valores					
TIPO AGREG	fijo	2	FAZ, SUP					
% SUSTITUCION	fijo	4	0.0, 0.2, 0.5, 1.0					
FC	fijo	2	210, 280					
ASENTAMIENTO	fijo	3	FLUIDO, PLAST, SECO					
ADITIVO	fijo	2	CA, SA					
Análisis de varianza para P.U, utilizando SC ajustada para pruebas								
Fuente	GL	SC	Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	
TIPO AGREG	1	1219.0		1219.0	1219.0	4.78	0.065	
% SUSTITUCION	3	18506.3		18506.3	6168.8	24.19	0.000	
FC	1	52.9		52.9	52.9	0.21	0.663	
ASENTAMIENTO	2	1360.5		1360.5	680.3	2.67	0.138	
ADITIVO	1	72.5		72.5	72.5	0.28	0.611	
Error	7	1785.3		1785.3	255.0			
Total	15	22996.5						

Fuente: Elaboración propia

Se observan que los factores: F'C (Resistencia a la Compresión de diseño) y ADITIVO presentan un p-valor muy elevado. Mientras que el factor Tipo de Agregado, Porcentaje de sustitución y consistencia (Slump) tienen mayor incidencia en el Peso Unitario ya que presenta un p-valor próximo e inferior a 0,05. Los resultados obtenidos en este análisis quedan resumidos en el gráfico 16, donde se muestra los efectos de los factores sobre el P.U (peso unitario), en ella se observa claramente que los factores tipo de agregado, el porcentaje de sustitución y consistencia (Slump), influyen significativamente sobre el Peso Unitario del concreto reciclado endurecido.

Gráfico N°16: Efectos principales para el peso unitario

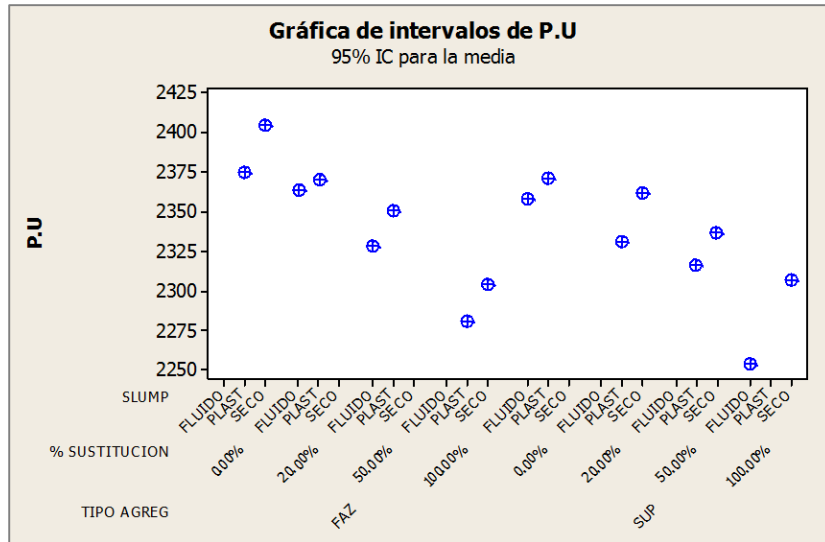


Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico de intervalos de P.U. se pueden observar que los tres factores que influyen sobre el P.U.

- ✎ Los diseños de concreto reciclado con RCD's - Supermix presenta ligeramente un Peso Unitario menor que los diseños de concreto reciclado con RCD's – FAZ.
- ✎ También se puede apreciar que a medida que aumenta el % de sustitución de agregado reciclado por agregado natural se obtienen concreto con pesos unitarios menores, tiendo como más bajo cuando se hace uso de agregados 100% reciclados.
- ✎ En cuanto a las consistencias se puede observar que un concreto con consistencia seca tendrá más peso unitario que uno de consistencia plástica y fluida.

Gráfico N°17: Intervalos del peso unitario



Fuente: Elaboración propia

3.13.2. RENDIMIENTO DEL CONCRETO

A continuación se presenta los datos analizados que corresponden a los resultados medio, obtenidos de la medida del Rendimiento del concreto en estado fresco y realizado en cada uno de los diseño. En un primer análisis los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 47. Los factores que tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el valor de la variable Rendimiento son aquéllos con un p-valor igual o inferior al 0.05 asumiendo un 95% de nivel de confianza.

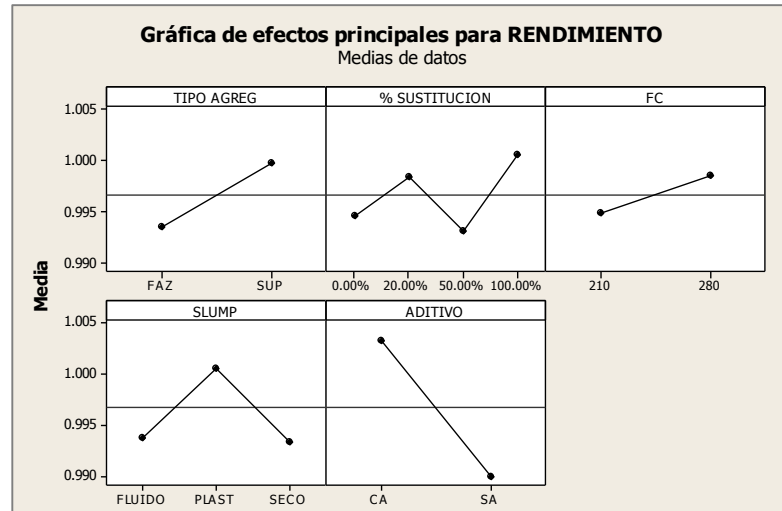
Tabla N°47: Factores que tienen efecto en el rendimiento

Modelo lineal general: RENDIMIENTO vs. TIPO AGREG, % SUSTITUCION, ...						
Factor	Tipo	Niveles	Valores			
TIPO AGREG	fijo	2	FAZ, SUP			
% SUSTITUCION	fijo	4	0.0, 0.2, 0.5, 1.0			
FC	fijo	2	210, 280			
ASENTAMIENTO	fijo	3	FLUIDO, PLAST, SECO			
ADITIVO	fijo	2	CA, SA			
Análisis de varianza para RENDIMIENTO, utilizando SC ajustada para pruebas						
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
TIPO AGREG	1	0.0001547	0.0001547	0.0001547	1.89	0.212
% SUSTITUCION	3	0.0001377	0.0001377	0.0000459	0.56	0.659
FC	1	0.0000542	0.0000542	0.0000542	0.66	0.443
ASENTAMIENTO	2	0.0001399	0.0001399	0.0000699	0.85	0.466
ADITIVO	1	0.0007172	0.0007172	0.0007172	8.74	0.021
Error	7	0.0005744	0.0005744	0.0000821		
Total	15	0.0017781				

Fuente: Elaboración propia

Se observan que los factores: Tipo de Agregado, % de sustitución, FC (Resistencia a la Compresión de diseño) y consistencia (Slump) presentan un p-valor muy elevado. Mientras que el factor Aditivo tiene mayor incidencia en el Rendimiento ya que presenta un p-valor próximo e inferior a 0,05. Los resultados obtenidos en este análisis quedan resumidos en el gráfico 18 que es la gráfica de efectos de los factores sobre el RENDIMIENTO, en ella se observa claramente que los factores ADITIVO, influyen significativamente sobre la densidad del hormigón reciclado endurecido. Después de analizar los residuos se comprobó que no había ningún dato anómalo.

Gráfico N°18: Efectos principales para el rendimiento



Fuente: Elaboración propia

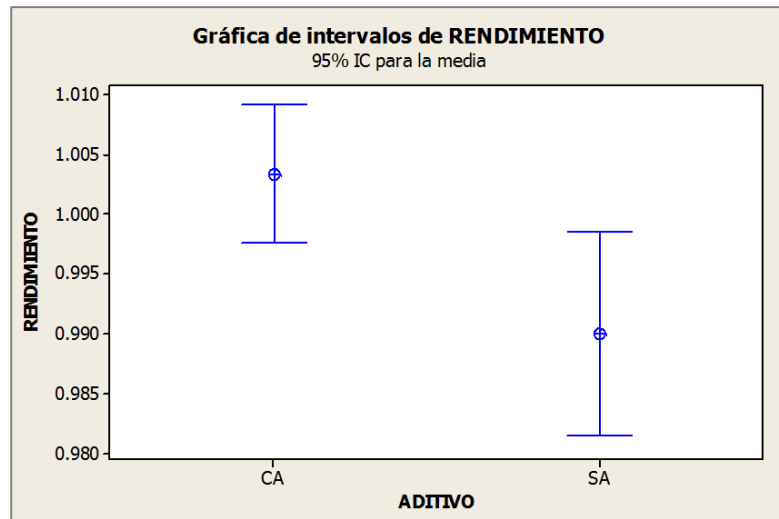
En el siguiente gráfico de intervalos de RENDIMIENTO, se pueden observar en el eje de las abscisas el factor que influye sobre el rendimiento es:

Aditivo

En ella se observa claramente lo siguiente:

- ✎ Los diseños de concreto con Aditivos presenta ligeramente mayor Rendimiento que el Los diseños de concreto sin Aditivo.

Gráfico N°19: Intervalos de rendimiento



Fuente: Elaboración propia

3.13.3. CONTENIDO DE AIRE

A continuación se presenta los datos analizados que corresponden a los resultados medio, obtenidos de la medida del CONTENIDO DE AIRE del concreto en estado fresco y realizado en cada uno de los diseño. En un primer análisis los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 48.

Los factores que tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el valor de la variable Rendimiento son aquéllos con un p-valor igual o inferior al 0.05 asumiendo un 95% de nivel de confianza.

Tabla N°48: Factores que tienen efecto en el contenido de aire

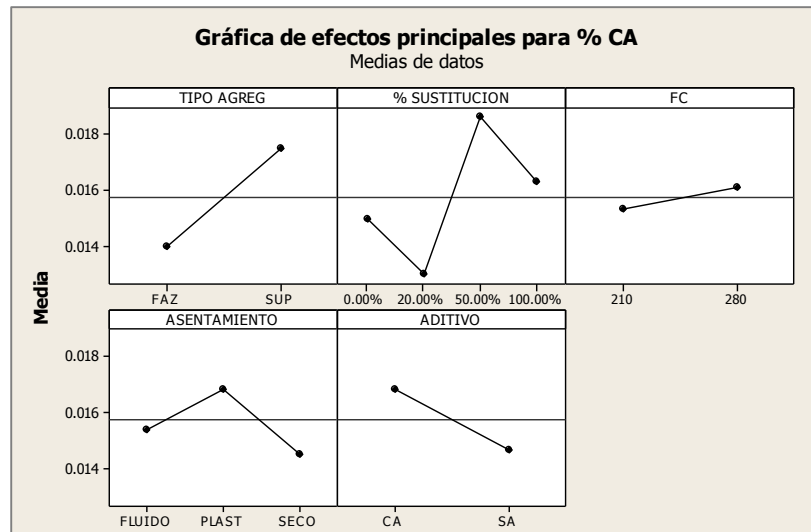
Modelo lineal general: % CA vs. TIPO AGREG, % SUSTITUCION, ...							
Factor	Tipo	Niveles	Valores				
TIPO AGREG	fijo	2	FAZ, SUP				
% SUSTITUCION	fijo	4	0.0, 0.2, 0.5, 1.0				
FC	fijo	2	210, 280				
ASENTAMIENTO	fijo	3	FLUIDO, PLAST, SECO				
ADITIVO	fijo	2	CA, SA				
Análisis de varianza para % CA, utilizando SC ajustada para pruebas							
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	
TIPO AGREG	1	0.0000497	0.0000497	0.0000497	4.56	0.070	
% SUSTITUCION	3	0.0000669	0.0000669	0.0000223	2.05	0.196	
FC	1	0.0000024	0.0000024	0.0000024	0.22	0.653	
ASENTAMIENTO	2	0.0000243	0.0000243	0.0000122	1.12	0.380	
ADITIVO	1	0.0000185	0.0000185	0.0000185	1.70	0.234	
Error	7	0.0000763	0.0000763	0.0000109			
Total	15	0.0002380					
S = 0.00330060 R-cuad. = 67.96% R-cuad.(ajustado) = 31.35%							

Fuente: *Elaboración propia*

Se observan que los factores: porcentaje de Sustitución, FC (Resistencia a la Compresión de diseño), Asentamiento (Slump) y Aditivo presentan un p-valor muy elevado. Mientras que el factor Tipo de Agregado tiene mayor incidencia en el Contenido de Aire ya que presenta un p-valor próximo e inferior a 0,05.

Los resultados obtenidos en este análisis quedan resumidos en la siguiente figura. Que es la gráfica de efectos de los factores sobre el CONTENIDO DE AIRE, en ella se observa claramente que el factor Tipo de Agregado, influyen significativamente sobre el contenido de aire del concreto reciclado en estado fresco.

Gráfico N°20: Efectos principales para el contenido de aire



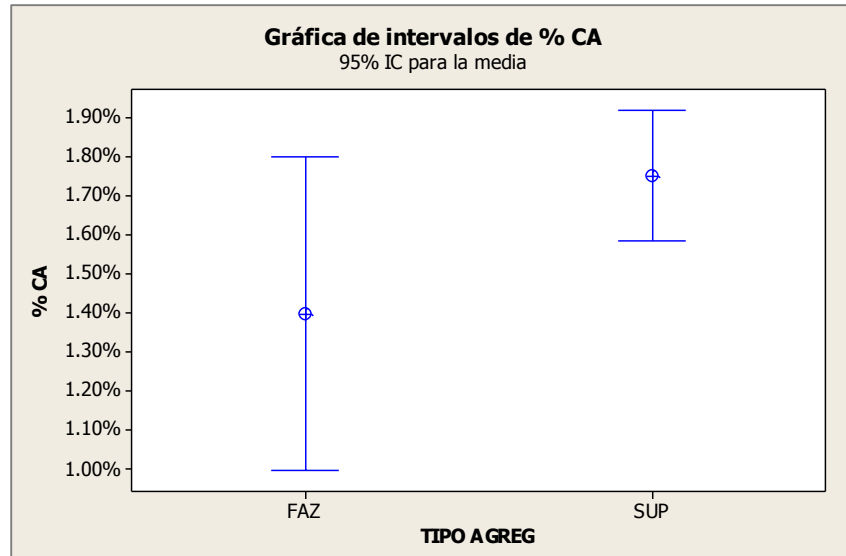
Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico de intervalos de contenido de aire se pueden observar en el eje de las abscisas el factor que influye sobre el contenido de aire es: Tipo de Agregado

En ella se observa claramente lo siguiente:

- ☒ Los diseños de concreto con RCD's- FAZ Presenta menos contenido de aire que los diseños de concreto RCD's- SUPERMIX.

Gráfico N°21: Intervalos de contenido de aire



Fuente: *Elaboración propia*

3.13.4. RESISTENCIA A LA COMPRESION

A continuación se presenta los datos analizados que corresponden a los resultados medio, obtenidos de la medida de la RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 días en estado endurecido y realizado en cada uno de los diseño. En un primer análisis los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 49.

Los factores que tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el valor de la variable Rendimiento son aquéllos con un p-valor igual o inferior al 0,05 asumiendo un 95% de nivel de confianza.

Tabla N°49: Factores que tienen efecto

Modelo lineal general: fc=28dias vs. TIPO AGREG, % SUSTITUCION, ...							
Factor	Tipo	Niveles	Valores				
TIPO AGREG	fijo	2	FAZ, SUP				
% SUSTITUCION	fijo	4	0.0, 0.2, 0.5, 1.0				
FC	fijo	2	210, 280				
ASENTAMIENTO	fijo	3	FLUIDO, PLAST, SECO				
ADITIVO	fijo	2	CA, SA				
Análisis de varianza para fc=28dias, utilizando SC ajustada para pruebas							
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	
TIPO AGREG	1	75.1	75.1	75.1	0.29	0.606	
% SUSTITUCION	3	5682.7	5682.7	1894.2	7.34	0.014	
FC	1	24465.2	24465.2	24465.2	94.80	0.000	
ASENTAMIENTO	2	1962.8	1962.8	981.4	3.80	0.076	
ADITIVO	1	1212.7	1212.7	1212.7	4.70	0.067	
Error	7	1806.6	1806.6	258.1			
Total	15	35205.0					

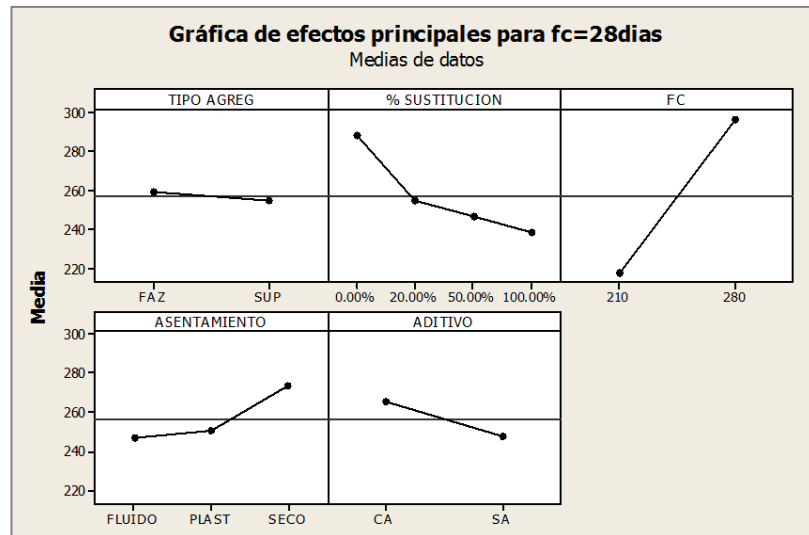
Fuente: Elaboración propia

Se observan que los factores: Tipo de Agregado y Asentamiento (Slump), presentan un p-valor muy elevado. Mientras que los factores % de sustitución, f'c (de diseño) y el contenido de aditivos tiene mayor incidencia sobre la resistencia a la compresión del concreto ya que presenta un p-valor próximo e inferior a 0,05.

Los resultados obtenidos en este análisis quedan resumidos en la siguiente figura. Que es la gráfica de efectos de los factores sobre la Resistencia a la Compresión a los 28 días, en ella se observa claramente que los factores % de sustitución, f'c (de diseño) y el contenido de aditivos, influyen significativamente sobre la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto reciclado endurecido. Después de analizar los residuos se

comprobó que no había ningún dato anómalo.

Gráfico N°22: Efectos principales para la resistencia



Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico de intervalos de resistencia a la compresión a los 28 días del concreto endurecido, en el eje de las abscisas el factor que influye sobre la resistencia a la compresión es: Porcentaje de sustitución, Resistencia a la compresión y Contenido de aditivo

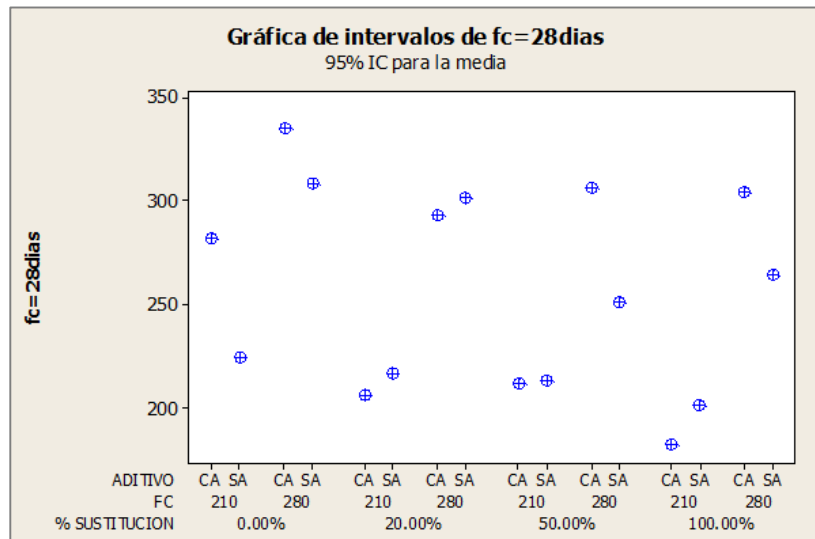
En ella se observa claramente lo siguiente:

- ✘ Para un porcentaje de sustitución de 0% se observa que los diseños con aditivos tienen mayor resistencia a la compresión.
- ✘ Para un porcentaje de sustitución de 20% se observa que los diseños con aditivos tienen menor resistencia a la compresión esto puede

ocurrir debido a la relación agua/cemento usadas eran diferentes.

- ☒ Para un porcentaje de sustitución de 50% se observa que los diseños con aditivos tienen mayor resistencia a la compresión.
- ☒ Para un porcentaje de sustitución de 100% se observa que los diseños con aditivos tienen mayor y menor resistencia a la compresión en este caso hay que estudiar el efecto de la relación agua/cemento puesto que es un indicador muy importante.

Gráfico N°23: Intervalos de resistencia a la compresión



Fuente: Elaboración propia

3.13.5. TRACCION DIAMETRAL

A continuación se presenta los datos analizados que corresponden a los resultados medio, obtenidos de la medida de la RESISTENCIA A LA TRACCION del concreto reciclado a los 28 días en estado endurecido y

realizado en cada uno de los diseño. En un primer análisis los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 50.

Los factores que tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el valor de la variable Rendimiento son aquéllos con un p-valor igual o inferior al 0,05 asumiendo un 95% de nivel de confianza.

Tabla N°50: Factores que tienen efecto en la tracción diametral

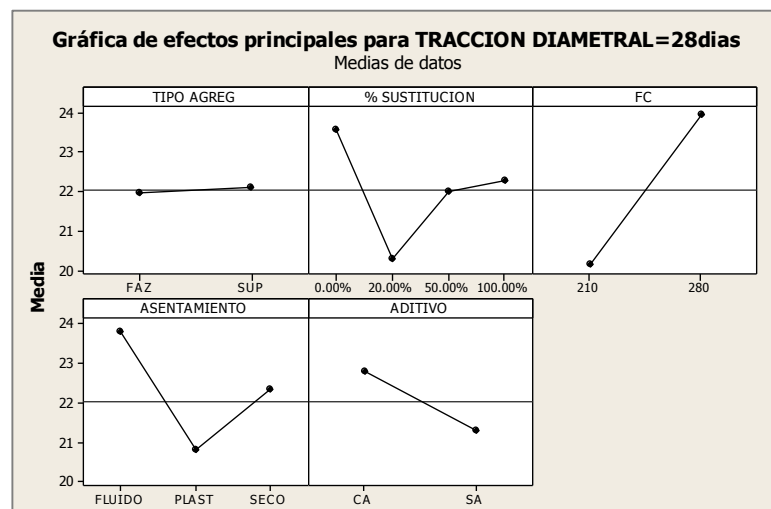
Modelo lineal general: TRACCION DIA vs. TIPO AGREG, % SUSTITUCIO, ...							
Factor	Tipo	Niveles	Valores				
TIPO AGREG	fijo	2	FAZ, SUP				
% SUSTITUCION	fijo	4	0.0, 0.2, 0.5, 1.0				
FC	fijo	2	210, 280				
ASENTAMIENTO	fijo	3	FLUIDO, PLAST, SECO				
ADITIVO	fijo	2	CA, SA				
Análisis de varianza para TRACCION DIAMETRAL=28dias, utilizando SC ajustada para pruebas							
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	
TIPO AGREG	1	0.07	0.07	0.07	0.01	0.940	
% SUSTITUCION	3	21.63	21.63	7.21	0.65	0.610	
FC	1	57.54	57.54	57.54	5.16	0.057	
ASENTAMIENTO	2	16.67	16.67	8.33	0.75	0.508	
ADITIVO	1	8.91	8.91	8.91	0.80	0.401	
Error	7	78.14	78.14	11.16			
Total	15	182.96					

Fuente: Elaboración propia

Se observan que los factores: Tipo de Agregado, porcentaje de sustitución, Asentamiento (Slump) y contenido de aditivo presentan un p-valor muy elevado. Mientras que el factor f'c (de diseño) tiene mayor incidencia sobre la resistencia a la TRACCION DIAMETRAL del concreto ya que presenta un p-valor próximo e inferior a 0.05.

Los resultados obtenidos en este análisis quedan resumidos en la siguiente figura. Que es la gráfica de efectos de los factores sobre la Resistencia a la Tracción Diametral a los 28 días del concreto reciclado, en ella se observa claramente que el factor $f'c$ (de diseño) influye significativamente sobre la resistencia a la tracción diametral del concreto del concreto reciclado endurecido. Después de analizar los residuos se comprobó que no había ningún dato anómalo.

Gráfico N°24: Efectos principales para la tracción diametral



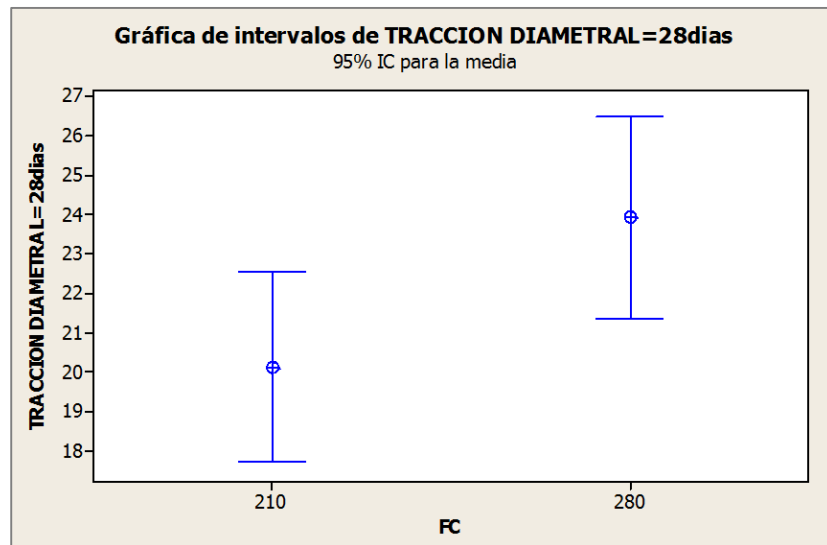
Fuente: Elaboración propia

En el siguiente grafico de intervalos de Resistencia a la Tracción diametral a los 28 días del concreto reciclado en el eje de las abscisas el factor que influye sobre la resistencia a la tracción diametral que es: Resistencia a la compresión (FC).

En ella se observa claramente lo siguiente:

- ✎ Para un $f'c=210$ kg/cm² de diseño se tiene menor resistencia a la tracción diametral que un diseño con $f'c=210$ kg/cm² de diseño.

Gráfico N°25: Intervalos de tracción diametral



Fuente: Elaboración propia

3.13.6. RESISTENCIA A LA FLEXION

A continuación se presenta los datos analizados que corresponden a los resultados, obtenidos de la medida de la RESISTENCIA A LA FLEXION de las vigas concreto reciclado a los 28 días en estado endurecido y realizado en cada uno de los diseño. En un primer análisis los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 51.

Los factores que tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el valor de la variable Rendimiento son aquéllos con un p-valor igual o inferior al 0,05 asumiendo un 95% de nivel de confianza.

Tabla N°51: Factores que tienen efecto

Modelo lineal general: Flexion MPa vs. TIPO AGREG, % SUSTITUCION, ...							
Factor	Tipo	Niveles	Valores				
TIPO AGREG	fijo	2	FAZ, SUP				
% SUSTITUCION	fijo	4	0.0, 0.2, 0.5, 1.0				
FC	fijo	2	210, 280				
ASENTAMIENTO	fijo	3	FLUIDO, PLAST, SECO				
ADITIVO	fijo	2	CA, SA				
Análisis de varianza para Flexion MPa, utilizando SC ajustada para pruebas							
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P	
TIPO AGREG	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.995	
% SUSTITUCION	3	1.6776	1.6776	0.5592	5.10	0.035	
FC	1	1.2478	1.2478	1.2478	11.38	0.012	
ASENTAMIENTO	2	1.1883	1.1883	0.5942	5.42	0.038	
ADITIVO	1	0.0121	0.0121	0.0121	0.11	0.750	
Error	7	0.7677	0.7677	0.1097			
Total	15	4.8935					

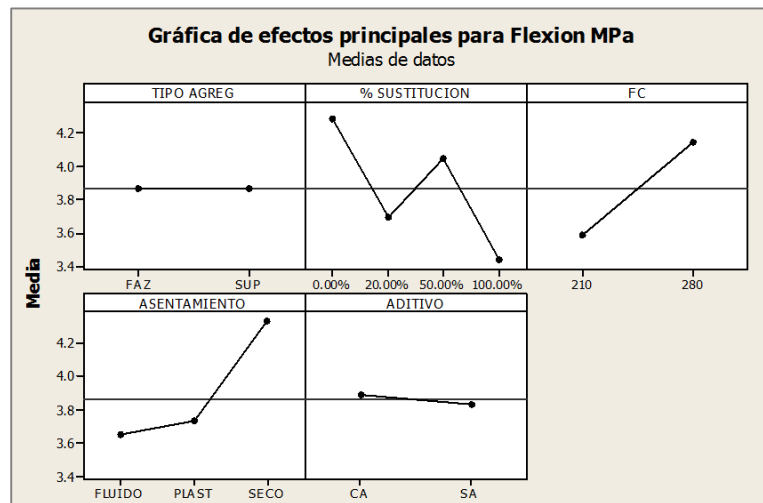
Fuente: Elaboración propia

Se observan que los factores: Tipo de Agregado y contenido de aditivo presentan un p-valor muy elevado. Mientras que el factor porcentaje de sustitución, f'c (de diseño) y consistencia (slump). Tiene mayor incidencia sobre la resistencia a la FLEXION del concreto ya que presenta un p-valor próximo e inferior a 0.05.

Los resultados obtenidos en este análisis quedan resumidos en la siguiente figura. Que es la gráfica de efectos de los factores sobre la Resistencia a

la Flexión a los 28 días del concreto reciclado, en ella se observa claramente que los factores porcentaje de sustitución, $f'c$ (de diseño) y consistencia (slump) influyen significativamente sobre la resistencia a la flexión del concreto reciclado endurecido. Después de analizar los residuos se comprobó que no había ningún dato anómalo.

Gráfico N°26: Efectos principales para la resistencia a la flexión



Fuente: Elaboración propia

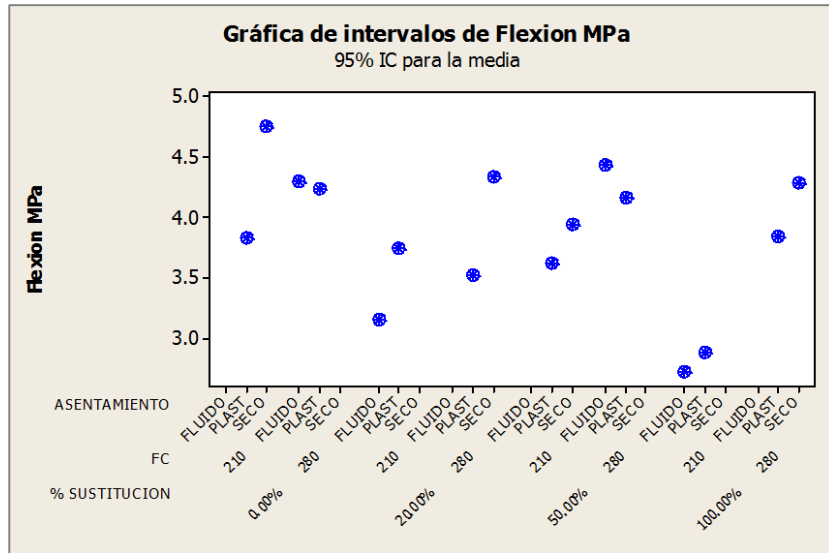
En el siguiente grafico de intervalos de Resistencia a la Flexión a los 28 días del concreto reciclado en el eje de las abscisas el factor que influye sobre la resistencia a la tracción diametral que es: Porcentaje de sustitución, Resistencia a la compresión (FC), Asentamiento

En ella se observa claramente lo siguiente:

- ✎ Para un 0% de sustitución con $f'c=210$ kg/cm² se tiene que los diseño con consistencia seca tienen mayor resistencia a la flexión.

- ✗ Para un 0% de sustitución con $f'c=280$ kg/cm² se tiene que los diseño con consistencia fluida y plástica tiene similares resistencias a la flexión.
- ✗ Para un 20% de sustitución con $f'c=210$ kg/cm² se tiene que los diseño con consistencia plástica tienen mayor resistencia a la flexión en comparación con la de consistencia fluida.
- ✗ Para un 20% de sustitución con $f'c=280$ kg/cm² se tiene que los diseño con consistencia seca tiene mayor resistencias a la flexión en comparación con la de consistencia plástica.
- ✗ Para un 50% de sustitución con $f'c=210$ kg/cm² se tiene que los diseño con consistencia seca tienen mayor resistencia a la flexión en comparación con la de consistencia plástica.
- ✗ Para un 50% de sustitución con $f'c=280$ kg/cm² se tiene que los diseño con consistencia fluida tiene mayor resistencias a la flexión en comparación con la de consistencia plástica.
- ✗ Para un 100% de sustitución con $f'c=210$ kg/cm² se tiene que los diseño con consistencia plástica tienen mayor resistencia a la flexión en comparación con la de consistencia fluida.
- ✗ Para un 100% de sustitución con $f'c=280$ kg/cm² se tiene que los diseño con consistencia seca tiene mayor resistencias a la flexión en comparación con la de consistencia plástica.

Gráfico N°27: Intervalos de resistencia a la flexión



Fuente: Elaboración propia

3.14. COSTO DE PRODUCCIÓN DE AGREGADO RECICLADO

El costo para la producción de agregados reciclados, será calculado de acuerdo a los gastos realizados durante la ejecución de este trabajo de investigación. Algunos valores fueron asumidos, ya que en nuestra ciudad no existe una planta chancadora para agregados reciclados.

Tabla N°52: Rendimiento de maquinarias chancadora

CALCULO DE RENDIMIENTO DE CHANCADORA		R= 147.90 M3/DIA
Descripcion insumo	Unidad	Cuadrilla
CHANCADORA	Tn/h	58
Eficiencia	%	85
Tiempo Útil	%	90
Peso Específico (concreto)	Tn/m3	2.4
=====		=====
RENDIMIENTO	M3/DIA	148

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°53: Rendimiento de maquinarias para el transporte

CALCULO DE RENDIMIENTO DE TRANSPORTE DE RCD's		R= 60.00 M3/DIA
Descripcion insumo	Unidad	Cuadrilla
Distancia media	km	15
Velocidad Promedio	km/h	30
Cargador Frontal CAT 950B, 155HP,2.40 YD3		
Volquete de 10 M3		
Tiempo de carga	km	5.83
Tiempo de descarga	min	2.00
Tiempo de Recorrido cargado	min	30.00
Tiempo de Recorrido descargado	min	22.50
TOTAL TIEMPO /CICLO	MIN	60.33
Tiempo Útil	min/d	432
Nº de Viaes	unid	7
Volumen Transportado	m3	72
=====		
RENDIMIENTO	M3/DIA	60

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°54: Rendimiento de maquinarias para el transporte

CALCULO DE RENDIMIENTO DE TRANSPORTE DE RCD's		R= 61.00 M3/DIA
Descripcion insumo	Unidad	Cuadrilla
Distancia media	km	15
Velocidad Promedio	km/h	30
Cargador Frontal CAT 950B, 155HP,2.40 YD3		
Volquete de 10 M3		
Tiempo de carga	km	4.61
Tiempo de descarga	min	2.00
Tiempo de Recorrido cargado	min	30.00
Tiempo de Recorrido descargado	min	22.50
TOTAL TIEMPO /CICLO	MIN	59.11
Tiempo Útil	min/d	432
Nº de Viaes	unid	7
Volumen Transportado	m3	73
=====		
RENDIMIENTO	M3/DIA	61

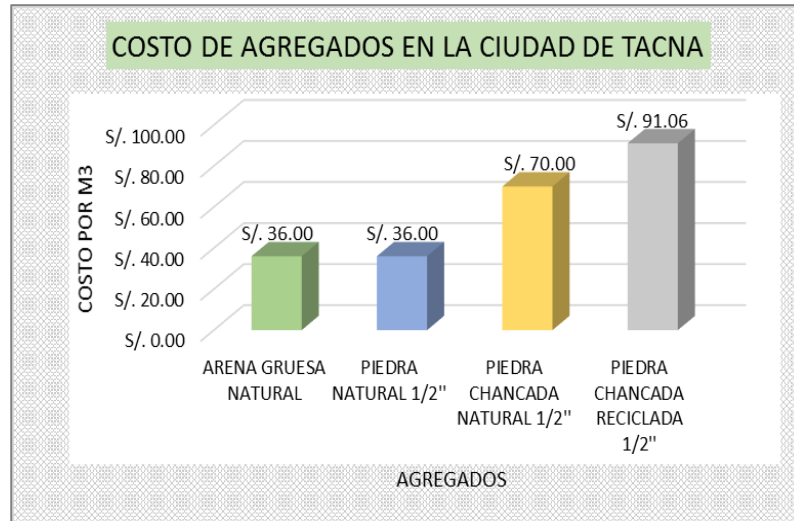
Fuente: Elaboración propia

Tabla N°55: Análisis de precios unitarios

COSTO DE PRODUCCION DE AGREGADOS RECICLADOS/m3					S/. 91.06
TRANSPORTE DE RCD's		R = 240 m3/ Dia	Costo unitario directo por: M3		5.02
Descripcion insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Personal					
Operario	HH	1.00	0.0333	10.63	0.35
					0.35
Equipos					
voquete 6x4 de 10 m3	HM	1.00	0.0333	140	4.67
					4.67
CHANCADO PRIMARIO DE RCD's		R= 60 m3/Dia	Costo unitario directo por: M3		15.31
Descripcion insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Personal					
Operario	HH	2.00	0.1333	11.88	3.17
Peon	HH	2.00	0.1333	9.60	2.56
Capataz	HH	1.00	0.1333	14.26	1.90
					7.63
Materiales					
Petroleo	GLN		0.0500	9.52	0.48
					0.48
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		5.0000	3.9	0.20
Compresora neumatica 180HP 36 PC	HM	0.50	0.1333	105.2	7.01
Martillo neumatico de 30kg	HM	2.00	0.1333	30	
					7.21
CHANCADO SECUNDARIO DE RCD's		R= 120 m3/Dia	Costo unitario directo por: M3		30.68
Descripcion insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Personal					
Operario	HH	1.00	0.0667	11.88	0.79
Peon	HH	1.00	0.0667	9.60	0.64
Capataz	HH	1.00	0.0667	14.26	0.95
					2.38
Equipos					
herramientas manuales	%MO		5.0000	2.32	0.12
cargador frontal	HM	1.00	0.0667	119.54	7.97
Chancadora	HM	1.00	0.0667	194.07	12.94
Grupo electrogeno	HM	1.00	0.0667	108.93	7.27
					28.30
TRANSPORTE DE AG. RECICLADOS		R=240 m3/Dia	Costo unitario directo por: M3		5.35
Descripcion insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Personal					
Operario	HH	1.00	0.0333	10.63	0.35
					0.35
Equipos					
voquete 6x4 de 15 m3	HM	1.00	0.0333	150	5.00
					5.00

Fuente: Elaboración propia

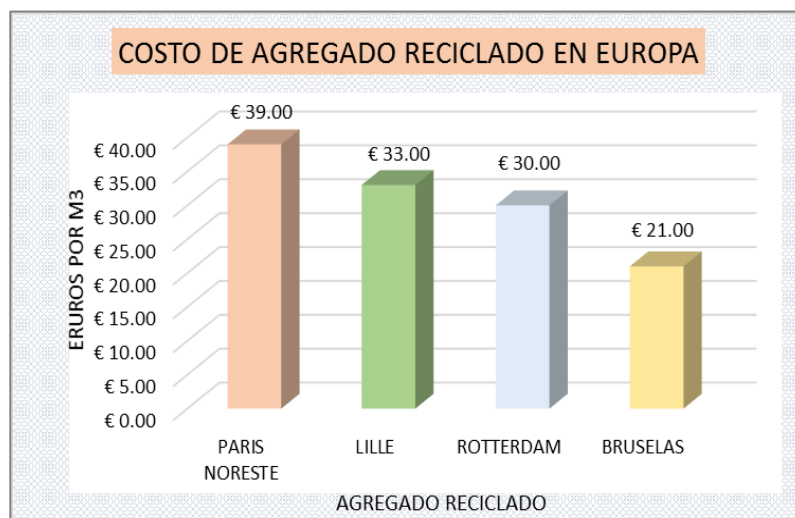
Grafico N°28: Costo de agregados en la ciudad de Tacna



Fuente: Elaboración propia

El agregado grueso reciclado en nuestra ciudad tiene un costo elevado si lo comparamos con los agregados que se venden en nuestra ciudad.

Grafico N°29: Costo de agregados en la ciudad de Europa



Fuente: Elaboración propia

El agregado grueso reciclado en nuestra ciudad tiene un costo bajo si lo comparamos con los agregados que se venden en ciudades de países europeos.

3.15. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE CONCRETO

El costo de producción de concreto será determinado de acuerdo a los diseños de mezcla; el precio del cemento, agregado reciclado, agregado natural, arena y aditivo será el mismo para en cada diseño, lo que variara son las proporciones de cada una de ellas usadas para la preparación de este nuevo concreto.

DISEÑOS DE 175 kg/cm²

- **D-01**

Diseño de mezcla con agregado natural, resistencia a la compresión de 175 kg/cm², asentamiento plástico con aditivo.

Tabla N°56: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	6.47	21.50	139.12
Agua	m ³	0.20	1.40	0.28
Arena	m ³	0.34	36.00	12.40
Piedra natural	m ³	0.36	70.00	25.10
Aditivo	lt	1.38	8.75	12.03
TOTAL				S/. 188.93

Fuente: Elaboración propia

- **D-02**

Diseño de mezcla con 20% de sustitución de agregado, resistencia a la compresión de 175 kg/cm², asentamiento plástico con aditivo.

Tabla N°57: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	6.53	21.50	140.38
Agua	m ³	0.21	1.40	0.29
Arena	m ³	0.35	36.00	12.64
Piedra reciclada	m ³	0.07	91.06	6.63
Piedra natural	m ³	0.28	70.00	19.26
Aditivo	lt	1.38	8.75	12.03
TOTAL				S/. 191.24

Fuente: Elaboración propia

- **D-03**

Diseño de mezcla con 50% de sustitución de agregado reciclado, resistencia a la compresión de 175 kg/cm², asentamiento plástico con aditivo.

Tabla N°58: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	6.59	21.50	141.65
Agua	m ³	0.22	1.40	0.31
Arena	m ³	0.37	36.00	13.26
Piedra reciclada	m ³	0.17	91.06	15.27
Piedra natural	m ³	0.16	70.00	11.08
Aditivo	lt	1.38	8.75	12.03
TOTAL				S/. 193.59

Fuente: Elaboración propia

- **D-04**

Diseño de mezcla con 100% de sustitución de agregado, resistencia a la compresión de 175 kg/cm², asentamiento plástico con aditivo.

Tabla N°59: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	6.66	21.50	143.16
Agua	m ³	0.23	1.40	0.33
Arena	m ³	0.39	36.00	13.87
Piedra reciclada	m ³	0.30	91.06	27.52
Aditivo	lt	1.38	8.75	12.03
TOTAL				S/. 196.92

Fuente: Elaboración propia

DISEÑOS DE 210 kg/cm²

- **DT-01**

Diseño de mezcla con agregado natural, resistencia a la compresión de 210 kg/cm², asentamiento seco con aditivo.

Tabla N°60: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	6.24	21.50	134.06
Agua	m ³	0.19	1.40	0.26
Arena	m ³	0.35	36.00	12.54
Piedra natural	m ³	0.38	70.00	26.41
Aditivo	lt	1.33	8.75	11.64
TOTAL				S/. 184.90

Fuente: Elaboración propia

- **DT-03**

Diseño de mezcla con 20% de agregado reciclado proveniente de demoliciones y 80% de agregado natural, resistencia a la compresión de 210 kg/cm², asentamiento fluido sin aditivo.

Tabla N°61: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	7.06	21.50	151.76
Agua	m ³	0.23	1.40	0.32
Arena	m ³	0.34	36.00	12.15
Piedra reciclada	m ³	0.07	91.06	6.65
Piedra natural	m ³	0.26	70.00	18.51
Aditivo	lt	0.00	8.75	0.00
TOTAL				S/. 189.39

Fuente: Elaboración propia

- **DT-05**

Diseño con 50% de agregado reciclado proveniente de demoliciones y, f'c de 210 kg/cm², asentamiento plástico con aditivo.

Tabla N°62: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	6.35	21.50	136.59
Agua	m ³	0.20	1.40	0.28
Arena	m ³	0.39	36.00	14.01
Piedra reciclada	m ³	0.16	91.06	14.50
Piedra natural	m ³	0.16	70.00	11.15
Aditivo	lt	2.70	8.75	23.63
TOTAL				S/. 200.15

Fuente: Elaboración propia

- **DT-07**

Diseño con 100% de agregado proveniente de demoliciones, resistencia a la compresión de 210 kg/cm², asentamiento plástico sin aditivo.

Tabla N°63: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	6.47	21.50	139.12
Agua	m ³	0.21	1.40	0.29
Arena	m ³	0.39	36.00	13.91
Piedra reciclada	m ³	0.32	91.06	28.82
Aditivo	lt	0.00	8.75	0.00
TOTAL				S/. 182.13

Fuente: Elaboración propia

- **DT-09**

Diseño de mezcla con agregado natural, resistencia a la compresión de 210 kg/cm², asentamiento plástico sin aditivo.

Tabla N°64: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	6.59	21.50	141.65
Agua	m ³	0.21	1.40	0.29
Arena	m ³	0.34	36.00	12.38
Piedra natural	m ³	0.36	70.00	25.05
Aditivo	lt	0.00	8.75	0.00
TOTAL				S/. 179.36

Fuente: Elaboración propia

- **DT-11**

Diseño con 20% de agregado reciclado proveniente de residuos de construcción, f'c de 210 kg/cm², asentamiento plástico con aditivo.

Tabla N°65: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	6.24	21.50	134.06
Agua	m ³	0.19	1.40	0.27
Arena	m ³	0.36	36.00	12.97
Piedra reciclada	m ³	0.08	91.06	7.04
Piedra natural	m ³	0.28	70.00	19.81
Aditivo	lt	1.33	8.75	11.64
TOTAL				S/. 185.78

Fuente: Elaboración propia

- **DT-13**

Diseño con 50% de agregado reciclado proveniente de residuos de construcción, f'c de 210 kg/cm², asentamiento seco sin aditivo.

Tabla N°66: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	6.35	21.50	136.59
Agua	m ³	0.21	1.40	0.29
Arena	m ³	0.39	36.00	13.86
Piedra reciclada	m ³	0.16	91.06	14.50
Piedra natural	m ³	0.16	70.00	11.15
Aditivo	lt	0.00	8.75	0.00
TOTAL				S/. 176.39

Fuente: Elaboración propia

- **DT-15**

Diseño con 100% de agregado reciclado proveniente de residuos de construcción, f'c de 210 kg/cm², asentamiento fluido con aditivo.

Tabla N°67: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	6.47	21.50	139.12
Agua	m ³	0.21	1.40	0.29
Arena	m ³	0.39	36.00	13.88
Piedra reciclada	m ³	0.35	91.06	32.30
Aditivo	lt	2.75	8.75	24.06
TOTAL				S/. 209.65

Fuente: Elaboración propia

DISEÑOS DE 280 kg/cm²

- **DT-02**

Diseño de mezcla con agregado natural, f'c de 280 kg/cm², asentamiento plástico sin aditivo.

Tabla N°68: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	7.65	21.50	164.41
Agua	m ³	0.21	1.40	0.29
Arena	m ³	0.33	36.00	12.02
Piedra natural	m ³	0.35	70.00	24.34
Aditivo	lt	0.00	8.75	0.00
TOTAL				S/. 201.07

Fuente: Elaboración propia

- **DT-04**

Diseño con 20% de agregado reciclado proveniente de demoliciones y 80% de agregado natural, f'c de 280 kg/cm², asentamiento plástico con aditivo.

Tabla N°69: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	6.82	21.50	146.71
Agua	m ³	0.19	1.40	0.26
Arena	m ³	0.36	36.00	12.89
Piedra reciclada	m ³	0.07	91.06	6.65
Piedra natural	m ³	0.28	70.00	19.64
Aditivo	lt	2.90	8.75	25.38
TOTAL				S/. 211.51

Fuente: Elaboración propia

- **DT-06**

Diseño con 50% de agregado reciclado proveniente de demoliciones y 50% de agregado natural, f'c de 280 kg/cm², asentamiento fluido sin aditivo.

Tabla N°70: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	7.88	21.50	169.47
Agua	m ³	0.22	1.40	0.30
Arena	m ³	0.35	36.00	12.73
Piedra reciclada	m ³	0.17	91.06	15.28
Piedra natural	m ³	0.15	70.00	10.64
Aditivo	lt	0.00	8.75	0.00
TOTAL				S/. 208.42

Fuente: Elaboración propia

- **DT-08**

Diseño con 100% de agregado reciclado proveniente de demoliciones, f'c de 280 kg/cm², asentamiento seco con aditivo.

Tabla N°71: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	6.59	21.50	141.65
Agua	m ³	0.18	1.40	0.25
Arena	m ³	0.40	36.00	14.33
Piedra reciclada	m ³	0.33	91.06	29.67
Aditivo	lt	4.48	8.75	39.20
TOTAL				S/. 225.10

Fuente: Elaboración propia

- **DT-10**

Diseño de mezcla con agregado natural, resistencia a la compresión de 280 kg/cm², asentamiento fluido con aditivo.

Tabla N°72: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	7.41	21.50	159.35
Agua	m ³	0.21	1.40	0.29
Arena	m ³	0.34	36.00	12.10
Piedra natural	m ³	0.35	70.00	24.49
Aditivo	lt	4.73	8.75	41.39
TOTAL				S/. 237.62

Fuente: Elaboración propia

- **DT-12**

Diseño con 20% de agregado reciclado proveniente de residuos de construcción, f'c de 280 kg/cm², asentamiento seco sin aditivo.

Tabla N°73: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	6.82	21.50	146.71
Agua	m ³	0.19	1.40	0.26
Arena	m ³	0.38	36.00	13.58
Piedra reciclada	m ³	0.07	91.06	6.67
Piedra natural	m ³	0.27	70.00	18.76
Aditivo	lt	0.00	8.75	0.00
TOTAL				S/. 185.97

Fuente: Elaboración propia

- **DT-14**

Diseño de mezcla con 50% de agregado reciclado proveniente de residuos de construcción, f'c de 280 kg/cm², asentamiento plástico con aditivo.

Tabla N°74: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	6.94	21.50	149.24
Agua	m ³	0.19	1.40	0.27
Arena	m ³	0.37	36.00	13.40
Piedra reciclada	m ³	0.18	91.06	16.02
Piedra natural	m ³	0.16	70.00	11.27
Aditivo	lt	2.95	8.75	25.81
TOTAL				S/. 216.00

Fuente: Elaboración propia

- **DT-16**

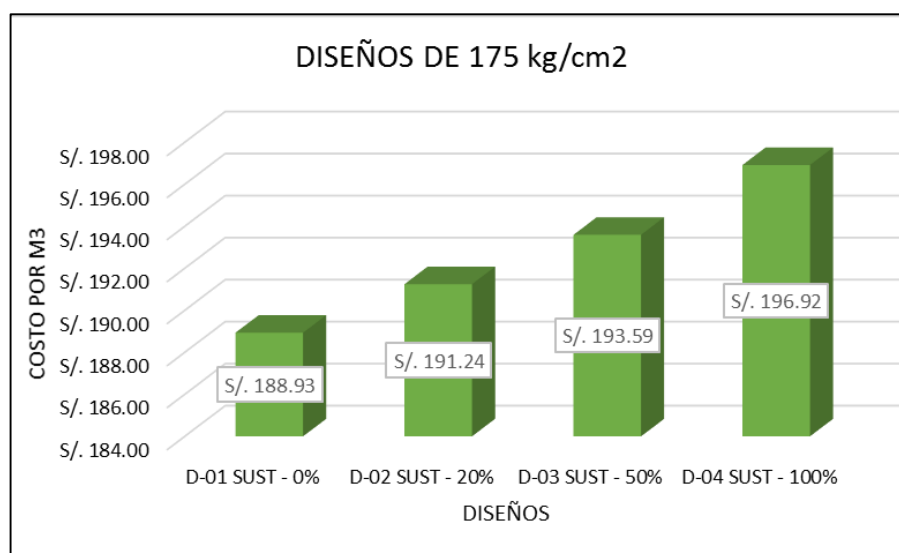
Diseño con 100% de agregado reciclado proveniente de residuos de construcción, f'c de 280 kg/cm², asentamiento seco sin aditivo.

Tabla N°75: Costo por m³ de concreto

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	bls.	6.59	21.50	141.65
Agua	m ³	0.20	1.40	0.28
Arena	m ³	0.39	36.00	13.99
Piedra reciclada	m ³	0.32	91.06	28.96
Aditivo	lt	0.00	8.75	0.00
TOTAL				S/. 184.88

Fuente: *Elaboración propia*

Grafico N°30: Resumen de costos para f'c = 175 kg/cm²



Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N°76: Resumen de costos para diseños de 210 kg/cm²

DESCRIPCION	DISEÑO DE 210 kg/cm ²	COSTO
FAZ-0%-210-SECO-CA	DT-1	S/. 184.90
FAZ-20%-210-FLUI-SA	DT-3	S/. 189.39
FAZ-50%-210-PLAST-CA	DT-5	S/. 200.15
FAZ-100%-210-PLAST-SA	DT-7	S/. 182.13
SUP-0%-210-PLAST-SA	DT-9	S/. 179.36
SUP-20%-210-PLAST-CA	DT-11	S/. 185.78
SUP-50%-210-SECO-SA	DT-13	S/. 176.39
SUP-100%-210-FLUI-CA	DT-15	S/. 209.65

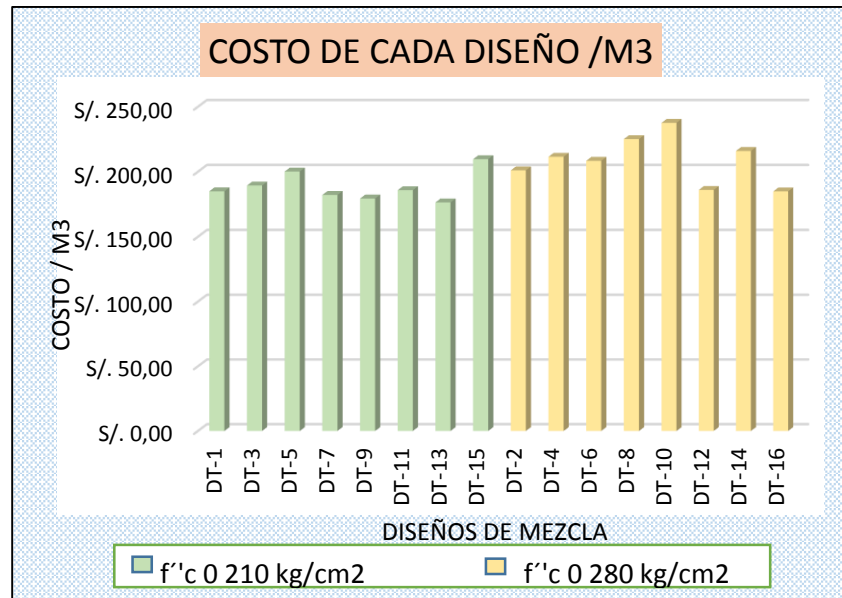
Fuente: Elaboración propia

Tabla N°77: Resumen de costos para diseños de 280 kg/cm²

DESCRIPCION	DISEÑO DE 280 kg/cm ²	COSTO
FAZ-0%-280-PLAST-SA	DT-2	S/. 201.07
FAZ-20%-280-PLAST-CA	DT-4	S/. 211.51
FAZ-50%-280-FLUI-SA	DT-6	S/. 208.42
FAZ-100%-280-SECO-CA	DT-8	S/. 225.10
SUP-0%-280-FLUI-CA	DT-10	S/. 237.62
SUP-20%-280-SECO-SA	DT-12	S/. 185.97
SUP-50%-280-PLAST-CA	DT-14	S/. 216.00
SUP-100%-280-SECO-SA	DT-16	S/. 184.88

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°31: Comparación de costos de diseños de mezcla



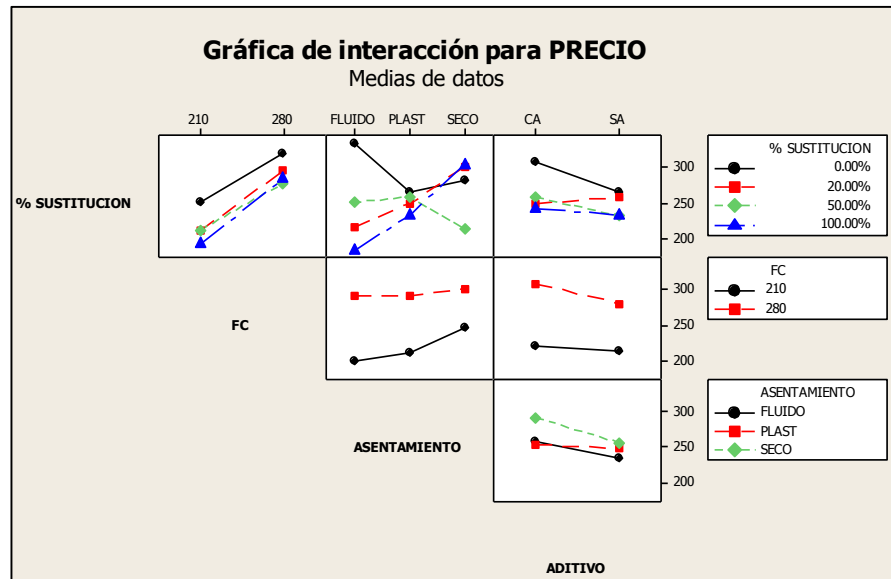
Fuente: *Elaboración propia*

3.16. ANALISIS DE COSTOS DE DISEÑOS DE MEZCLA

- ✘ Los diseños con % de sustitución de 0.00% tienen mayor costos que los diseños de 20%, 50% y 100%.
- ✘ Los diseños con porcentajes de sustitución de 20%,50% y 100% tienen costos similares.
- ✘ El menor costo se logra con un porcentaje de sustitución del 100%.
- ✘ Los concretos para un $f'c=210$ kg/cm² tienen menor costo que los de $f'c=280$ kg/cm².

- Los diseños con aditivos incrementan el costo de producción del concreto.

Gráfico N°32: Análisis de costos



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE UNA VIVIENDA DE CONCRETO CONVENCIONAL Y RECICLADO

4.1. DESCRIPCIÓN

4.1.1. UBICACIÓN

La ubicación de la siguiente Vivienda Unifamiliar se encuentra ubicado en la Av. Bolognesi s/n, Lote 9, Sector Pago Collana, ubicado en el distrito, provincia y departamento de Tacna.

4.1.2. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

SUPERFICIE

El área del terreno es de 131,81 m²

PERÍMETRO

Perímetro total del terreno es de 49,22 m

LINDEROS

Por el frente : Con el Pasaje Vásquez; en línea recta de 8,00 m

Por la derecha : Con Lote 10; en línea recta de 17,01 m

Por la izquierda : Con Lote 08; en línea recta de 16,21 m

Por el fondo : Con la Urbanización Pescaserolli; en línea recta de
8,00 m

CUADRO DE ÁREAS

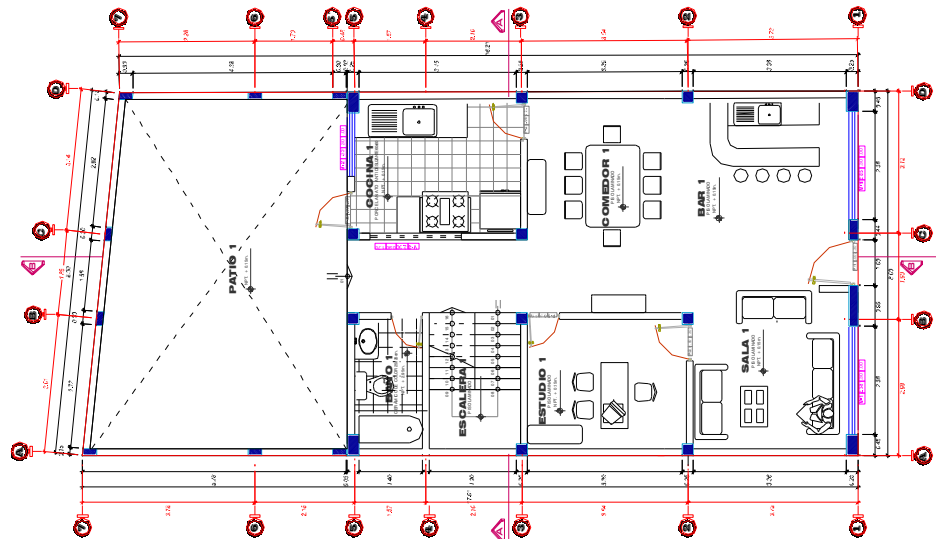
Tabla N°78: Cuadro de áreas

DESCRIPCIÓN	ÁREA INSCRITA	ÁREA TECHADA	ÁREA LIBRE
PRIMER NIVEL	132,54 m ²	89,45 m ²	43,09 m ²
SEGUNDO NIVEL	132,54 m ²	89,45 m ²	43,09 m ²
AZOTEA	132,54 m ²	89,34 m ²	43,09 m ²

Fuente: Elaboración propia

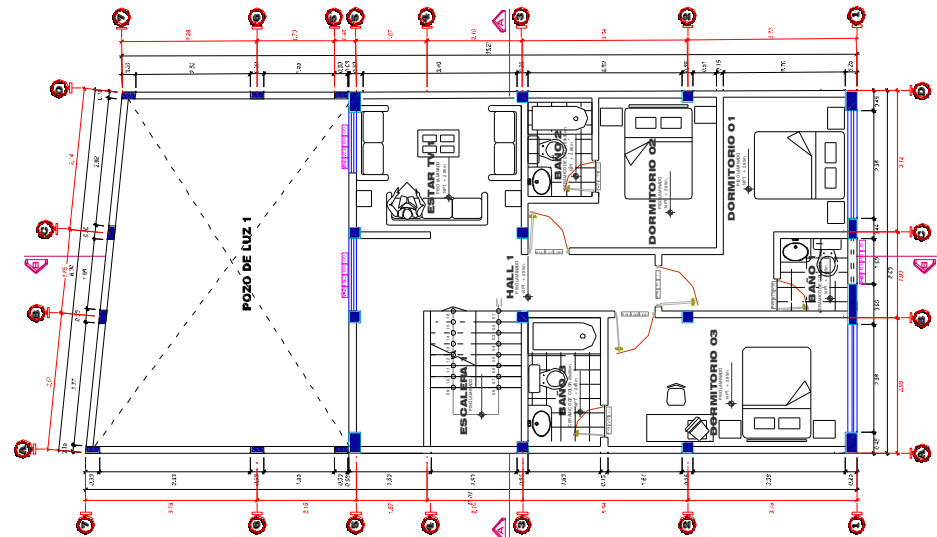
4.2. DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA

Gráfico N°33: Primer nivel



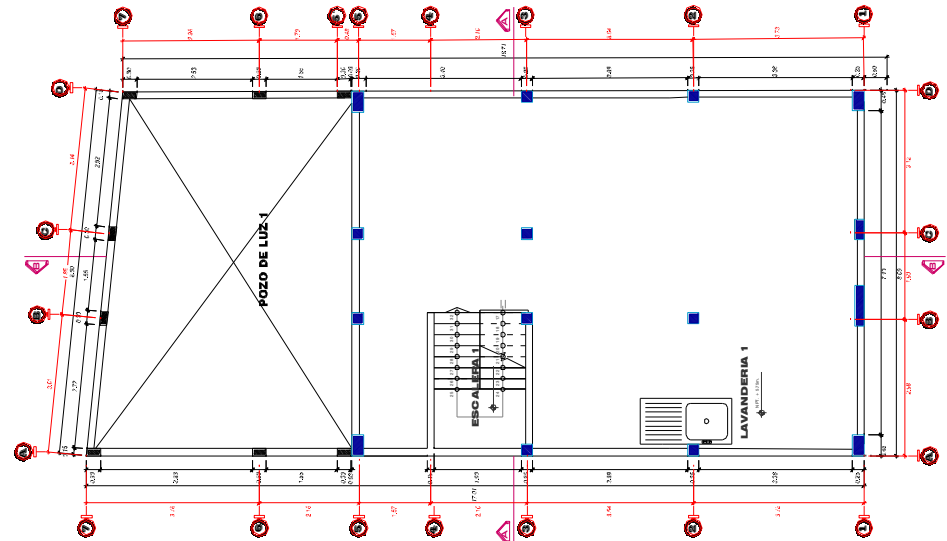
Fuente: Elaboración propia (ver anexo 04)

Gráfico N°34: Segundo nivel



Fuente: Elaboración propia (ver anexo 04)

Gráfico N°35: Azotea



Fuente: Elaboración propia (ver anexo 04)

4.2.1. CUADRO DE ÁREAS POR AMBIENTE

Tabla N°79: cuadro de áreas

NIVEL	AMBIENTE	ÁREA
1 er	Sala, comedor y bar	47,64 m ²
	Cocina	10,60 m ²
	Estudio	7,99 m ²
	Patio	47,88 m ²
2 do	Hall y Estar TV	17,51 m ²
	Dormitorio 1	12,66 m ²
	Dormitorio 2	10,00 m ²
	Dormitorio 3	15,77 m ²
	Baño 1	3,43 m ²
	Baño 2	3,02 m ²
	Baño 3	4,47 m ²

Fuente: Elaboración propia (ver anexo 04)

4.3. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR CON CONCRETO CONVENCIONAL

4.3.1. MEMORIA DE CÁLCULO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR CON CONCRETO CONVENCIONAL

GENERALIDADES:

El presente análisis y diseño se realiza para modelar una vivienda unifamiliar con concreto convencional, el cual comprende realizar el análisis y diseño de infraestructura de la vivienda modelando tridimensionalmente mediante el uso de software ETAB V.2013. y haciendo uso de las propiedades halladas del concreto estudiado en los anteriores capítulos.

REGLAMENTOS Y NORMAS DE DISEÑOS

Las normas utilizadas para el análisis y diseño son las siguientes:

- NORMA E - 020 - CARGAS
- NORMA E - 050 - SUELOS Y CIMENTACIÓN
- NORMA E - 060 - CONCRETO ARMADO
- NORMA E - 030 - DISEÑO SISMO RESISTENTE
- NORMA E - 070 - ALBAÑILERÍA

Los estándares utilizados:

ACI-318-11

ESTRUCTURACIÓN

La vivienda está conformada por 02 niveles, el sistema estructural analizado es a base de pórticos y albañilería lo que corresponde a un sistema dual, en la dirección "x" Aporticado, en la dirección "y" Dual (Pórticos y Muros de Albañilería).

Se ha empleado columnas cuadradas y placas en la dirección "x", con losas aligeradas, para la cimentación se tienen zapatas aisladas y una zapata combinada, corrimientos corridos de concreto ciclópeo, finalmente en forma conjunta soportarán las cargas laterales del sismo. Todas estas cargas serán transmitidas al suelo de cimentación.

COMBINACIONES DE ESFUERZOS PARA LA ESTRUCTURA

Para el análisis estructural de la vivienda unifamiliar con concreto convencional se hará un modelamiento tridimensional y se someterá a las siguientes combinaciones de cargas:

$$C1=1,4 \text{ CM}+1,7 \text{ CV}$$

$$C2= 1,24 (\text{CM}+\text{CV}+-\text{CS})$$

$$C3= 0,90 \text{ CM } +- 1,24 \text{ CS}$$

Donde:

CM: Carga Muerta

CV: Carga Viva

CS: Carga por sismo

Con estos juegos de cargas se ha realizado las combinaciones para cada uno de los elementos para determinar sus esfuerzos y verificar la resistencia de las mismas.

ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO-DINÁMICO

El análisis sísmico estático y dinámico en este trabajo está basado en el análisis de modal espectral considerado en la norma E-030-2 006, considerando un todos los entrepisos como una masa concentrada en el centro de masa y las columnas como elementos de rigidez.

CARGAS ACTUANTES

Cargas Permanentes

Peso Propio de Elementos de Concreto Armado: 2 400 kg/m³

Peso de Acabados y Tabiquerí: 200 kg/m²

Cargas Vivas

Sobrecarga: 200kg/m²

ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO

MATERIALES:

Resistencia a la Compresión del Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Límite de Fluencia del Acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Elasticidad del Concreto $E_c = 11\,800 \sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Elasticidad del Acero $E_s = 2 \cdot E + 6.00 \text{ kg/cm}^2$

Radio de poisson $u = 0,30$

CONCRETO:

Cimientos Corridos: C:H 1:10 +30% P.G. 6" MAX

Sobre cimientos: C:H 1:8 +25% P.M. 3" MAX

Solado Zapatas: C:H 1:12

Columnas:	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Vigas:	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Losa aligerada:	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Zapatas:	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Albañilería:	$f'm = 65 \text{ kg/cm}^2$

RECUBRIMIENTOS:

Zapatas:	7,5 cm
Columnas y vigas:	4,0 cm
Vigas chatas y losas:	2,5 cm
Columnas de Amarre:	2,5 cm

SUELO:

Capacidad Portante:	$\sigma_t = 2,00 \text{ kg/cm}^2$
Profundidad de desplante	1,5 m.

Tipo de Suelo: Grava Mal Graduada con limos (GP GM)

SISMICIDAD:

Espectro de respuestas de aceleración de acuerdo a la N.T.E.-030.

PARAMETROS SÍSMICOS:

Factor de Uso de la Zona: Tacna	$Z = 0,4$
---------------------------------	-----------

Factor de Uso: Categoría C	U=1,00
Factor de Suelo: Tipo II	S=1,20
Periodo de vibración del suelo	Tp=0,60 s
Coeficiente Sísmico	C=2,5
Factor de Reducción "x"	Rd=8
Factor de Reducción "y"	Rd=7
Aceleración de la Gravedad	g=9,81 kg/cm ²

DESPLAZAMIENTOS DE ENTREPISO

Desplazamiento en Eje x-x <0,007

Desplazamiento en Eje y-y <0,005

4.3.2. PRE-DIMENCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

➤ LOSA ALIGERADA

$$e = \frac{L}{25}$$



$$L = 4 \text{ m}$$

$$e = 0,16\text{m} \quad \text{por razones constructivas } e = 0,17 \text{ m}$$

➤ VIGAS

$$h = \frac{Ln}{n} \quad b = \frac{B}{20}$$

Ln: Luz libre de viga

B: Ancho tributario en el sentido b

b: Ancho de viga (Anch min 0,25)(b=0,3 @ 0,5 de h)

h: Peralte de Viga

Tabla N°80: Dimensiones de Vigas

VIGAS	ANCHO (m)	PERALTE (m)	AREA (m2)
VP-101	0,25	0,4	0,100
VP-102	0,25	0,3	0,075
VP-201	0,25	0,35	0,088
VP-202	0,25	0,25	0,063
VS-101	0,25	0,3	0,075
VS-102	0,25	0,25	0,063
VS-201	0,25	0,25	0,063
VS-202	0,25	0,25	0,063

Fuente: Elaboración propia

➤ COLUMNAS

$$bD = \frac{P}{n * f'c}$$

D: Dimensión de la sección en la dirección sísmica

d: La otra dimensión de la columna

P: Carga total que soporta la columna

n: Valor que depende del tipo de columna

Tabla N°81: Dimensionamiento de columnas

Col Inter	P=1.1 Pg	n=.30
Col Inter	P=1.1 Pg	n=.25
Col Exter	P=1.25 Pg	n=.25
Col Esq	P=1.50 Pg	n=.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°81: Dimensiones de Columnas

COLUMNAS	ANCHO (m)	PERALTE (m)	AREA (m2)
C-1	0,25	0,25	0,063
C-2	0,25	0,25	0,063
C-3	0,25	0,45	0,113
P-1	0,2	0,9	0,180
P-2	0,2	0,45	0,090

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. METRADO DE CARGAS

PRIMER NIVEL

Tabla N°82: Metrado de cargas

Carga Muerta						
Elemento	Area	Long	p.e.	Cant		Peso Kg
Viga (VP-101)	(0,10) m2	(30,04)	(2400)	(1)	=	7 210 Kg
Viga (VS-101)	(0,08) m2	(21,65)	(2400)	(1)	=	3 897 Kg
Viga (VS-102)	(0,06) m2	(4,23)	(2400)	(1)	=	635 Kg
Viga (VCH)	(0,05) m2	(1,60)	(2400)	(1)	=	192 Kg
Columna (C-1)	(0,06) m2	(2,95)	(2400)	(2)	=	885 Kg
Columna (C-2)	(0,06) m2	(2,95)	(2400)	(7)	=	3 098 Kg
Placa (P-01)	(0,11) m2	(2,95)	(2400)	(4)	=	3 186 Kg
Placa (P-02)	(0,18) m2	(2,95)	(2400)	(1)	=	1 274 Kg
Placa (P-03)	(0,09) m2	(2,95)	(2400)	(1)	=	623 Kg
Losa Aligerada	(75,06) m2		(280)	(1)	=	21 017 Kg
Tabiqueria	(75,06) m2		(100)	(1)	=	7 506 Kg
Acabados	(75,06) m2		(100)	(1)	=	7 506 Kg
Σ Total CM					=	57 028 Kg
Carga Viva						
Elemento	Area	p.u. Kg/m2				Peso Kg
Sobre/Carga	(89,44) m2	(200)	(0,50)		=	8 944 Kg
Σ Total CV					=	8 944 Kg
Wtotal 1º N CM+ CV					W t 1 =	65 972 kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°83: Metrado de cargas Segundo Nivel

Carga Muerta						
Elemento	Area	Long	p.e.	Cant	=	Peso Kg
Viga (VP-201)	(0,09) m2	(30,04)	(2400)	(1)	=	6 308 Kg
Viga (VS-201)	(0,06) m2	(21,65)	(2400)	(1)	=	3 248 Kg
Viga (VS-202)	(0,06) m2	(4,23)	(2400)	(1)	=	635 Kg
Viga (VCH)	(0,05) m2	(1,60)	(2400)	(1)	=	192 Kg
Columna (C-1)	(0,06) m2	(2,80)	(2400)	(2)	=	840 Kg
Columna (C-2)	(0,06) m2	(2,80)	(2400)	(7)	=	2 940 Kg
Placa (P-01)	(0,11) m2	(2,80)	(2400)	(4)	=	3 024 Kg
Placa (P-02)	(0,00) m2	(2,80)	(2400)	(1)	=	0 Kg
Placa (P-03)	(0,18) m2	(2,80)	(2400)	(1)	=	1 210 Kg
Losa Aligerada	(75,06) m2		(280)	(1)	=	21 017 Kg
Tabiqueria	(75,06) m2		(100)	(1)	=	7 506 Kg
Acabados	(75,06) m2		(100)	(1)	=	7 506 Kg
Σ Total CM					=	54 425 Kg
Carga Viva						
Elemento	Area	p.u. Kg/m2			=	Peso Kg
Sobre/Carga	(89,44)	(200)	(0,50)		=	8 944 Kg
Σ Total CV					=	8 944 Kg
Wtotal 2° N CM + CV					W t =	63 369 kg

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO

ESPECTRO DE DISEÑO SISMICO (N.T.E -030)

PARÁMETROS SISMORRESISTENTES DIRECCION X-X

Tabla N°84: Parámetros sísmicos dirección x-x

CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN ESPECTRAL	PARAMETROS
FACTOR DE ZONA	Z = 0,4
FACTOR DE USO DE IMPORTANCIA	U = 1,0
FACTOR DE SUELO	S = 1,2
PERIODO DE VIBRACIÓN DEL SUELO (Seg)	Tp = 0,6
COEFICIENTE SÍSMICO	C = 2,5
FACTOR DE REDUCCIÓN	R = 8
ACELARACIÓN DE LA GRAVEDAD	g = 9,81

Fuente: Elaboración propia

- Periodo fundamental de la estructura

$$T = \frac{h_n}{C_T} = \frac{5,60}{35} = 0,16$$

h_n = altura total de la edificación

C_T = periodo fundamental, elemento pórtico

- Coeficiente de ampliación sísmica

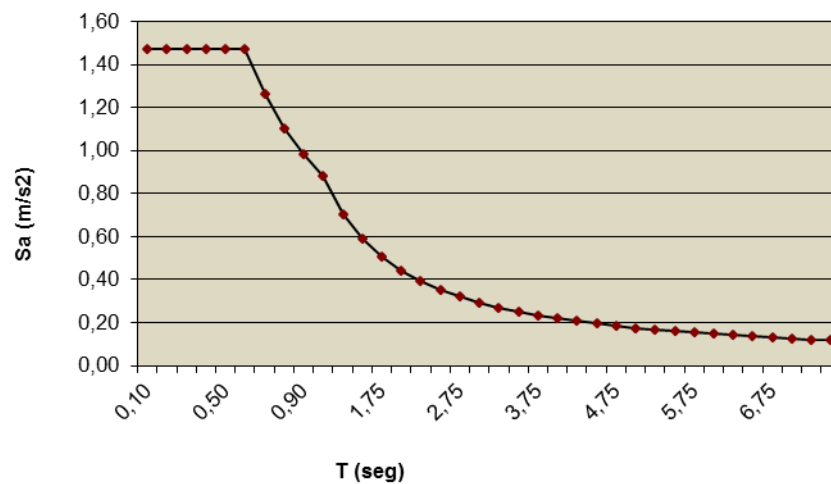
$$C = 2,5x\left(\frac{T_p}{T}\right) ; C \leq 2,5$$

- Aceleración espectral

$$S_a = \frac{ZUSC}{R_x} * g$$

Gráfico N°35: Espectro de Aceleraciones dirección x-x

ESPECTRO DE ACELERACIONES



Fuente: Elaboración propia

ESPECTRO DE DISEÑO SÍSMICO (N.T.E -030)

PARÁMETROS SISMORRESISTENTES DIRECCION Y-Y

Tabla N°85: Parámetros sísmicos dirección y-y

CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN ESPECTRAL	PARAMETROS SISM
FACTOR DE ZONA	Z = 0,4
FACTOR DE USO DE IMPORTANCIA	U = 1,0
FACTOR DE SUELO	S = 1,2
PERIODO DE VIBRACIÓN DEL SUELO (Seg)	Tp = 0,6
COEFICIENTE SÍSMICO	C = 2,5
FACTOR DE REDUCCIÓN	R = 7
ACELARACIÓN DE LA GRAVEDAD	g = 9,81

Fuente: Elaboración propia

- Periodo fundamental de la estructura

$$T = \frac{h_n}{C} = \frac{5,60}{35} = 0,16$$

h_n = altura total de la edificación

C_T = periodo fundamental, elemento pórtico

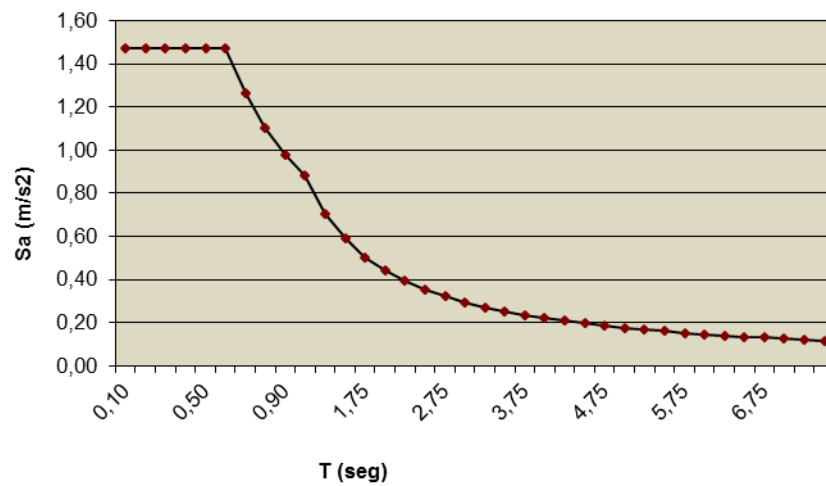
- Coeficiente de ampliación sísmica

$$C = 2,5 \times \left(\frac{T_p}{T} \right); C \leq 2,5$$

- Aceleración espectral

$$S_a = \frac{ZUSC}{R_x} * g$$

Gráfico N°36: Espectro de Aceleraciones dirección x-x



Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS ESTÁTICO

A) PESO TOTAL

Peso 1er Nivel = 65.97 tn

Peso 2do Nivel = 63.37 tn

PESO TOTAL=129.34 tn

B) CÁLCULO DE FUERZAS SÍSMICAS

- CÁLCULO DE FUERZA CORTANTE BASAL:

Se determina por la siguiente expresión

$$V = Z_x U_x S_x \frac{C}{R} x P$$

- CÁLCULO DE COEFICIENTE C/R:

$$T = \frac{H_T}{C_T}$$

$$H_{total} = 5,75 \text{ m}$$

$$C_t = 35$$

$$T = 0,16 \text{ s}$$

$$C = 2.5x\left(\frac{T_p}{T}\right); C \leq 2.5$$

$$T_p = 0,60 \text{ Seg}$$

$$C = 2,50$$

$$R_x = 8$$

$$R_y = 7$$

$$C/R = 0,3571 \quad C/R > 0.1 \text{ OK}$$

- CÁLCULO DE CORTANTE BASAL EN EL SENTIDO X-X

$$Z = 0,40$$

$$U = 1,00$$

$$S = 1,20$$

$$V = ZxUxSx \frac{C}{R} xP$$

$$V_x = 22,17 \text{ tn}$$

- DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS SISMICAS

Si $T > 0,70$; $F_a = 0,07 T^*V \leq 0,15^*V$

Como $T < 0,70$ la distribución de fuerzas es:

Distribución de la fuerza cortante V

$$F_i = P_i \times h_i / S(P_i \times h_i) \times (V - F_a)$$

Tabla N°86: Distribución de fuerzas sísmicas

PISO	Pi	hi	Pi x hi	Fi
1er Nivel	65,97	2,95	194,62	7,72 tn
2do Nivel	63,37	5,75	364,37	14,45 tn
			558,99	22,17 tn

Fuente: Elaboración propia

- CÁLCULO DE CORTANTE BASAL EN EL SENTIDO Y-Y

$$V_y = 22.17 \text{ tn}$$

- DISTRIBUCION DE FUERZAS SISMICAS

$$\text{Si } T > 0,70 ; F_a = 0,07 T \cdot V \leq 0,15 \cdot V$$

Como $T < 0,70$ la distribución de fuerzas es:

Distribución de la fuerza cortante V

$$F_i = P_i \times h_i / \sum (P_i \times h_i) \times (V - F_a)$$

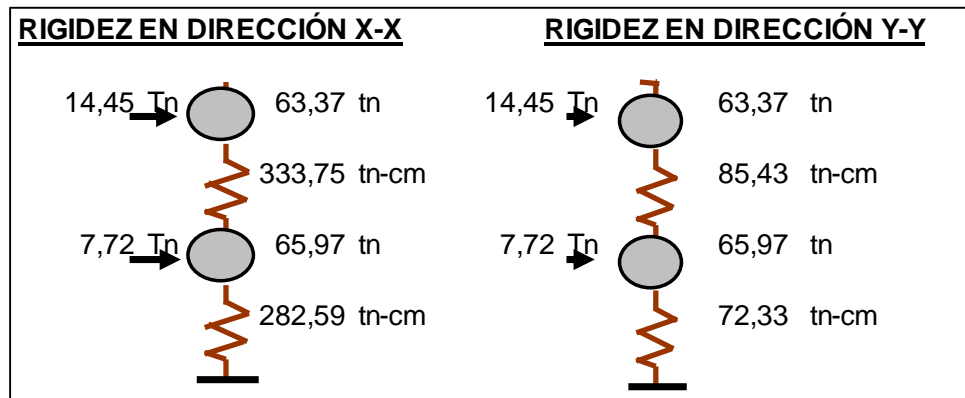
Tabla N°87: Distribución de fuerzas sísmicas

PISO	Pi	hi	Pi x hi	Fi (Tn)
1er Nivel	65,97	2,95	194,62	7,72 tn
2do Nivel	63,37	5,75	364,37	14,45 tn
			558,99	22,17 tn

Fuente: Elaboración propia

- CÁLCULO DE RIGIDECES

Gráfico N°37: Rigideces



Fuente: Elaboración propia

- DESPLAZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Tabla N°88: DIRECCIÓN X-X

# PISO	Fi (Tn)	Ki (Tn/cm)	Fi/Ki	Xi (cm)	Di Δ/H_i	D \leq 0,007
2	14,45	333,75	0,043	0,07	0,0003	OK
1	7,72	282,59	0,027	0,03	0,0001	OK

$$\Delta_{xx} = 0,42 \text{ cm}$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°89: DIRECCIÓN Y-Y

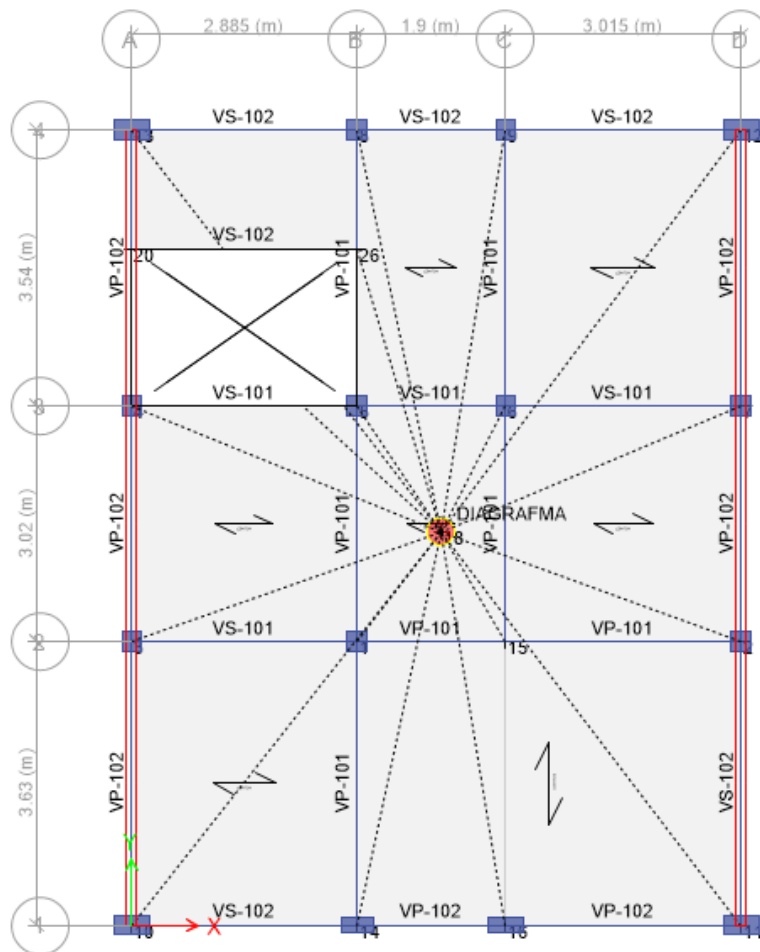
# PISO	Fi (Tn)	Ki (Tn/cm)	Fi/Ki	Xi (cm)	Di Δ/H_i	D \leq 0,007
2	14,45	85,43	0,169	0,28	0,0010	OK
1	7,72	72,33	0,107	0,11	0,0004	OK

$$\Delta_{yy} = 1,45 \text{ cm}$$

Fuente: Elaboración propia

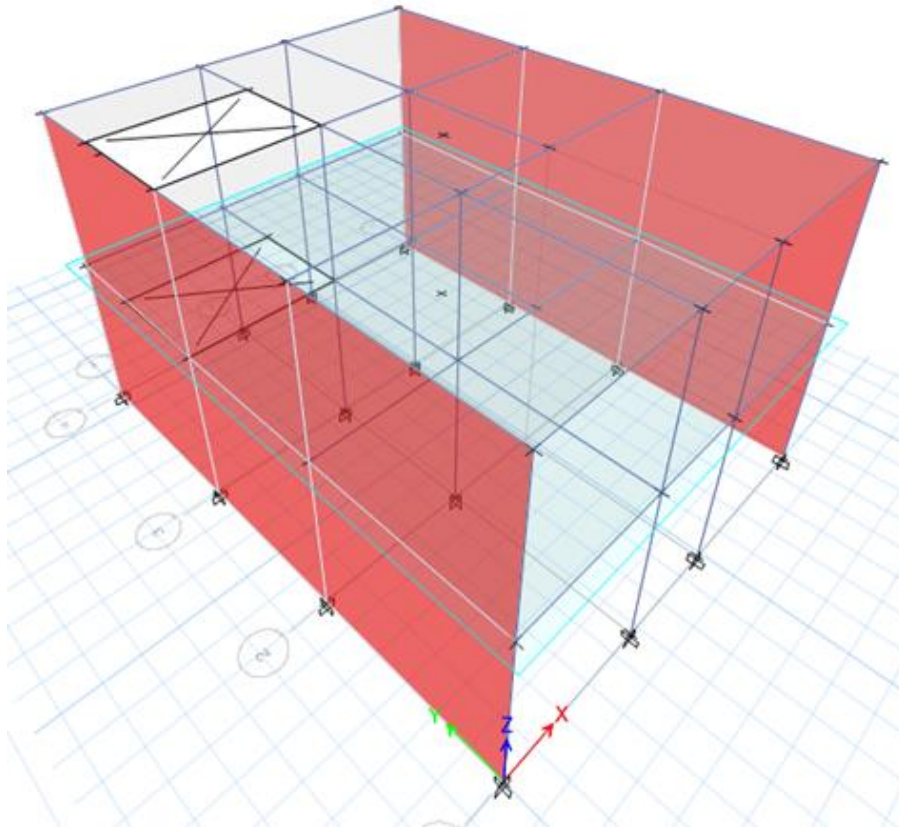
ANÁLISIS DINÁMICO

Gráfico N°38: CENTRO DE MASA



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°39: CENTRO DE MASA



Fuente: Elaboración propia

- DESPLAZAMIENTO DEL CENTRO DE MASA

Tabla N°90: DESPLAZAMIENTO C.M.DIRECCIÓN X-X

Δ Absoluto (cm)	$\Delta_{max} = 75\%R$ Xmax(cm)	Δ Relativos (cm)	Hi (cm) Altura de	Di (Distorsion)	D \leq 0,007	PISOS
0,506693	3,040157	1,601130	280	0,0057	OK	2do Piso
0,239838	1,439027	1,439027	295	0,0049	OK	1er Piso

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°91: DESPLAZAMIENTO C.M.DIRECCIÓN Y-Y

Δ Absoluto (cm)	$\Delta_{max} = 75\%R$ Xmax(cm)	Δ Relativos (cm)	Hi (cm) Altura de	Di (Distorsion)	D \leq 0,005	PISOS
0,021544	0,113105	0,042541	280	0,0002	OK	2do Piso
0,013441	0,070564	0,070564	295	0,0002	OK	1er Piso

Fuente: Elaboración propia

- **DESPLAZAMIENTO DEL ENTREPISO**

Tabla N°92: DESPLAZAMIENTO ENTREPISO DIRECCIÓN X-X

Dirección X-X

Δ Absoluto (mm)	$\Delta_{max} = 75\%R$ Xmax(mm)	D \leq 0,007	PISOS
0,000997	0,005982	OK	2do Piso
0,000830	0,004980	OK	1er Piso

Fuente: Elaboración propia

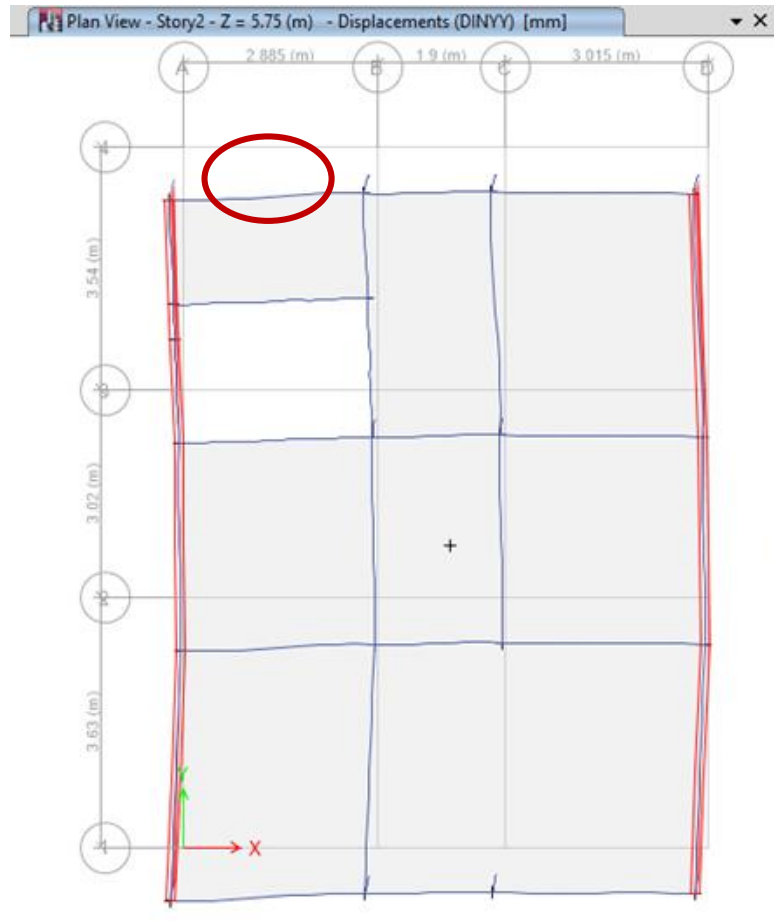
Tabla N°93: DESPLAZAMIENTO ENTREPISO DIRECCIÓN Y-Y

Dirección Y-Y

Δ Absoluto (mm)	$\Delta_{max} = 75\%R$ Xmax(mm)	D \leq 0,005	PISOS
0,000036	0,000216	OK	2do Piso
0,000055	0,000330	OK	1er Piso

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°40: DESPLAZAMIENTO DEL EXTREMO MAS CRÍTICO



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°94: DESPLAZAMIENTO PUNTO CRÍTICO

Dirección X-X

Δ Absoluto (cm)	$\Delta_{max} = 75\%R$ $X_{max}(cm)$	Δ Relativos (cm)	H_i (cm) Altura de	D_i (Distorsion)	$D \leq 0,007$	PISOS
0,514799	2,702697	1,417156	280	0,0051	OK	2do Piso
0,244865	1,285541	1,285541	295	0,0044	OK	1er Piso

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°95: DESPLAZAMIENTO PUNTO CRÍTICO

Dirección Y-Y

Δ Absoluto (cm)	$\Delta_{max} = 75\%R$ $X_{max}(cm)$	Δ Relativos (cm)	H_i (cm) Altura de	D_i (Distorsion)	$D \leq 0,005$	PISOS
0,025862	0,135774	0,051160	280	0,0002	OK	2do Piso
0,016117	0,084614	0,084614	295	0,0003	OK	1er Piso

Fuente: Elaboración propia

- **CORTANTE EN LA BASE**

DEL ANALISIS DINAMICO

$V_{xx} = 16,04$ tn
$V_{yy} = 16,78$ tn

DEL ANALISIS ESTATICO

$V_{xx} = 22,17$ tn
$V_{yy} = 22,17$ tn

SEGÚN NORMA E-030 $80\% V_{Est} < V_{Dinam}$

$V_{xx} 8C = 17,74$ Tn	RECALCULA
$V_{yy} 8C = 17,74$ Tn	RECALCULA

- **FACTOR DE AMPLIFICACION DE CORTANTE EN LA BASE**

	x	z
$V_{xx} =$	1,38	0,9
$V_{yy} =$	1,32	0,9

4.3.5. DISEÑO ESTRUCTURAL

El cálculo del diseño de los elementos estructurales de concreto armado, ha sido realizada para los elementos más esforzados y más representativos (columnas, vigas, placas, losas, etc.), habiéndose realizado por el método de resistencia última, en concordancia con la

Norma Técnica E.060, las Normas ACI-318, la Norma Técnica E.070 para la verificación del diseño de la albañilería y de sus elementos de confinamiento.

COLUMNAS

La determinación del refuerzo y diagramas de interacción de las columnas se calculó con el programa ETABS, y se verificó de acuerdo a las disposiciones de los capítulos 9 (Requisitos Generales para el Análisis y Diseño), 10 (Requisitos Generales de Resistencia y de Servicio), 11 (Flexión), 12 (Flexo compresión), y 13 (Cortante y Torsión) de la norma E-060.

Los elementos verticales resistentes, en todos los casos se comprobó que el refuerzo requerido tiene una cuantía mínima de 1%, y una cuantía máxima de 6% de acuerdo a la norma E-060 (sección 12.4.2).

Los resultados del diseño detallados en los planos estructurales.

VIGAS

La determinación del refuerzo de las vigas se calculó mediante el programa ETABS 2013, y se verificó los resultados de acuerdo a las disposiciones de los capítulos 9 (Requisitos Generales para el Análisis y Diseño), 10 (Requisitos Generales de Resistencia y de Servicio), 11 (Flexión) y 13 (Cortante y Torsión) de la norma E-060.

Se supuso una cuantía mínima igual a $14/f_y$ (es decir 0,33%), según el código ACI. Esta hipótesis está construida dentro del programa de verificación empleado. Nótese que según la norma E-060 la cuantía mínima es algo menor (0,24%). Por otro lado, la cuantía máxima se tomó como 50% de la balanceada. En el código ACI sólo se permite utilizar hasta 75% de la cuantía balanceada (que es el límite considerado en la norma E-060) cuando se trata de elementos que no forman parte del sistema estructural sismo resistente.

En lo que respecta al diseño por flexión se ha trabajado utilizando el Método a la Rotura del Concreto, buscando la falla por fluencia del acero, para lo cual:

Gráfico N°41: Fórmula para diseño de elementos estructurales

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y x \left(d - \frac{a}{2}\right)} \qquad a = \frac{A_s x f_y}{0.85 x f'_c x b}$$

$$\rho_{\text{MIN}} = \frac{0.70 x \sqrt{f'_c}}{f_y} \qquad \rho_{\text{MAX}} = 0.50 x \rho_b$$

El Diseño por Corte ha sido considerado con:

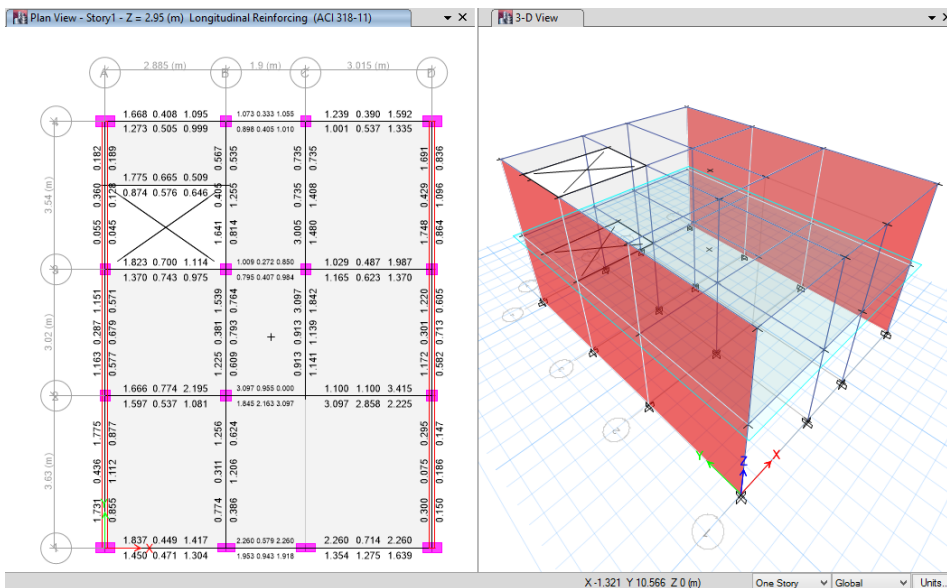
$$V_c = 0.53 x \sqrt{f'_c} x b x d \qquad \phi V_c < V_{ud}$$

$$S = \frac{A_v x f_y x d}{V_s} \qquad V_n = V_s + V_c$$

Fuente: Elaboración propia

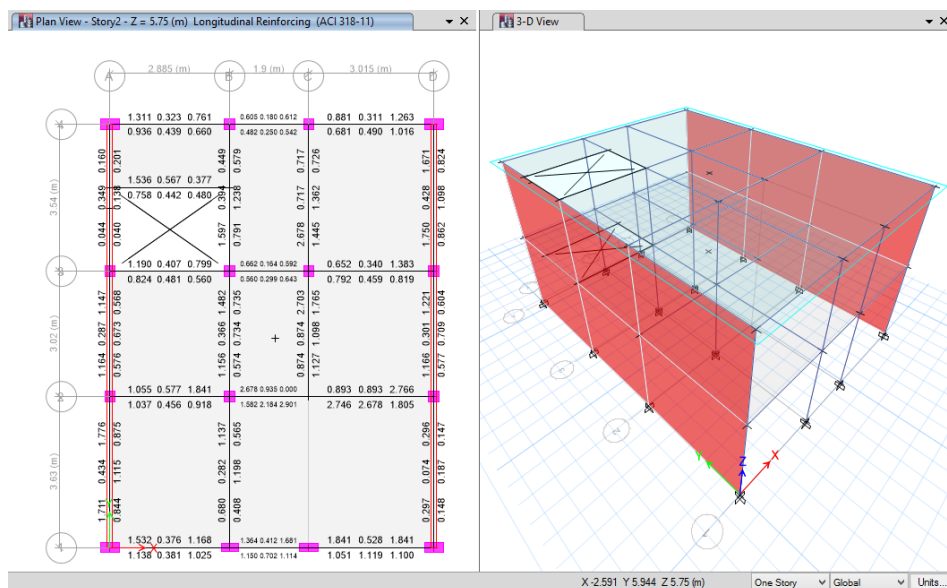
CUANTÍAS DE ACERO EN COLUMNAS Y VIGAS

Gráfico N°42: Cuantías Primer Nivel



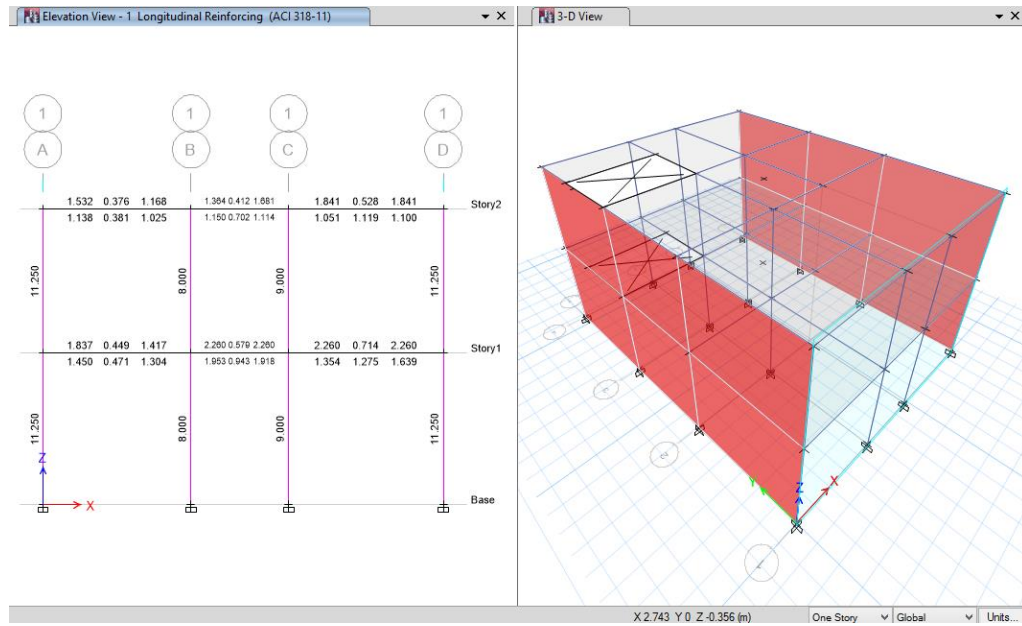
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°43: Cuantías Segundo Nivel



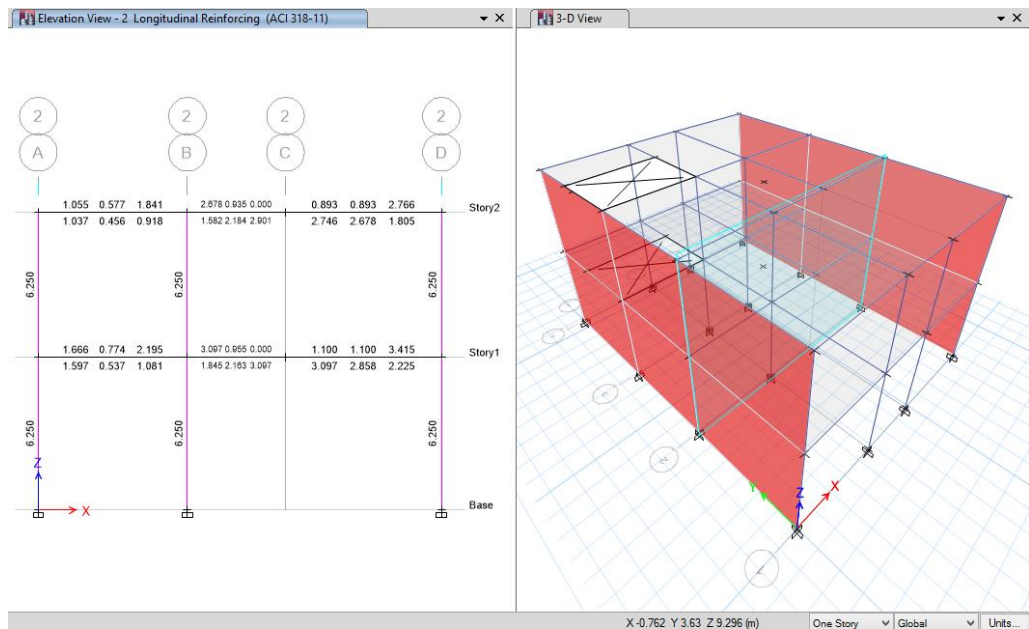
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°44: Cuantías Eje 1-1



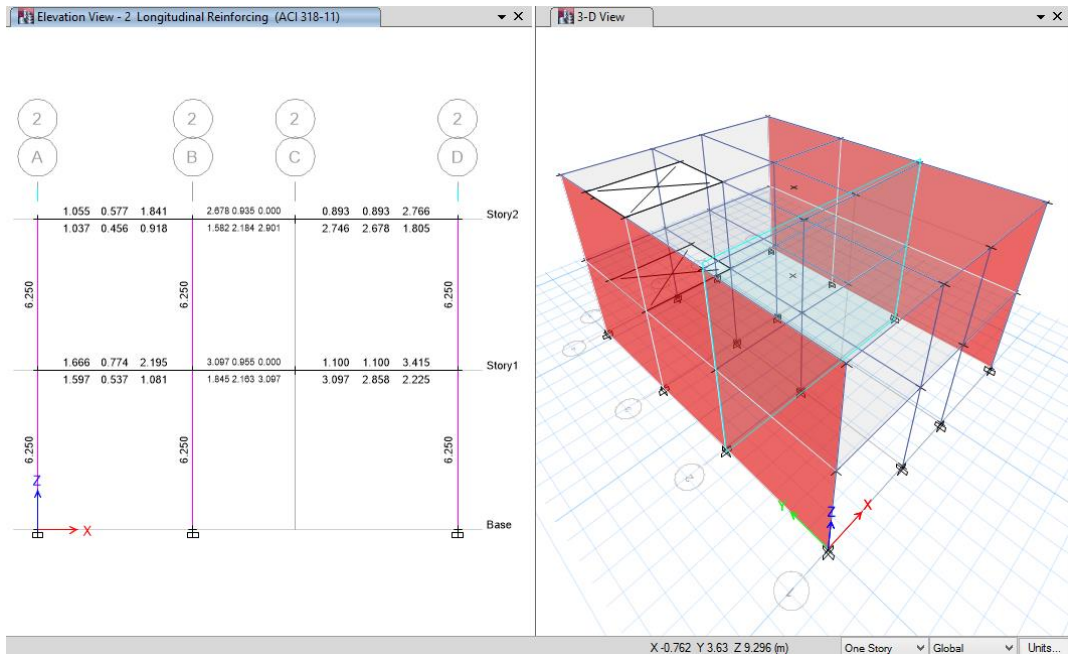
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°45: Cuantías Eje 2-2



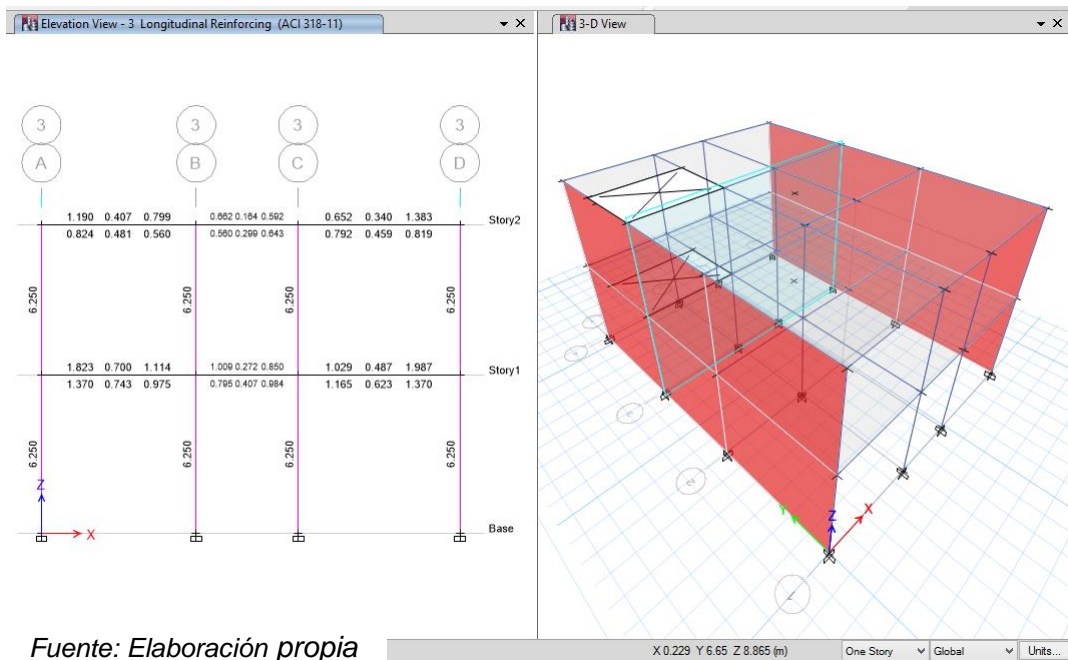
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°46: Cuantías Eje 3-3



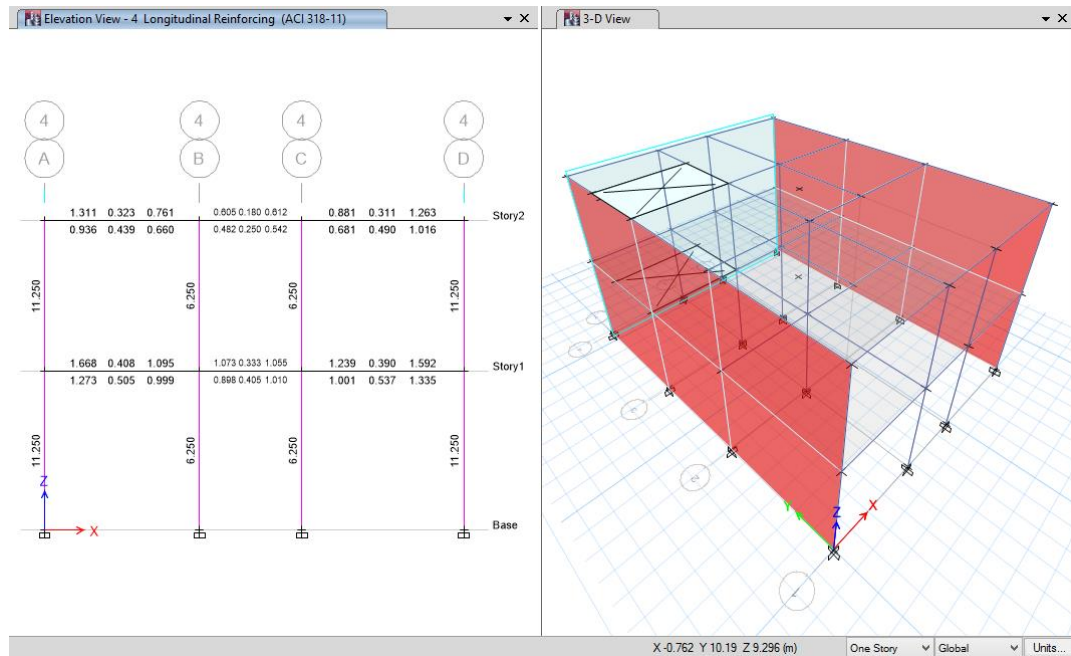
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°47: Cuantías Eje 4-4



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°48: Cuantías Eje 5-5



Fuente: Elaboración propia

4.4. ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR CON CONCRETO RECICLADO

4.4.1. MEMORIA DE CÁLCULO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR CON CONCRETO RECICLADO

GENERALIDADES:

El presente análisis y diseño se realiza para modelar una vivienda unifamiliar con concreto reciclado, el cual comprende realizar el análisis y diseño de infraestructura de la vivienda modelando tridimensionalmente

mediante el uso de software ETAB V.2013. Y haciendo uso de las propiedades halladas del concreto estudiado en los anteriores capítulos.

REGLAMENTOS Y NORMAS DE DISEÑOS

Las normas utilizadas para el análisis y diseño son las siguientes:

- NORMA E - 020 - CARGAS
- NORMA E - 050 - SUELOS Y CIMENTACIÓN
- NORMA E - 060 - CONCRETO ARMADO
- NORMA E - 030 - DISEÑO SISMO RESISTENTE
- NORMA E - 070 - ALBAÑILERÍA

Los estándares utilizados:

ACI-318-11

ESTRUCTURACION

La vivienda está conformada por 02 niveles, el sistema estructural analizado es a base de pórticos y albañilería lo que corresponde a un sistema dual, en la dirección “x-x” Aporticada, en la dirección “y-y” Dual (Pórticos y Muros de Albañilería).

Se ha empleado columnas cuadradas y placas en la dirección “x-x”, con losas aligeradas, para la cimentación se tienen zapatas aisladas y una zapata combinada, corrimientos corridos de concreto ciclópeo, finalmente

en forma conjunta soportarán las cargas laterales del sismo. Todas estas cargas serán transmitidas al suelo de cimentación.

COMBINACIONES DE ESFUERZOS PARA LA ESTRUCTURA

Para el análisis estructural de la vivienda unifamiliar con concreto reciclado se hará un modelamiento tridimensional y se someterá a las siguientes combinaciones de cargas:

$$C1=1,4 \text{ CM}+1,7 \text{ CV}$$

$$C2= 1,24 (\text{CM}+\text{CV}+-\text{CS})$$

$$C3= 0,90 \text{ CM } +- 1,24 \text{ CS}$$

Donde:

CM: Carga Muerta

CV: Carga Viva

CS: Carga por sismo

Con estos juegos de cargas se ha realizado las combinaciones para cada uno de los elementos para determinar sus esfuerzos y verificar la resistencia de las mismas.

ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO-DINÁMICO

El análisis sísmico estático y dinámico en este trabajo está basado en el análisis de modal espectral considerado en la norma E-030-2006,

considerando un todos los entrepisos como una masa concentrada en el centro de masa y las columnas como elementos de rigidez.

CARGAS ACTUANTES

Cargas Permanentes

Peso Propio de Elementos de Concreto Armado : 2 280 kg/m³

Peso de Acabados y Tabiquería : 200 kg/m²

Cargas Vivas

Sobrecarga : 200kg/m²

ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO

MATERIALES:

Resistencia a la Compresión del Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Límite de Fluencia del Acero $f_y = 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Elasticidad del Concreto $E_c = 161\ 676 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Elasticidad del Acero $E_s = 2 \cdot E + 6.00 \text{ kg/cm}^2$

Radio de poisson $u = 0.30$

CONCRETO:

Cimientos Corridos: C:H 1:10 +30% P.G. 6" MAX

Sobre cimientos: C:H 1:8 +25% P.M. 3" MAX

Solado Zapatas:	C:H 1:12
Columnas:	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Vigas:	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Losa aligerada:	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Zapatas:	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Albañilería:	$f'm = 65 \text{ kg/cm}^2$

RECUBRIMIENTOS:

Zapatas:	7,5 cm
Columnas y vigas:	4,0 cm
Vigas chatas y losas:	2,5 cm
Columnas de Amarre:	2,5cm

SUELO:

Capacidad Portante:	$\sigma_t = 2,00 \text{ kg/cm}^2$
Profundidad de desplante	1,5 m.

Tipo de Suelo: Grava Mal Graduada con limos (GP GM)

SISMICIDAD:

Espectro de respuestas de aceleración de acuerdo a la N.T.E.-030.

PARÁMETROS SÍSMICOS:

Factor de Uso de la Zona: Tacna	Z=0,4
Factor de Uso: Categoría C	U=1,00
Factor de Suelo: Tipo II	S=1,20
Periodo de vibración del suelo	Tp=0,60 s
Coefficiente Sísmico	C=2,5
Factor de Reducción "x"	Rd=8
Factor de Reducción "y"	Rd=7
Aceleración de la Gravedad	g=9,81 kg/cm ²

DESPLAZAMIENTOS DE ENTREPISO

Desplazamiento en Eje x-x <0,007

Desplazamiento en Eje y-y <0,005

4.4.2. PRE-DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

➤ LOSA ALIGERADA

$$e = \frac{L}{25}$$



L = 4 m

e = 0,16m por razones constructivas e = 0,17 m

➤ VIGAS

$$h = \frac{Ln}{n} \quad b = \frac{B}{20}$$

Ln: Luz libre de viga

B: Ancho tributario en el sentido b

b: Ancho de viga (Anch min 0,25)(b=0,3 @ 0,5 de h)

h: Peralte de Viga

Tabla N°96: Dimensión De Vigas

VIGAS	ANCHO (m)	PERALTE (m)	AREA (m2)
VP-101	0,25	0,4	0,100
VP-102	0,25	0,3	0,075
VP-201	0,25	0,35	0,088
VP-202	0,25	0,25	0,063
VS-101	0,25	0,3	0,075
VS-102	0,25	0,25	0,063
VS-201	0,25	0,25	0,063
VS-202	0,25	0,25	0,063

Fuente: Elaboración propia

➤ **COLUMNAS**

$$bD = \frac{P}{n * f'c}$$

D: Dimensión de la sección en la dirección sísmica

d: La otra dimensión de la columna

P: Carga total que soporta la columna

n: Valor que depende del tipo de columna

Tabla N°97: Dimensionamiento de columnas

Col Inter	P=1.1 Pg	n=.30
Col Inter	P=1.1 Pg	n=.25
Col Exter	P=1.25 Pg	n=.25
Col Esq	P=1.50 Pg	n=.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°98: Dimensión de columnas

COLUM NAS	ANCHO (m)	PERALTE (m)	AREA (m2)
C-1	0,25	0,4	0,100
C-2	0,25	0,3	0,075
C-3	0,25	0,35	0,088
P-1	0,25	0,25	0,063
P-2	0,25	0,3	0,075

Fuente: Elaboración propia

4.4.3. METRADO DE CARGAS

Tabla N°99: Primer nivel

Carga Muerta						
Elemento	Area	Long	p.e.	Cant	Peso Kg	
Viga (VP-101)	(0,09) m2	(30,04)	(2280)	(1)	=	5 993 Kg
Viga (VS-101)	(0,08) m2	(21,65)	(2280)	(1)	=	3 702 Kg
Viga (VS-102)	(0,06) m2	(4,23)	(2280)	(1)	=	603 Kg
Viga (VCH)	(0,05) m2	(1,60)	(2280)	(1)	=	182 Kg
Columna (C-1)	(0,09) m2	(2,95)	(2280)	(3)	=	1 816 Kg
Columna (C-2)	(0,06) m2	(2,95)	(2280)	(7)	=	2 943 Kg
Columna (C-3)	(0,09) m2	(2,95)	(2280)	(5)	=	3 027 Kg
Losa Aligerada	(75,06) m2		(280)	(1)	=	21 017 Kg
Tabiquería	(75,06) m2		(100)	(1)	=	7 506 Kg
Acabados	(75,06) m2		(100)	(1)	=	7 506 Kg
∑ Total CM					=	54 294 Kg

Fuente: Elaboración propia

Elemento	Area	p.u. Kg/m2	Peso Kg	
Sobre/Carga	(89,44) m2	(200)	(0,50)	= 8 944 Kg
∑ Total CV			=	8 944 Kg

Wtotal 1º Nivel CM+ CV W t 1= 63 238 kg

Fuente: Elaboración propia

Peso total 1er nivel = CM+CV = **63 238 kg**

Tabla N°100: Segundo nivel

Carga Muerta						
Elemento	Area	Long	p.e.	Cant	Peso Kg	
Viga (VP-201)	(0,08) m2	(30,04)	(2280)	(1)	=	5 137 Kg
Viga (VS-201)	(0,06) m2	(21,65)	(2280)	(1)	=	3 085 Kg
Viga (VS-202)	(0,06) m2	(4,23)	(2280)	(1)	=	603 Kg
Viga (VCH)	(0,05) m2	(1,60)	(2280)	(1)	=	182 Kg
Columna (C-1)	(0,09) m2	(2,80)	(2280)	(3)	=	1 724 Kg
Columna (C-2)	(0,06) m2	(2,80)	(2280)	(7)	=	2 793 Kg
Columna (C-3)	(0,09) m2	(2,80)	(2280)	(5)	=	2 873 Kg
Losa Aligerada	(75,06) m2		(280)	(1)	=	21 017 Kg
Tabiqueria	(75,06) m2		(100)	(1)	=	7 506 Kg
Acabados	(75,06) m2		(100)	(1)	=	7 506 Kg
∑ Total CM					=	52 425 Kg
Carga Viva						
Elemento	Area	p.u. Kg/m2		Peso Kg		
Sobre/Carga	(89,44)	(200)	(0,50)	=	8 944 Kg	
∑ Total CV					=	8 944 Kg
Wtotal 2º Nivel CM+ CV					W t =	61 369 kg

Fuente: *Elaboración propia*

Peso total 2do nivel = CM+CV = **61 369 kg**

4.4.4. ANÁLISIS ESTÁTICO Y DINÁMICO

ESPECTRO DE DISEÑO SISMICO (N.T.E -030)

Tabla N°101: Parámetros sismorresistentes dirección X-X

CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN ESPECTRAL	PARAMETROS SISM
FACTOR DE ZONA	Z = 0,4
FACTOR DE USO DE IMPORTANCIA	U = 1,0
FACTOR DE SUELO	S = 1,2
PERIODO DE VIBRACION DEL SUELO (Seg)	Tp = 0,6
COEFICIENTE SISMICO	C = 2,5
FACTOR DE REDUCCION	R = 8
ACELARACION DE LA GRAVEDAD	g = 9,81

Fuente: Elaboración propia

- Periodo fundamental de la estructura

$$T = \frac{h_n}{C_T} = \frac{5,60}{35} = 0,16$$

h_n = altura total de la edificación

C_T = periodo fundamental, elemento pórtico

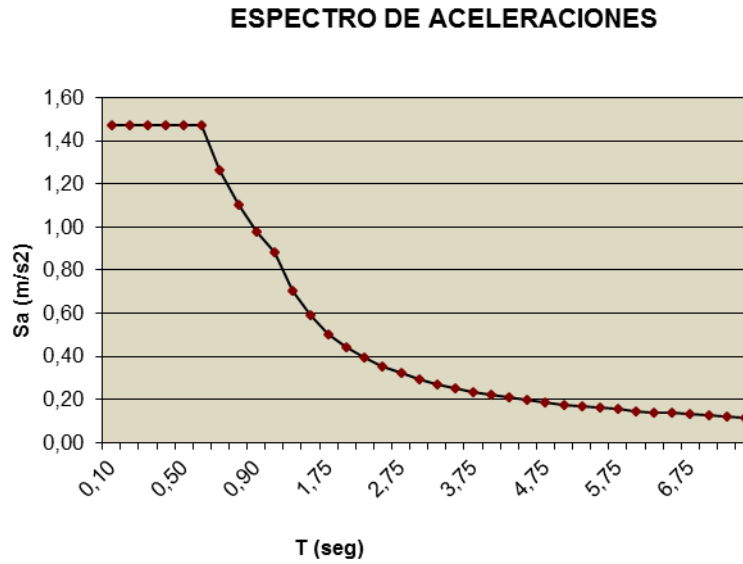
- Coeficiente de ampliación sísmica

$$C = 2.5x\left(\frac{T_p}{T}\right); C \leq 2.5$$

- Aceleración espectral

$$S_a = \frac{ZUSC}{R_x} * g$$

Gráfico N°41: Espectro de aceleraciones



Fuente: *Elaboración propia*

ESPECTRO DE DISEÑO SÍSMICO (N.T.E -030)

Tabla N°102: Parámetros sismorresistentes dirección Y-Y

CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN ESPECTRAL	PARAMETROS SISM
FACTOR DE ZONA	Z = 0,4
FACTOR DE USO DE IMPORTANCIA	U = 1,0
FACTOR DE SUELO	S = 1,2
PERIODO DE VIBRACION DEL SUELO (Seg)	Tp = 0,6
COEFICIENTE SISMICO	C = 2,5
FACTOR DE REDUCCION	R = 7
ACELARACION DE LA GRAVEDAD	g = 9,81

Fuente: *Elaboración propia*

- Periodo fundamental de la estructura

$$T = \frac{h_n}{C_T} = \frac{5,60}{35} = 0,16$$

h_n = altura total de la edificación

C_T = periodo fundamental, elemento pórtico

- Coeficiente de ampliación sísmica

$$C = 2,5x\left(\frac{T_p}{T}\right) ; C \leq 2,5$$

- Aceleración espectral

$$S_a = \frac{ZUSC}{R_x} * g$$

ANÁLISIS ESTÁTICO

C) PESO TOTAL

Peso 1er Nivel = 63.24 tn

Peso 2do Nivel = 61.37 tn

Peso Total = 124,61 tn

D) CÁLCULO DE FUERZAS SÍSMICAS

- CÁLCULO DE FUERZA CORTANTE BASAL:

Se determina por la siguiente expresión

$$V = ZxU_xS_x\frac{C}{R} xP$$

- CÁLCULO DE COEFICIENTE C/R:

$$T = \frac{H_T}{C_T}$$

Htotal = 5,75 m

Ct = 35

T = 0,16 Seg

$$C = 2,5x\left(\frac{T_p}{T}\right) ; C \leq 2,5$$

$$T_p = 0,60 \text{ Seg}$$

C = 2,50

R_x = 8
R_y = 7

C/R = 0,3571	C/R > 0.1 OK
---------------------	------------------------

- CÁLCULO DE CORTANTE BASAL EN EL SENTIDO X-X

$$Z = 0,40$$

$$U = 1,00$$

$$S = 1,20$$

$$V = ZxUxSx \frac{C}{R} xP$$

V_x = 21,36 Tn

- DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS

Si $T > 0,70$; $F_a = 0,07 T^*V \leq 0,15^*V$

Como $T < 0,70$ la distribución de fuerzas es:

Distribución de la fuerza cortante V

$$F_i = P_i \times h_i / S(P_i \times h_i) \times (V - F_a)$$

Tabla N°103: distribución de fuerzas sísmicas

PISO	P _i	h _i	P _i x h _i	F _i
1er Nivel	63,24	2,95	186,55	7,39 Tn
2do Nivel	61,37	5,75	352,87	13,97 Tn
			539,43	21,36 Tn

Fuente: *Elaboración propia*

- CÁLCULO DE CORTANTE BASAL EN EL SENTIDO Y-Y

$$V_y = 21,36 \text{ TN}$$

- DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS SISMICAS

Si $T > 0,70$; $F_a = 0,07 T \cdot V \leq 0,15 \cdot V$

Como $T < 0,70$ la distribución de fuerzas es:

Distribución de la fuerza cortante V

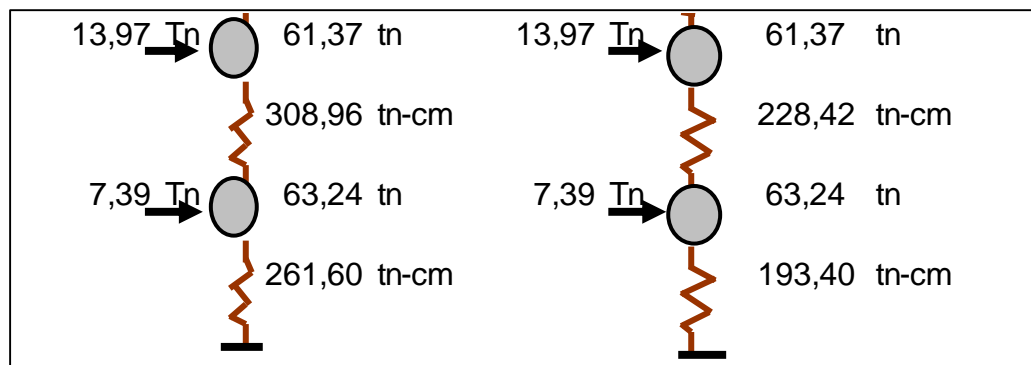
$$F_i = P_i \times h_i / \sum (P_i \times h_i) \times (V - F_a)$$

Tabla N°103: cálculo de cortante basal en el sentido Y-Y

PISO	Pi	hi	Pi x hi	Fi (Tn)
1er Nivel	63,24	2,95	186,55	7,39 Tn
2do Nivel	61,37	5,75	352,87	13,97 Tn
			539,43	21,36 Tn

- CÁLCULO DE RIGIDECES

Gráfico N°42: Rigideces



Fuente: Elaboración propia

- DESPLAZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Tabla N°105: Dirección X-X

# PISO	Fi (Tn)	Ki (Tn/cm)	Fi/Ki	Xi (cm)	Di Δ/Hi	D ≤ 0,007
2	13,97	308,96	0,045	0,07	0,0003	OK
1	7,39	261,60	0,028	0,03	0,0001	OK

$$\Delta_{xx} = 0,44 \text{ cm}$$

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°106: Dirección Y-Y

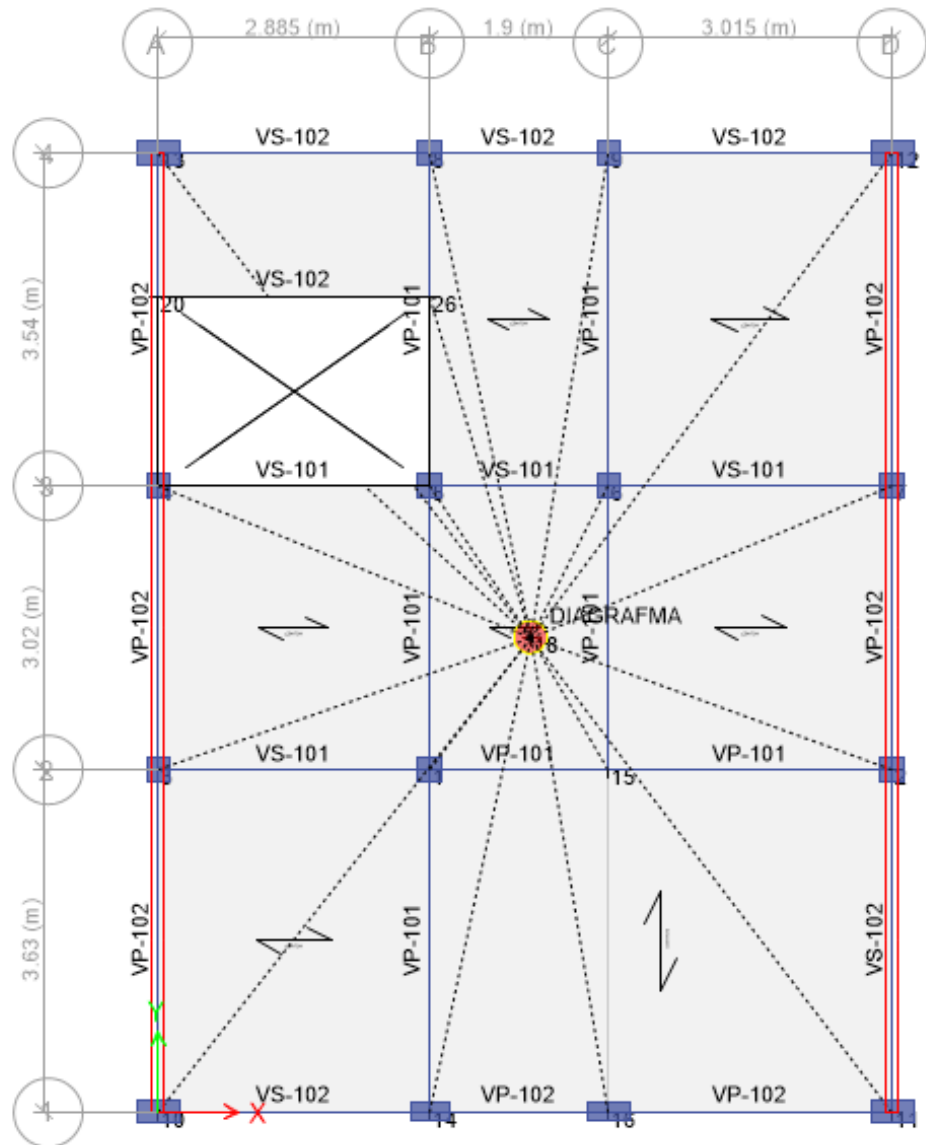
# PISO	Fi (Tn)	Ki (Tn/cm)	Fi/Ki	Xi (cm)	Di Δ/Hi	D ≤ 0,007
2	13,97	228,42	0,061	0,10	0,0004	OK
1	7,39	193,40	0,038	0,04	0,0001	OK

$$\Delta_{yy} = 0,52 \text{ cm}$$

Fuente: Elaboración propia

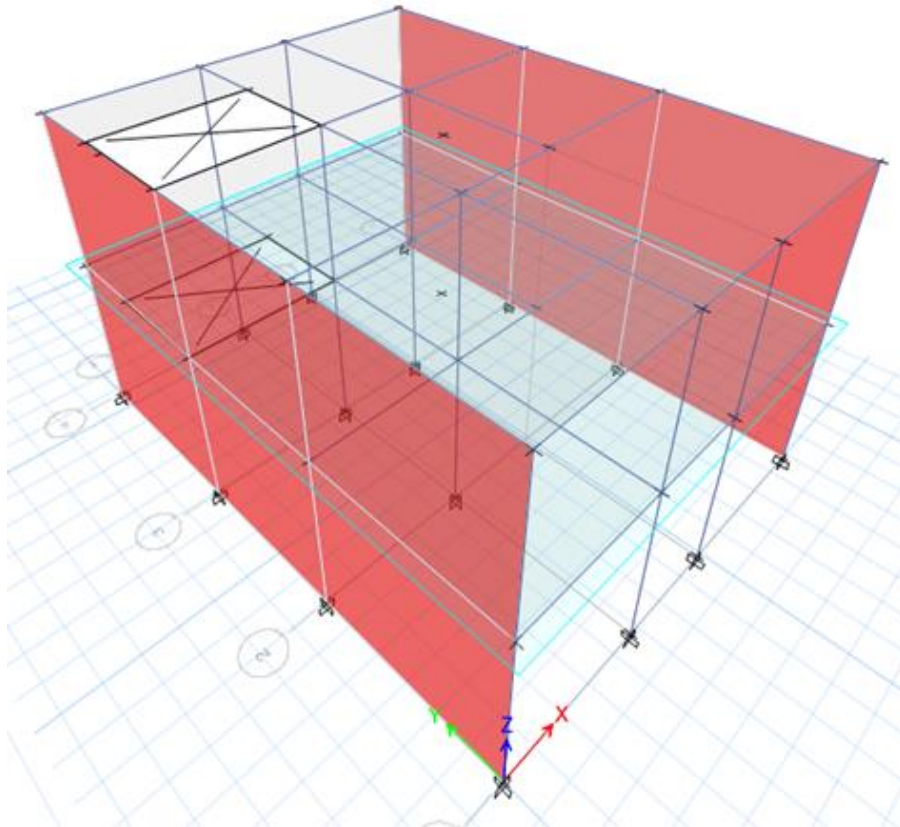
ANÁLISIS DINÁMICO

GRÁFICO Nº43: Centro de masa



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°44:CENTRO DE MASA



Fuente: Elaboración propia

- DESPLAZAMIENTO DEL CENTRO DE MASA

Tabla N°107: Desplazamiento dirección X-X

Δ Absoluto (cm)	$\Delta_{max} = 75\%R$ Xmax(cm)	Δ Relativos (cm)	Hi (cm) Altura de Piso	Di (Distorsion)	D \leq 0,007	PISOS
0,531708	3,190246	1,633900	280	0,0058	OK	2do Piso
0,259391	1,556345	1,556345	295	0,0053	OK	1er Piso

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°108: Desplazamiento dirección Y-Y

Δ Absoluto (cm)	$\Delta_{max} = 75\%R$ Xmax(cm)	Δ Relativos (cm)	Hi (cm) Altura de Piso	Di (Distorsion)	D \leq 0,007	PISOS
0,021283	0,127700	0,048167	280	0,0002	OK	2do Piso
0,013256	0,079533	0,079533	295	0,0003	OK	1er Piso

Fuente: Elaboración propia

- DESPLAZAMIENTO DEL ENTREPISO

Tabla N°109: DESPLAZAMIENTO

Dirección X-X

Δ Absoluto (mm)	$\Delta_{max} = 75\%R$ Xmax(mm)	D \leq 0,007	PISOS
0,001015	0,0061	OK	2do Piso
0,000895	0,0054	OK	1er Piso

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°110: DESPLAZAMIENTO

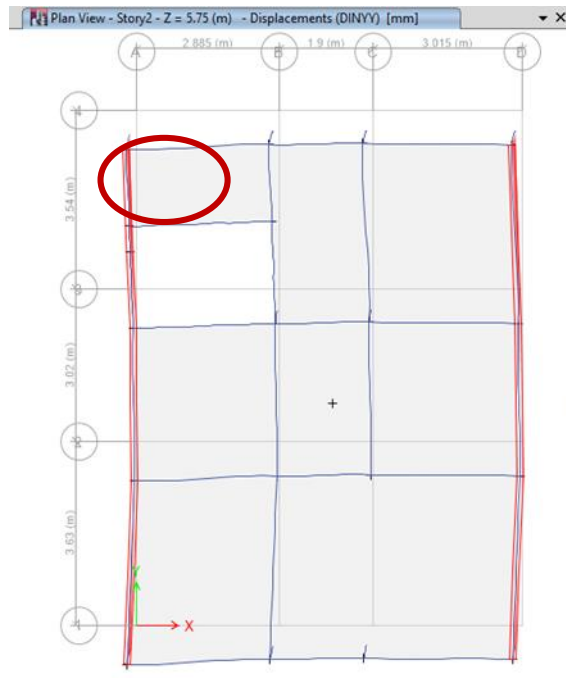
Dirección Y-Y

Δ Absoluto (mm)	$\Delta_{max} = 75\%R$ Xmax(mm)	D \leq 0,007	PISOS
0,000036	0,000216	OK	2do Piso
0,000054	0,000324	OK	1er Piso

Fuente: Elaboración propia

- DESPLAZAMIENTO DEL EXTREMO MAS CRÍTICO

Gráfico N°45: Desplazamiento



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°111: Desplazamiento dirección X-X

Δ Absoluto (cm)	$\Delta_{max} = 75\%R$ Xmax(cm)	Δ Relativos (cm)	Hi (cm) Altura de Piso	Di (Distorsion)	D \leq 0,007	PISOS
0,590000	3,097500	1,713740	280	0,0061	OK	2do Piso
0,263573	1,383760	1,383760	295	0,0047	OK	1er Piso

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°112: Desplazamiento dirección Y-Y

Δ Absoluto (cm)	$\Delta_{max} = 75\%R$ Xmax(cm)	Δ Relativos (cm)	Hi (cm) Altura de Piso	Di (Distorsion)	D \leq 0,007	PISOS
0,599511	3,147432	1,581556	280	0,0056	OK	2do Piso
0,298262	1,565877	1,565877	295	0,0053	OK	1er Piso

Fuente: Elaboración propia

- CORTANTE EN LA BASE

DEL ANALISIS DINAMICO

V_{xx}	=	15,78	Tn
V_{yy}	=	16,42	Tn

DEL ANALISIS ESTATICO

V_{xx}	=	21,36	Tn
V_{yy}	=	21,36	Tn

SEGÚN NORMA E-030 80% V Est < '

V_{xx} 80 =	17,09	RECALCULAR
V_{yy} 80 =	17,09	RECALCULAR

- FACTOR DE AMPLIFICACION DE CORTANTE EN LA BASE

	x	z
V_{xx} =	1,35	0,90
V_{yy} =	1,30	0,87

4.4.5. DISEÑO ESTRUCTURAL

El cálculo del diseño de los elementos estructurales de concreto armado, ha sido realizada para los elementos más esforzados y más representativos (columnas, vigas, placas, losas, etc.), habiéndose realizado por el método de resistencia última, en concordancia con la Norma Técnica E.060, las Normas ACI-318, la Norma Técnica E.070 para la verificación del diseño de la albañilería y de sus elementos de confinamiento.

COLUMNAS

La determinación del refuerzo y diagramas de interacción de las columnas se calculó con el programa ETABS, y se verificó de acuerdo a las disposiciones de los capítulos 9 (Requisitos Generales para el Análisis y Diseño), 10 (Requisitos Generales de Resistencia y de Servicio), 11 (Flexión), 12 (Flexo compresión), y 13 (Cortante y Torsión) de la norma E-060.

Los elementos verticales resistentes, en todos los casos se comprobó que el refuerzo requerido tiene una cuantía mínima de 1%, y una cuantía máxima de 6% de acuerdo a la norma E-060 (sección 12.4.2).

Los resultados del diseño detallados en los planos estructurales.

VIGAS

La determinación del refuerzo de las vigas se calculó mediante el programa ETABS 2013, y se verificó los resultados de acuerdo a las disposiciones de los capítulos 9 (Requisitos Generales para el Análisis y Diseño), 10 (Requisitos Generales de Resistencia y de Servicio), 11 (Flexión) y 13 (Cortante y Torsión) de la norma E-060.

Se supuso una cuantía mínima igual a $14/f_y$ (es decir 0,33%), según el código ACI. Esta hipótesis está construida dentro del programa de verificación empleado. Nótese que según la norma E-060 la cuantía mínima es algo menor (0,24%). Por otro lado, la cuantía máxima se tomó

como 50% de la balanceada. En el código ACI sólo se permite utilizar hasta 75% de la cuantía balanceada (que es el límite considerado en la norma E-060) cuando se trata de elementos que no forman parte del sistema estructural sismo resistente.

En lo que respecta al diseño por flexión se ha trabajado utilizando el Método a la Rotura del Concreto, buscando la falla por fluencia del acero, para lo cual:

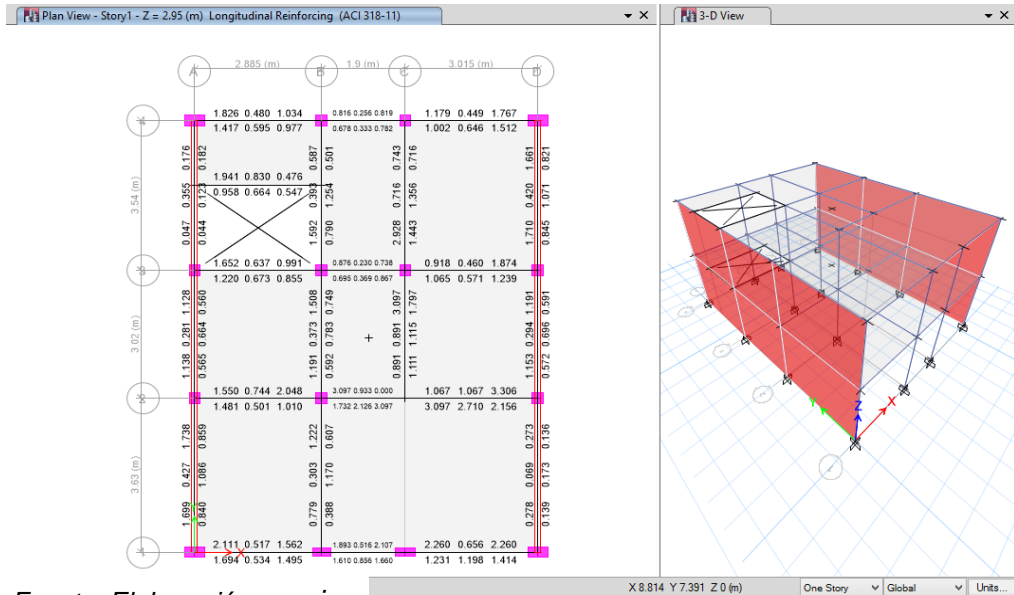
Gráfico N°46: fórmulas de diseño de elementos estructurales

$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y x (d - \frac{a}{2})}$	$a = \frac{A_s x f_y}{0.85 x f'_c x b}$
$\rho_{MIN} = \frac{0.70 x \sqrt{f'_c}}{f_y}$	$\rho_{MAX} = 0.50 x \rho_b$
<p>El Diseño por Corte ha sido considerado con:</p>	
$V_c = 0.53 x \sqrt{f'_c} x b x d$	$\phi V_c < V_{ud}$
$S = \frac{A_v x f_y x d}{V_s}$	$V_n = V_s + V_c$

Fuente: *Elaboración propia*

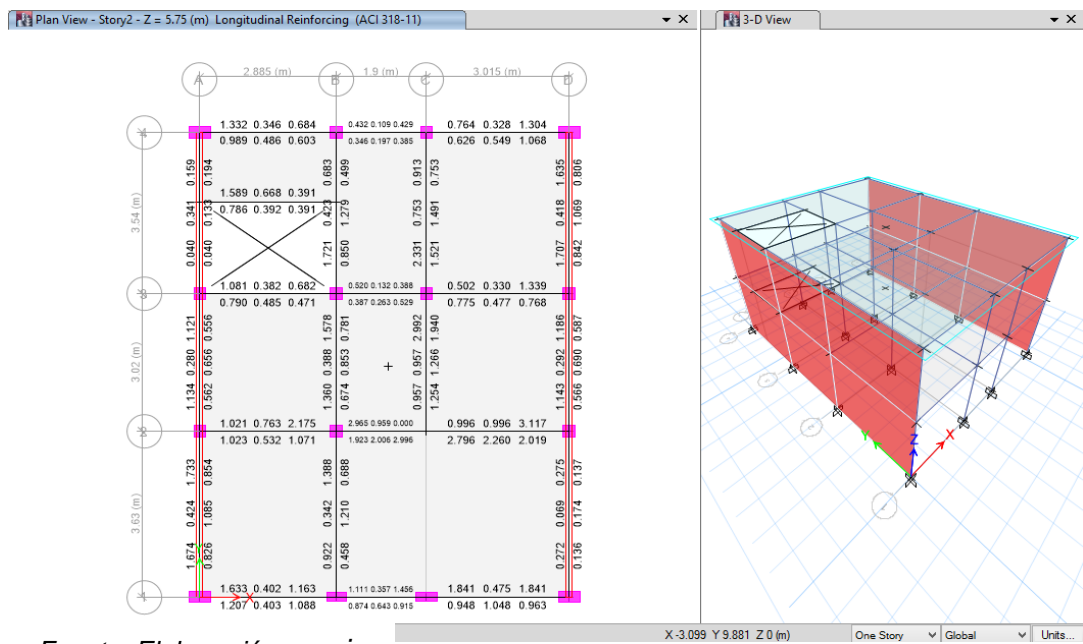
CUANTÍAS DE ACERO EN COLUMNAS Y VIGAS

Gráfico N°47: Cuantía primer nivel



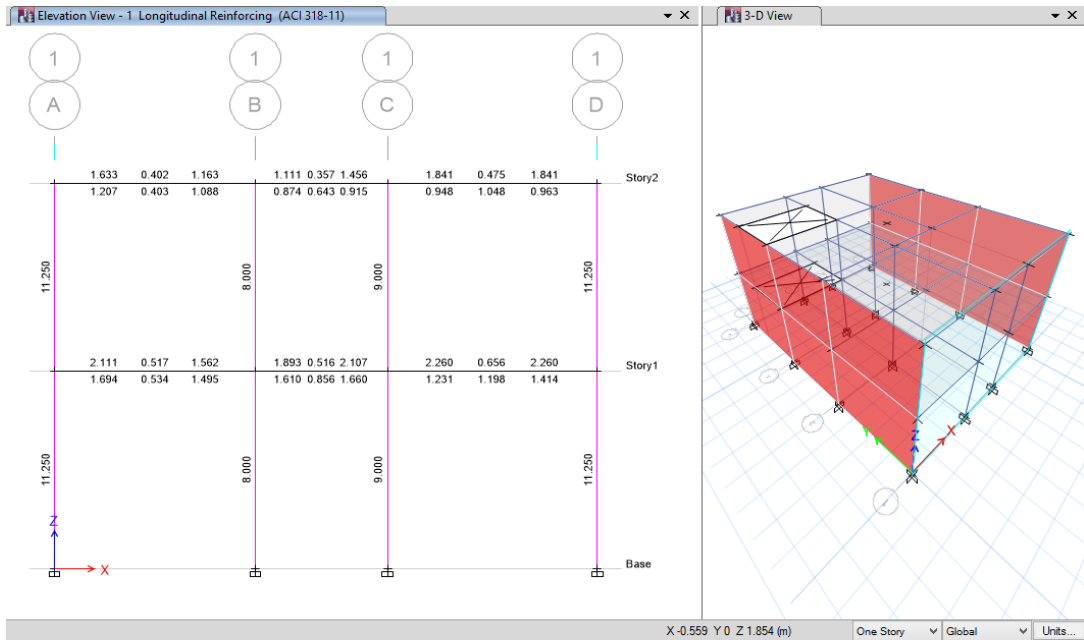
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°48: Cuantía segundo nivel



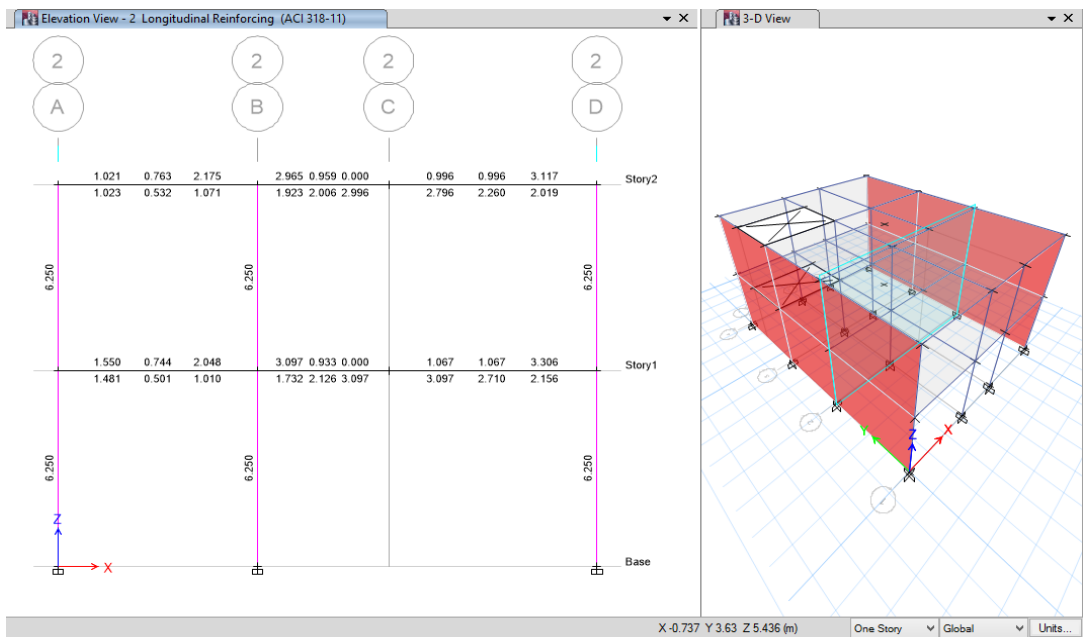
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°49: Cuantía EJE 1-1



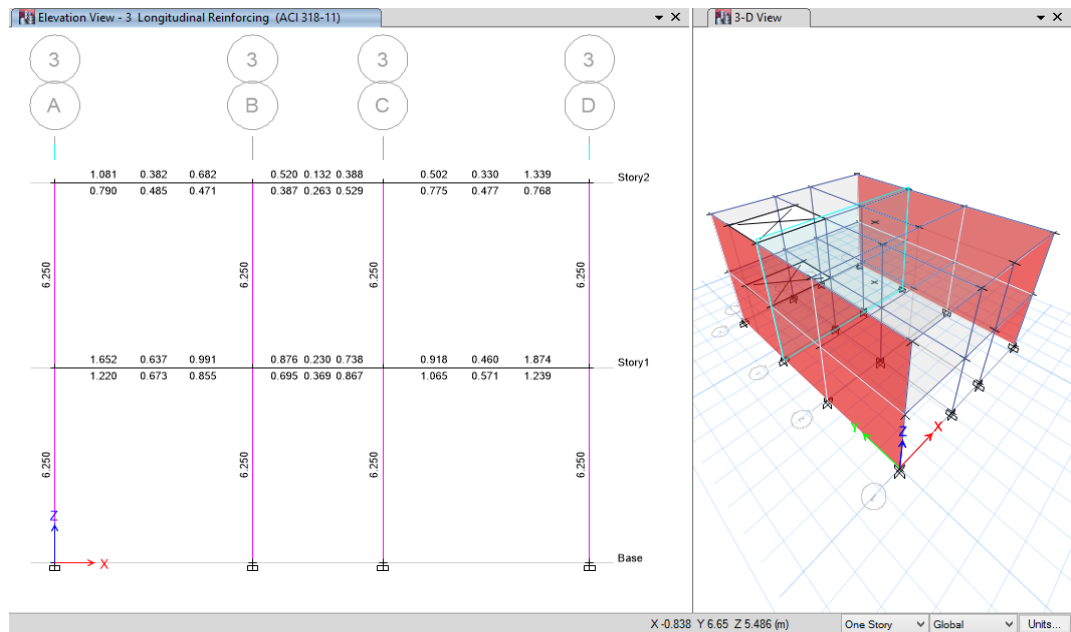
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°50: Cuantía EJE 2-2



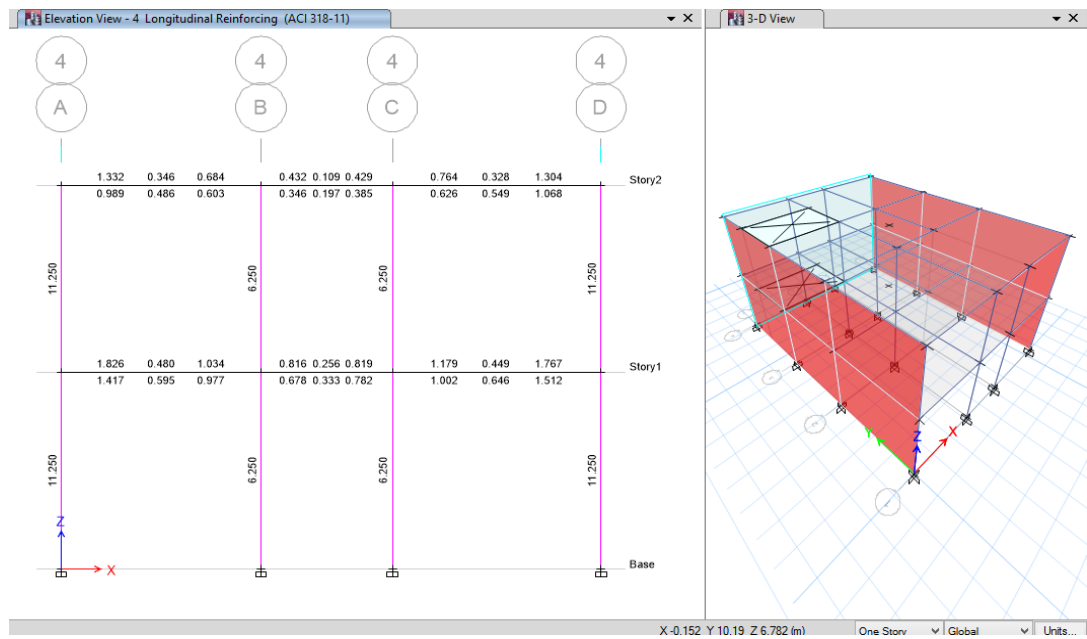
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°51: Cuantía EJE 3-3



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°52: Cuantía EJE 4-4



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

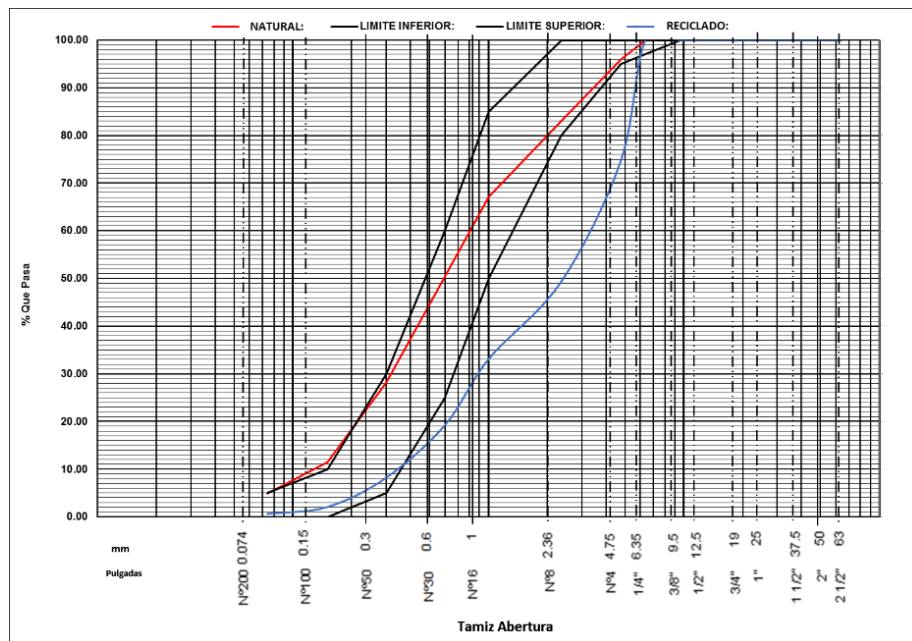
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. AGREGADOS RECICLADOS

5.1.1. GRANULOMETRÍA

El ensayo de granulometría de los agregados finos y gruesos se realizó de acuerdo a lo establecido en las Normas NTP 400.037 y ASTM C33.

Gráfico N°53: Granulometría de agregados finos



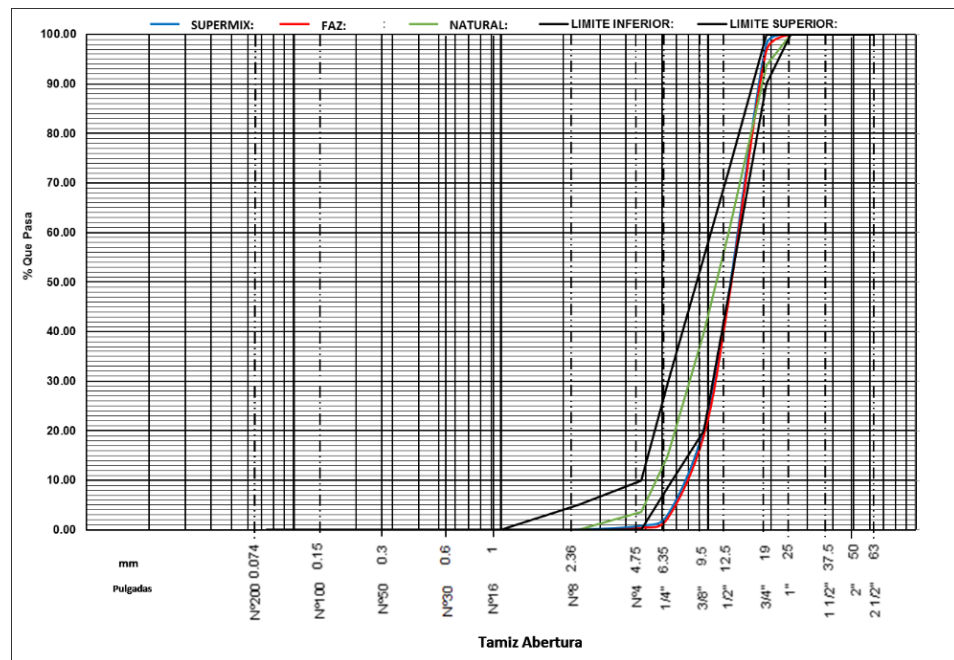
Fuente: Certificación de ensayo (Anexo 2)

La granulometría de la arena natural, cumple con los requisitos granulométricos que menciona la norma. No sucede lo mismo con los

agregados finos reciclados, ya que su curva granulométrica se encuentra fuera de los límites de una granulometría adecuada.

Ya que los agregados fino reciclados provienen de una trituradora, son algo más gruesos y más angulares que la deseable para la producción de buenas mezclas de concreto, este fue el motivo por el cual no fue usado para la preparación de las mezclas de concreto.

Gráfico N°54: Granulometría de agregados gruesos



Fuente: Certificación de ensayo (Anexo 2)

La curva granulométrica del agregado grueso natural cumple con los requisitos establecidos en la norma. Los agregados gruesos reciclados tienen una curva granulométrica parecida a la de los agregados naturales,

la diferencia está en la poca presencia de finos en los agregados reciclados, esto hace que la curva granulométrica se apegue mucho al límite inferior del rango granulométrico adecuado.

La poca presencia de finos se debe al uso de las trituradoras usadas para la producción de agregados. De acuerdo al gráfico anterior no existe diferencias entre las curvas granulométricas de agregados reciclados provenientes de residuos de construcción y residuos de demolición, ambas curvas tienen el mismo comportamiento.

Una granulometría adecuada permitirá obtener en las mezclas una máxima densidad, con una adecuada trabajabilidad y características de acabado del concreto fresco y con obtención de las propiedades deseadas en el concreto endurecido, debido a que el agregado comprende del 65% al 80% del volumen unitario del concreto.

5.1.2. MORTERO ADHERIDO

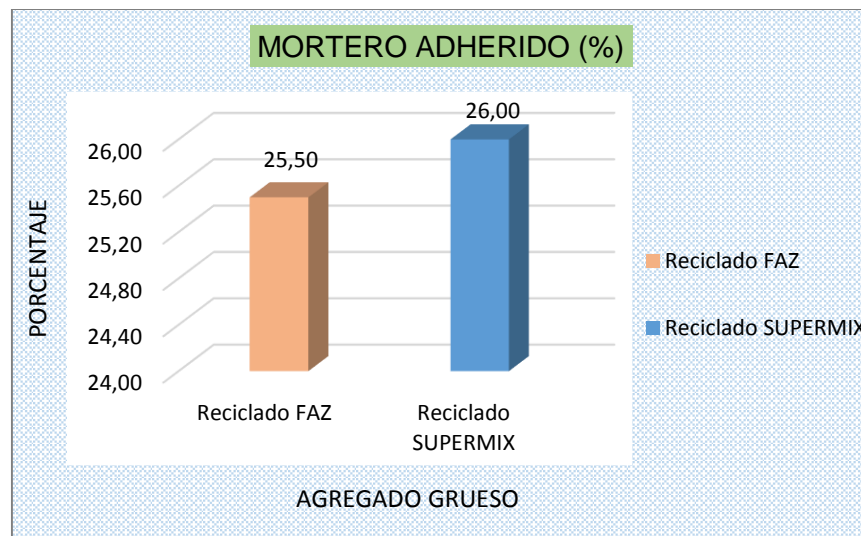
La presencia de mortero adherido en agregados reciclados, se debe a que durante su proceso de producción, una cierta cantidad de mortero del concreto original permanece unido a las partículas de piedra en los agregados reciclados.

La cantidad de mortero adherido hace que los agregados reciclados presenten propiedades distintas a los naturales que se reflejan en un aumento de la absorción de agua, menor densidad, menor resistencia, menor dureza y una menor resistencia a la fragmentación, es por ello que

la cantidad de mortero adherido no debe de exceder del 40% del volumen total.

En el siguiente grafico se puede apreciar las cantidades de mortero adherido encontrado es este trabajo de investigación.

Gráfico N°55: Cantidad de mortero adherido en para RCD's

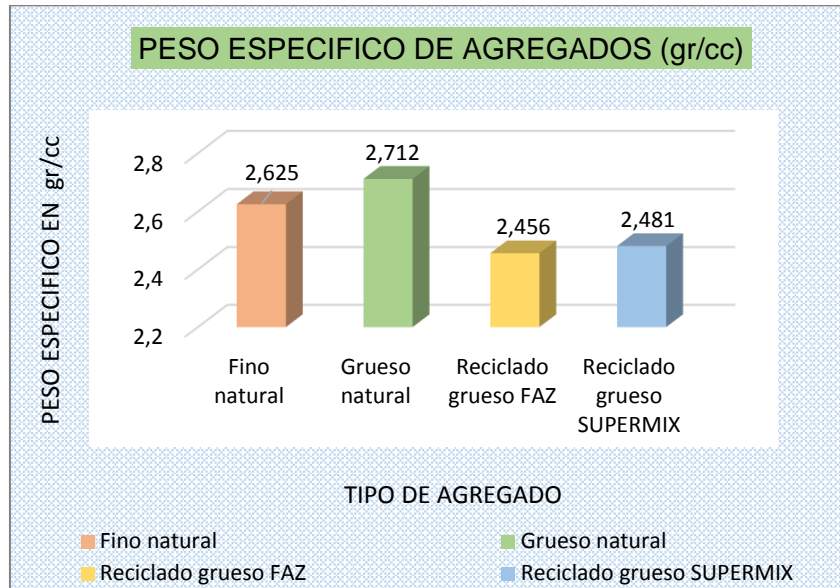


Fuente: Elaboración propia

5.1.3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

El peso específico es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles.

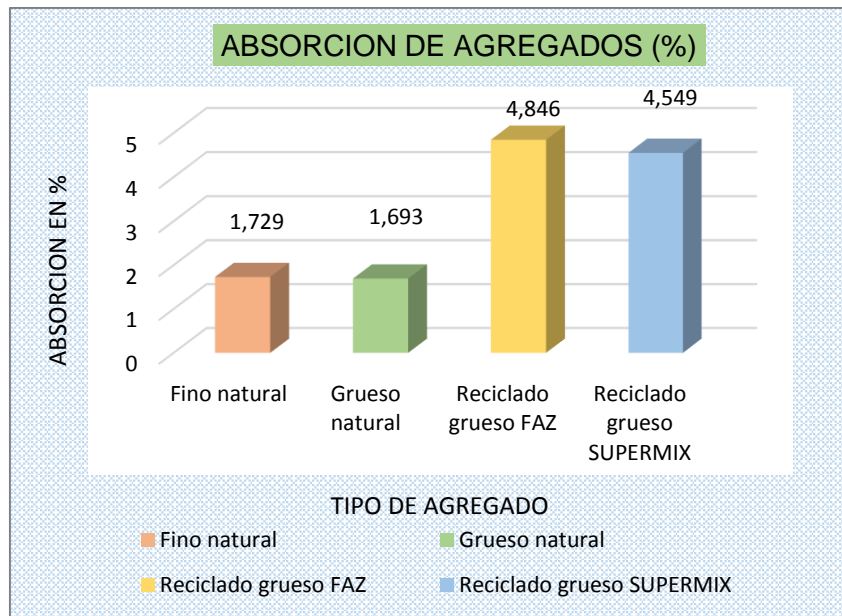
Gráfico N°56: Peso específico de agregados usados



Fuente: Elaboración propia

Los agregados gruesos reciclados tienen pesos específicos inferiores en comparación con los agregados convencionales, esto se debe a la presencia de mortero adherido que tienen los agregados reciclados, esta capa de mortero tiene una densidad menor a la del agregado. El bajo valor de peso específico que tienen los agregados reciclados genera un mayor porcentaje de absorción.

Gráfico N°57: Absorción de agregados usados



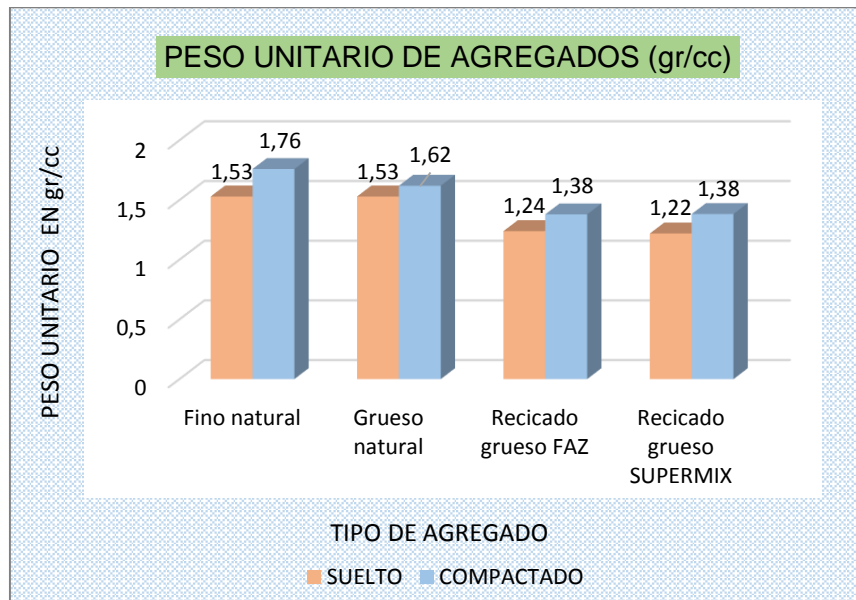
Fuente: Elaboración propia

Los RCD's – SUPERMIX, son ligeramente menos absorbentes que los RCD's – FAZ, para que estos agregados sean usados en la fabricación de concreto, es necesario que en el diseño de mezclas se considere un contenido de agua mayor a lo normal, solo así se garantizará concretos con consistencias plásticas y trabajabilidades adecuadas para la construcción.

5.1.4. PESO UNITARIO

La determinación del peso unitario de los agregados naturales y reciclados, ya sea el peso unitario seco compactado o suelto, se efectuaron de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM C 29.

Gráfico N°58: Peso unitario de agregados usados



Fuente: Elaboración propia

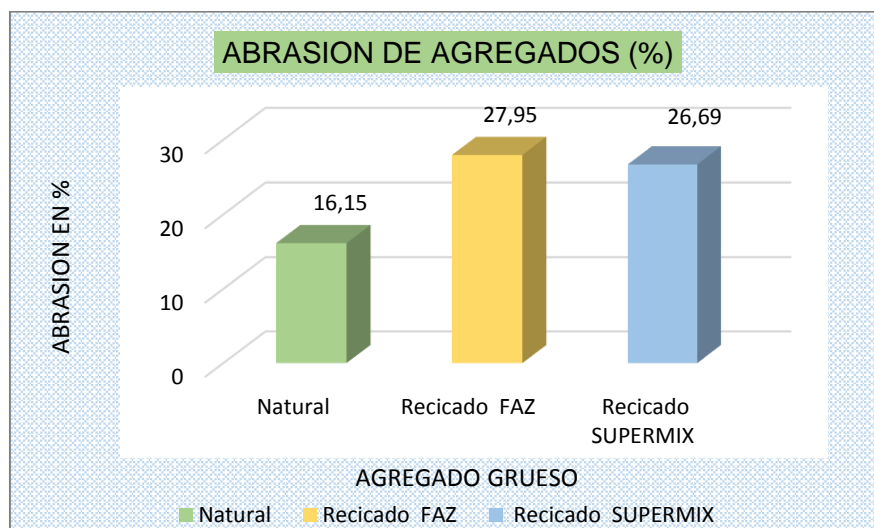
Se observa que peso unitario suelto y compactado se de los agregados convencionales se encuentran dentro de los márgenes establecidos por la norma. El peso unitario de los agregados en los concretos de peso normal, entre 2.2 y 2.4 g/cm³, generalmente varía entre 1.5 y 1.7 g/cm³, por lo tanto los datos obtenidos están dentro de los márgenes establecidos.

Los pesos unitarios de los agregados reciclados obtenidos son inferiores a los pesos de agregados convencionales, esta diferencia se debe a la presencia de mortero adherido en el agregado reciclado.

5.1.5. ABRASIÓN

La norma indica que los agregados sometidos a abrasión no deberán de tener una pérdida mayor del 50%.

Gráfico N°59: Abrasión de agregados usados



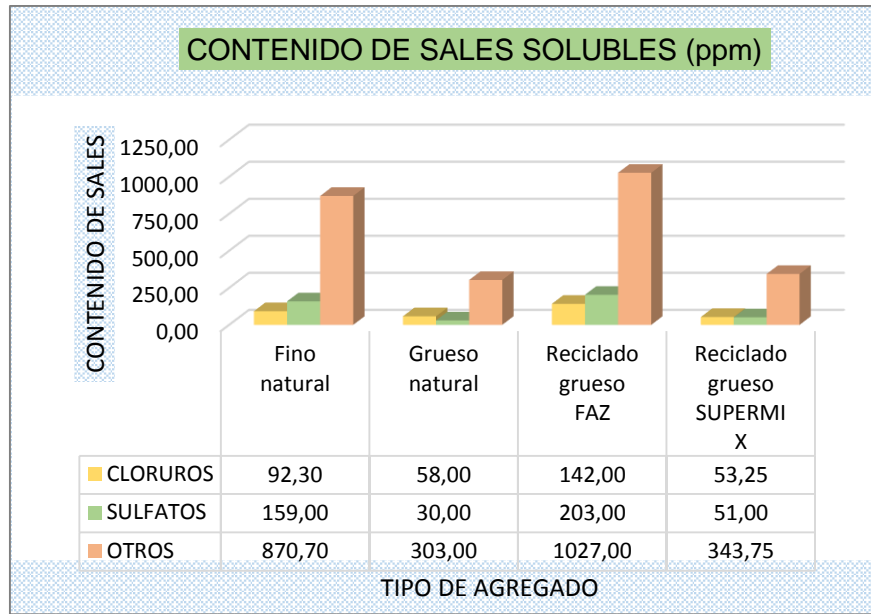
Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de Los Ángeles en agregados reciclados presenta valores superiores debido a que en dicho ensayo no solamente se produce la correspondiente pérdida de peso del agregado natural sino también la derivada de eliminar la totalidad del mortero adherido.

5.1.6. CONTENIDO DE SALES

El contenido de sales solubles que deberían de tener los agregados, no deberá de exceder al 0.4 %, de acuerdo a la norma.

Gráfico N°60: Contenido de sales en agregados usados



Fuente: Elaboración propia

Los agregados cuyo origen son los residuos de demoliciones tienen un contenido de sales mayor a los demás agregados, estas sales pueden reaccionar químicamente impidiendo o modificando el proceso normal de fragua del cemento. La presencia de tales sales también puede contribuir a incrementar la exudación de la mezcla, o la eflorescencia de las mismas hacia la superficie de concreto deteriorando la apariencia del mismo.

Los valores obtenidos, se encuentran dentro de los parámetros que indica la norma.

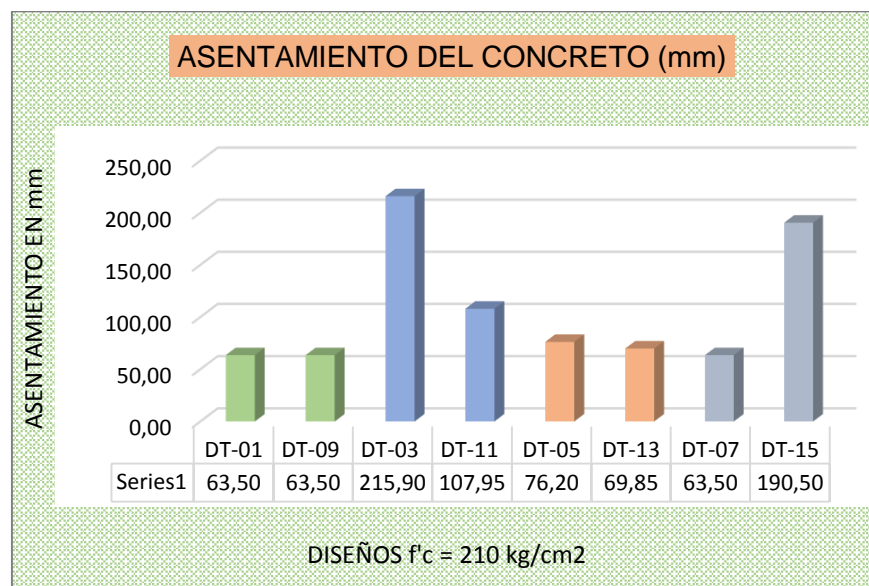
5.2. CONCRETO RECICLADO

5.2.1. ASENTAMIENTO

La consistencia es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose por ello que cuando más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

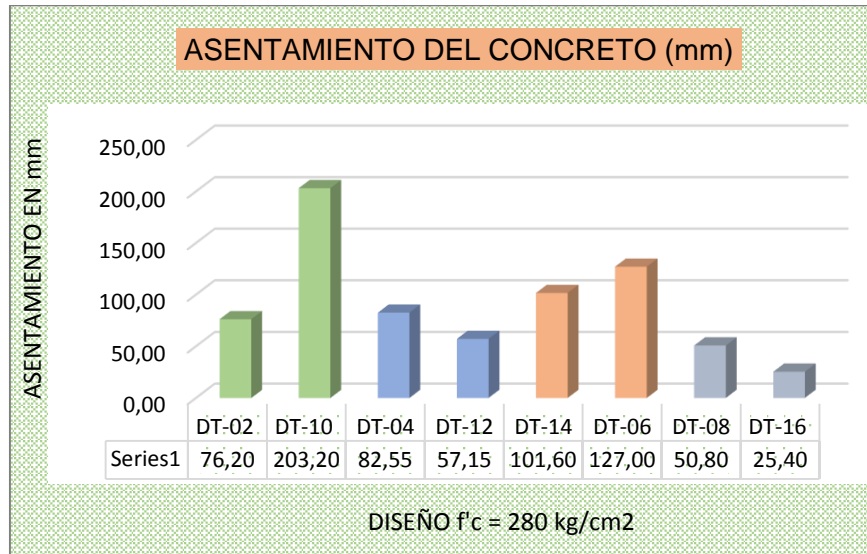
En los diseños de mezclas realizados en este trabajo de investigación se midieron asentamientos de 1" a 8.5", correspondientes a consistencias secas, plásticas y fluidas.

Gráfico N°61: Asentamiento de diseños con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°62: Asentamiento de diseños con $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$



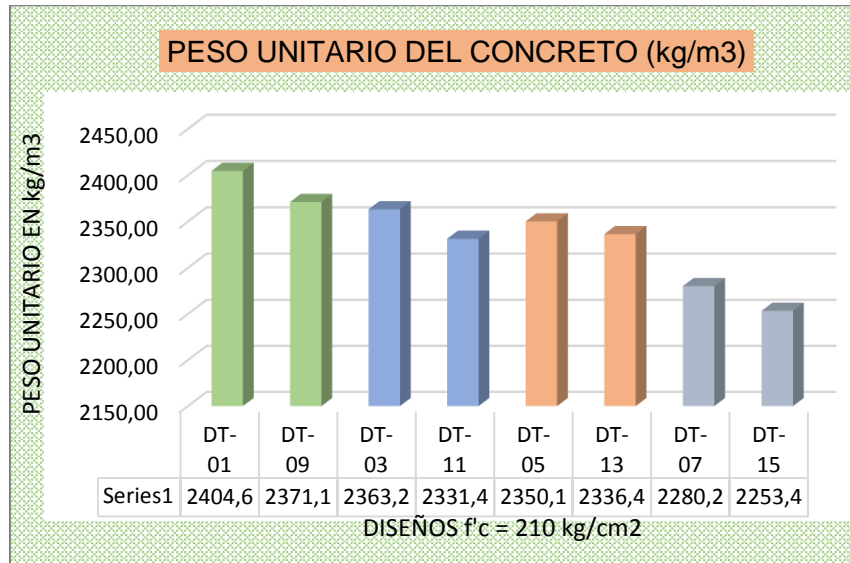
Fuente: Elaboración propia

La fabricación de concretos con agregados reciclados conlleva un aumento de la consistencia, para una misma relación agua-cemento, respecto a un concreto convencional. Al presentar los agregados reciclados valores elevados en su absorción, la cantidad de agua absorbida por los áridos durante el proceso de mezclado del concreto será tanto más importante cuanto mayor sea el porcentaje de sustitución del agregado.

5.2.2. PESO UNITARIO

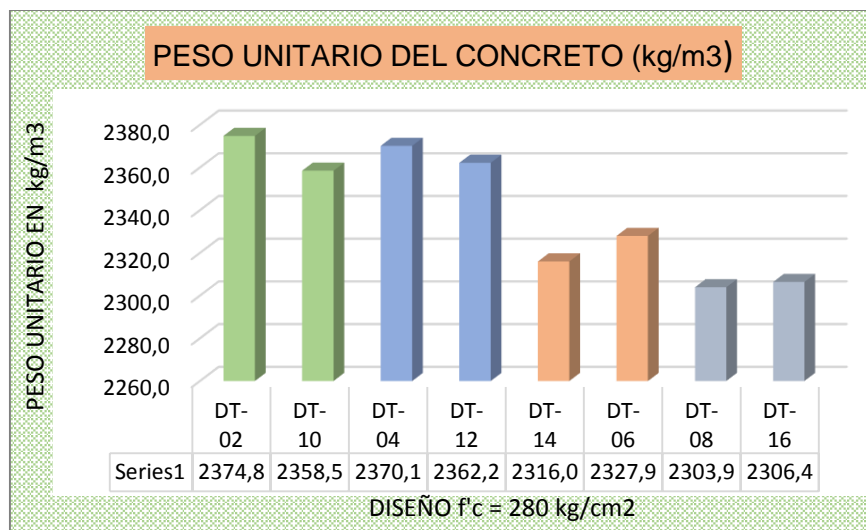
Los valores del peso unitario varían entre $2\ 314$ y $2\ 442 \text{ kg/m}^3$, clasificándose como concretos de peso normal ($1\ 700$ - $2\ 500 \text{ kg/m}^3$).

Gráfico N°63: Peso unitario de diseños con $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°64: Peso unitario de diseños con $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

El peso unitario del concreto fresco fabricado con agregado reciclado tiene un peso clasificado como normal pero es inferior a la del concreto convencional, debido a la menor densidad que presenta el agregado reciclado como consecuencia del mortero adherido que envuelve a la matriz rocosa.

Los factores que afectan el peso unitario del concreto reciclado son el tipo de agregado, porcentaje de sustitución y consistencia (slump).

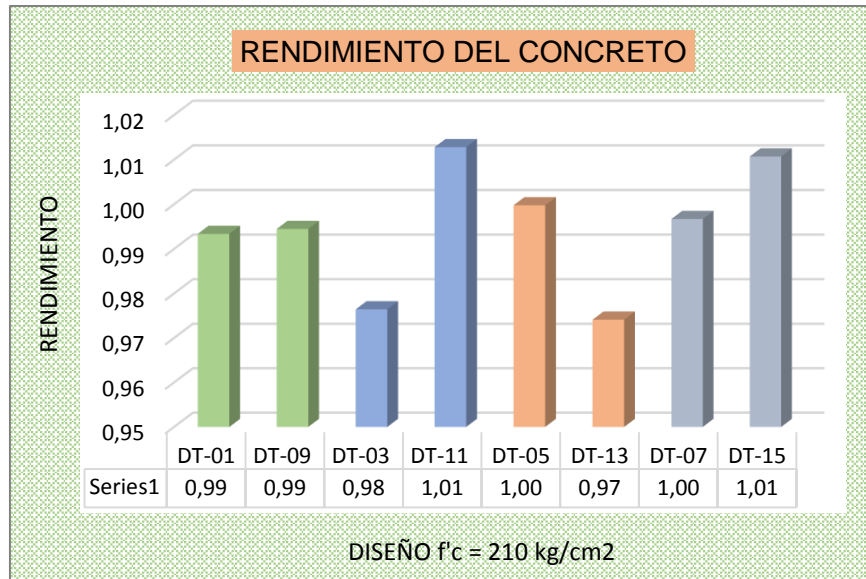
A medida que aumenta el porcentaje de sustitución de agregado reciclado por agregado natural se obtienen concreto con pesos unitarios menores, siendo como más bajo cuando se hace uso de agregados 100% reciclados.

En cuanto a las consistencias se puede observar que un concreto con consistencia seca tendrá más peso unitario que uno de consistencia plástica y fluida.

5.2.3. RENDIMIENTO DEL CONCRETO

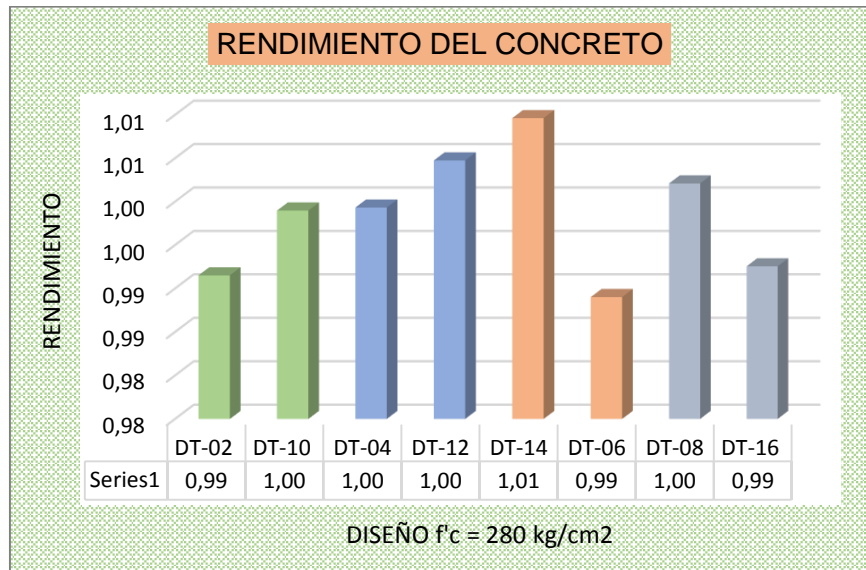
El factor que influye sobre el rendimiento en el concreto reciclado es el Contenido de aditivo, los diseños de concreto reciclado con aditivos presenta ligeramente mayor rendimiento que el Los diseños de concreto sin aditivo.

Gráfico N°65: Rendimiento de diseños con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°66: Rendimiento de diseños con $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$



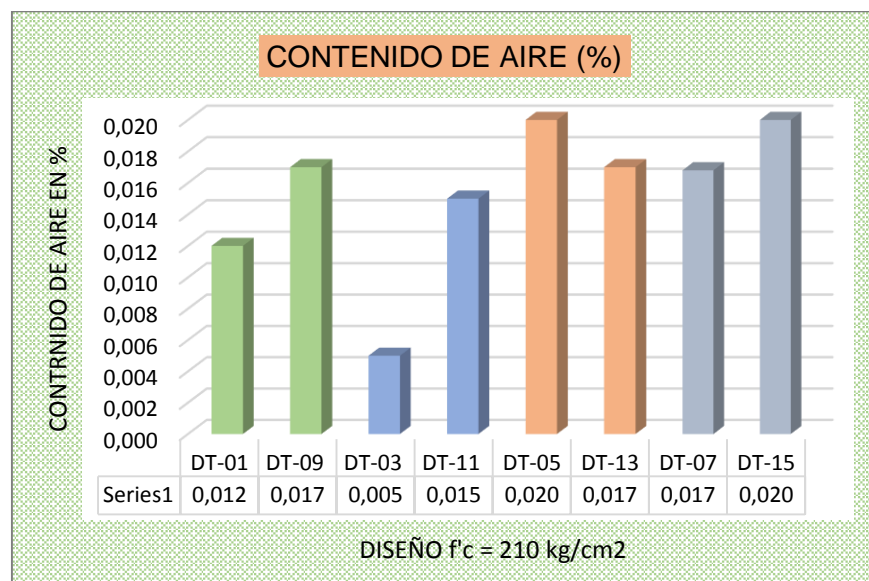
Fuente: Elaboración propia

5.2.4. CONTENIDO DE AIRE

El factor que influye sobre el contenido de aire del concreto reciclado en estado fresco es el tipo de agregado; los diseños de concreto con RCD's-FAZ presenta menos contenido de aire que los diseños de concreto RCD's-SUPERMIX.

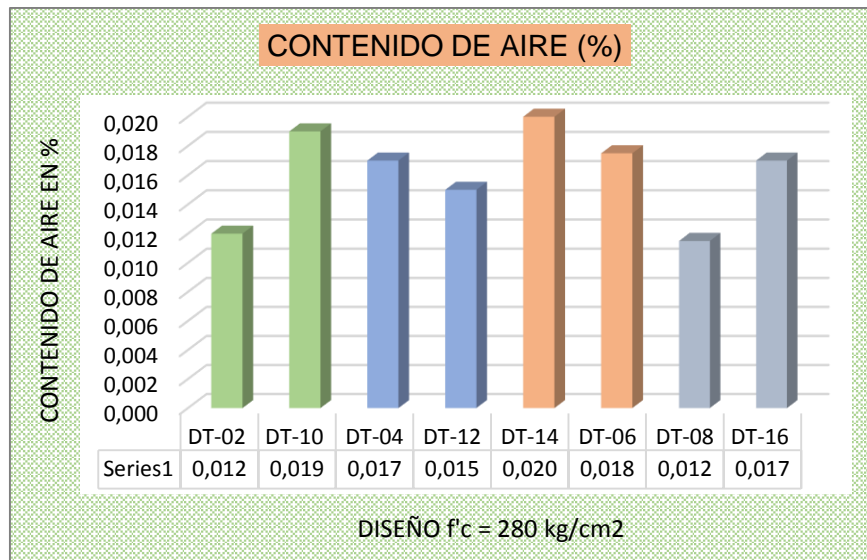
El contenido de aire atrapado para mezclas sin aire incorporado y con aire incorporado aumenta conforme disminuye el tamaño máximo del agregado grueso. A continuación se muestra el contenido de aire de cada diseño de mezcla:

Gráfico N°66: Contenido de aire en diseños con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°67: Contenido de aire en diseños con $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

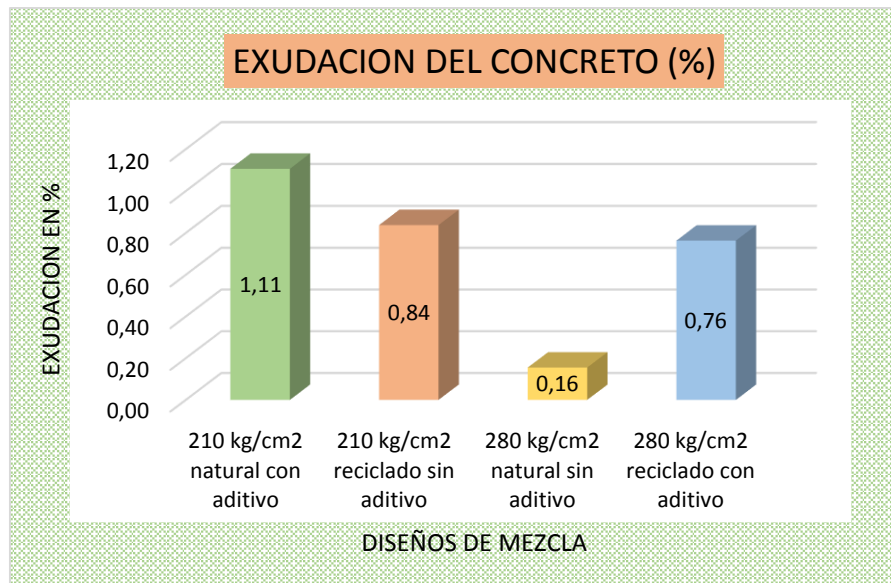


Fuente: Elaboración propia

5.2.5. EXUDACIÓN

A continuación se presenta los datos analizados que corresponden a los resultados, obtenidos de la medida de la exudación del concreto reciclado y convencional en estado fresco realizado en cada uno de los diseño.

Gráfico N°67: Exudación del concreto en estado fresco



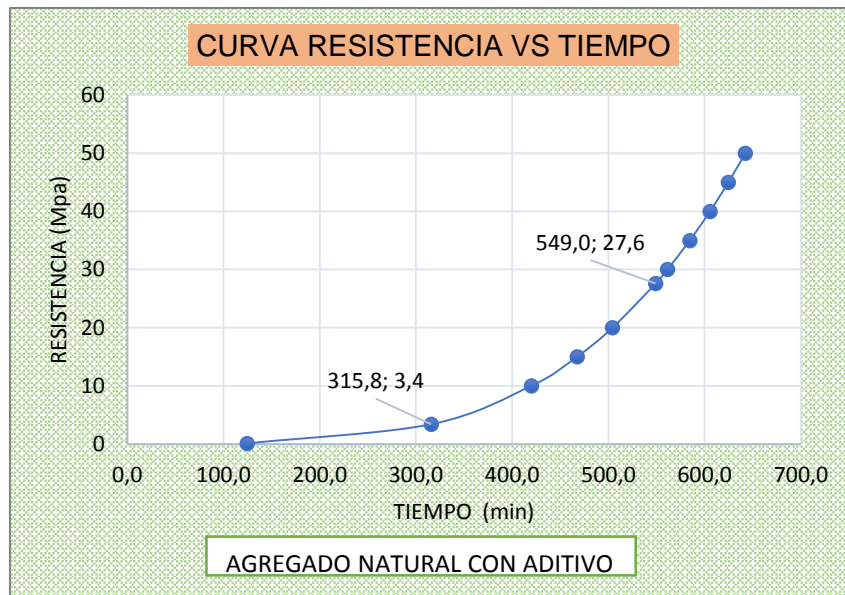
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se puede observar que los concretos reciclados tienen mayor exudación que los concretos convencionales, pero son similares por lo tanto el curado de ambos concretos deberá hacerse de manera convencional para asegurar que se compense la pérdida de agua debido a las fuertes temperaturas ambientales, y de esta manera no se vean disminuidas las resistencias a la compresión del concreto.

5.2.6. TIEMPO DE FRAGUADO

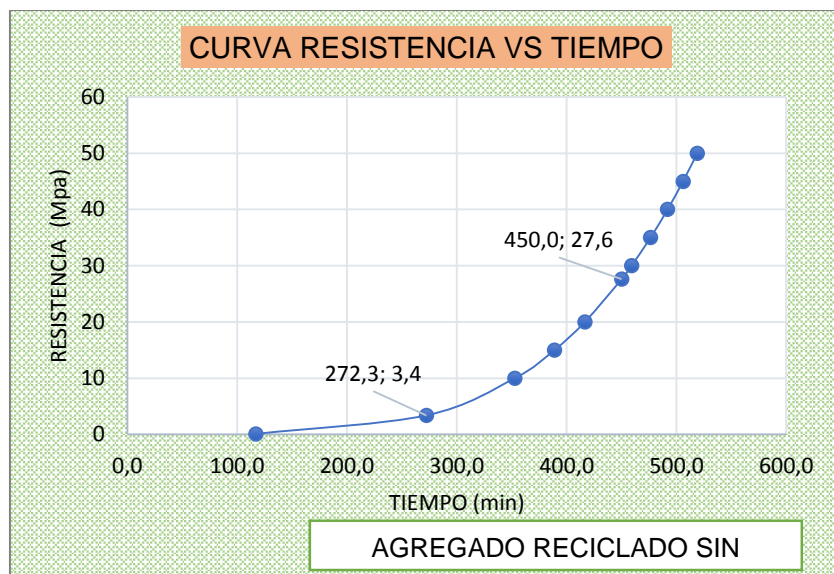
A continuación se presenta los datos analizados que corresponden a los resultados, obtenidos de la medida del tiempo de fraguado del concreto reciclado y convencional en estado fresco realizado en cada uno de los diseños.

Gráfico N°68: Tiempo de fraguado del concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



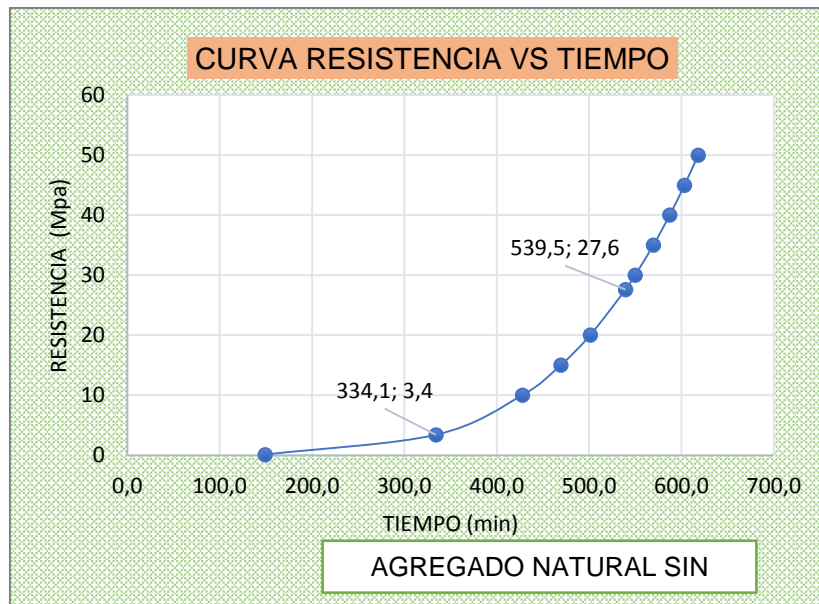
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°69: Tiempo de fraguado del concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



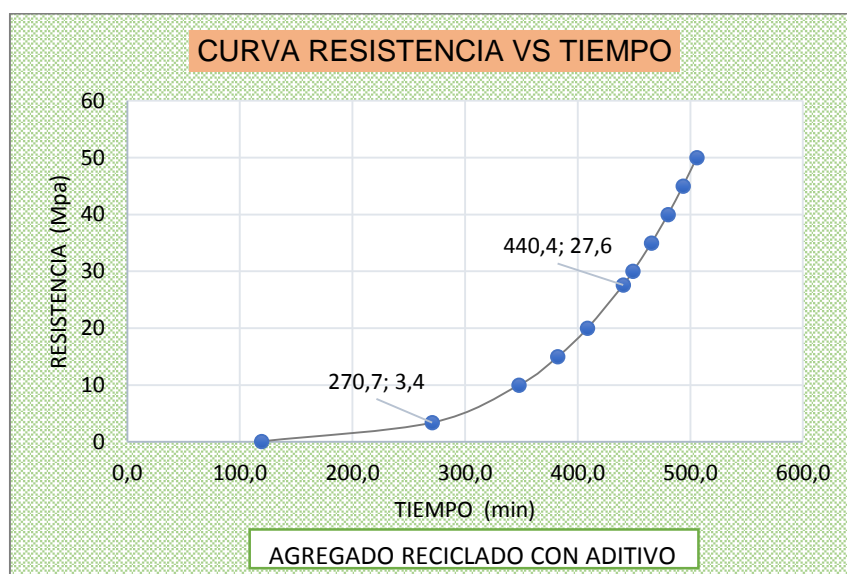
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°70: Tiempo de fraguado del concreto con $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°71: Tiempo de fraguado del concreto con $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

De los gráficos se puede observar que los diseños con uso de aditivo sikament 306N que es un aditivo plastificante que hace que el tiempo inicial y final de fragua sean menores.

Los concretos reciclados fraguan más rápido así no tengan aditivos en sus diseños esto es una ventaja ya que serán menores los tiempos de fraguado por lo tanto se disminuirán los tiempos en el desencofrado.

Cabe resaltar que todos los diseños fueron con cemento tipo HE que en cierto modo contribuye al rápido fraguado del concreto porque es un cemento de alta resistencia inicial.

Estos tiempos variaran de acuerdo a las condiciones climáticas que se presenten puesto que a menor temperatura de ambiente los tiempos de fragua se prolongaran.

En los ensayos realizados fueron a condiciones climáticas para la ciudad de Tacna y los resultados obtenidos fueron que para la fragua inicial están en el intervalo de 300-330 min para concretos convencionales y 270-275 min para concretos reciclados. Y la fragua final está en el intervalo de 540-5500 min para concretos convencionales y 440-450 min para concretos reciclados.

5.2.7. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Los factores que influyen sobre la resistencia a la compresión son el porcentaje de sustitución, resistencia a la compresión y contenido de aditivo. De los ensayos realizados:

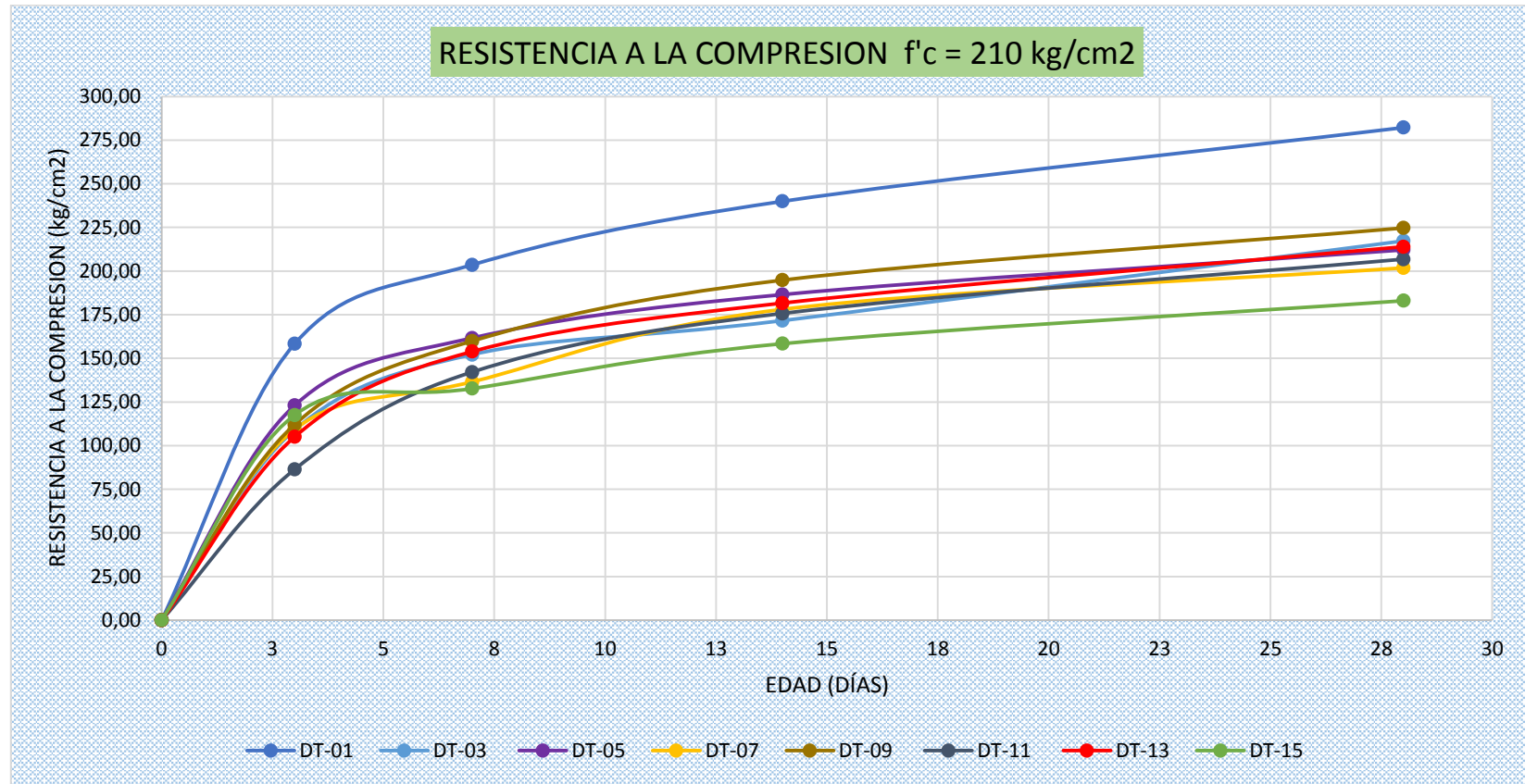
Para un porcentaje de sustitución de 0% se observa que los diseños con aditivos tienen mayor resistencia a la compresión.

Para un porcentaje de sustitución de 20% se observa que los diseños con aditivos tienen menor resistencia a la compresión esto puede ocurrir debido a la relación agua/cemento usadas eran diferentes.

Para un porcentaje de sustitución de 50% se observa que los diseños con aditivos tienen mayor resistencia a la compresión.

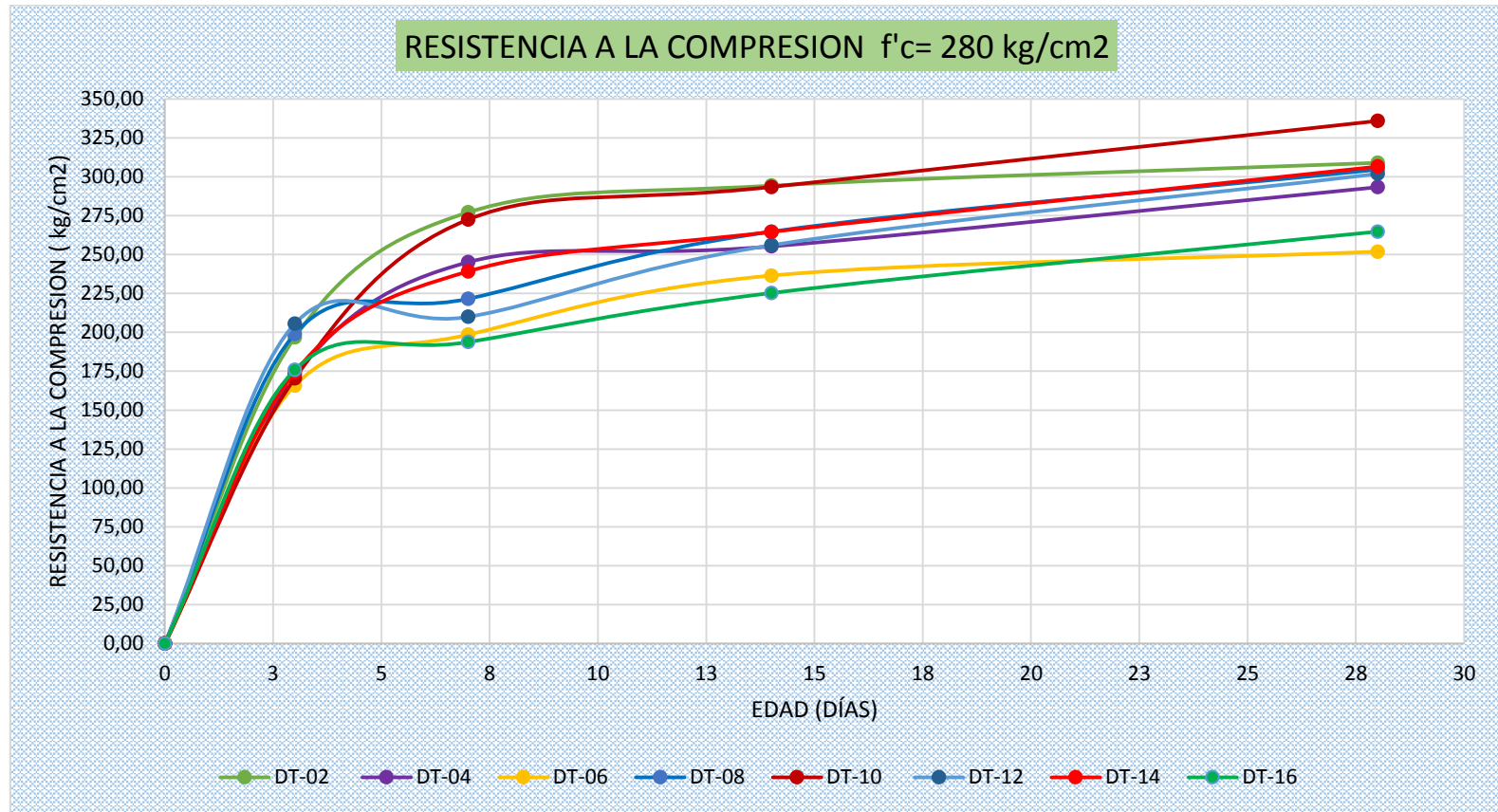
Para un porcentaje de sustitución de 100% se observa que los diseños con aditivos tienen mayor y menor resistencia a la compresión en este caso hay que estudiar el efecto de la relación agua/cemento puesto que es un indicador muy importante.

Gráfica 72: Resistencia a la compresión de diseños con $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 73: Resistencia a la compresión de diseños con $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

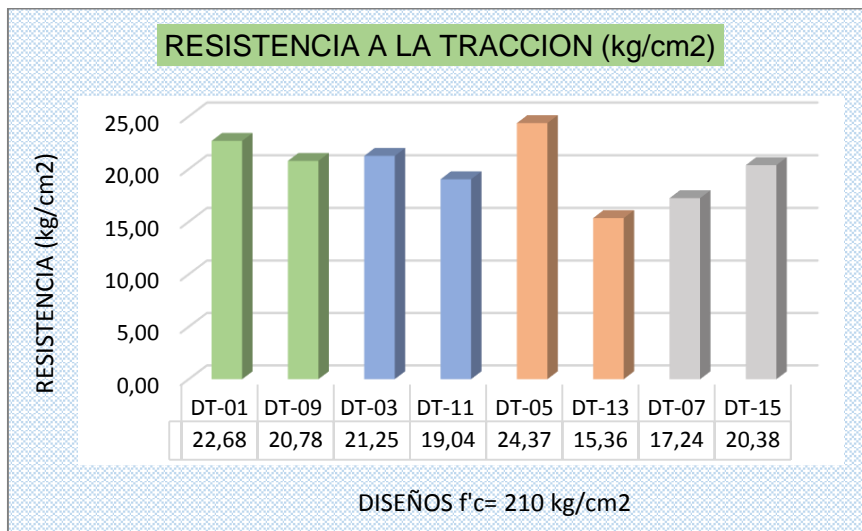


Fuente: Elaboración propia

5.2.8. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

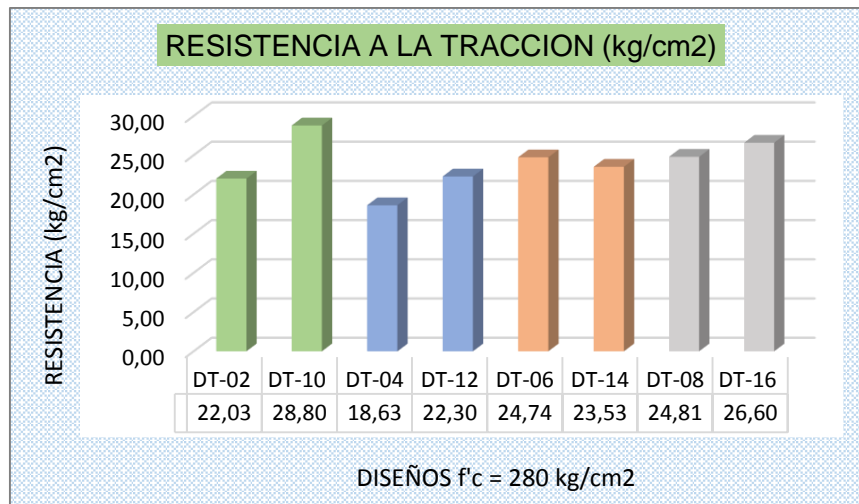
Un diseño de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, tiene menor resistencia a la tracción diametral que un diseño con $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.

Gráfico N°74: Resistencia a la tracción de diseños con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°75: Resistencia a la tracción de diseños con $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$



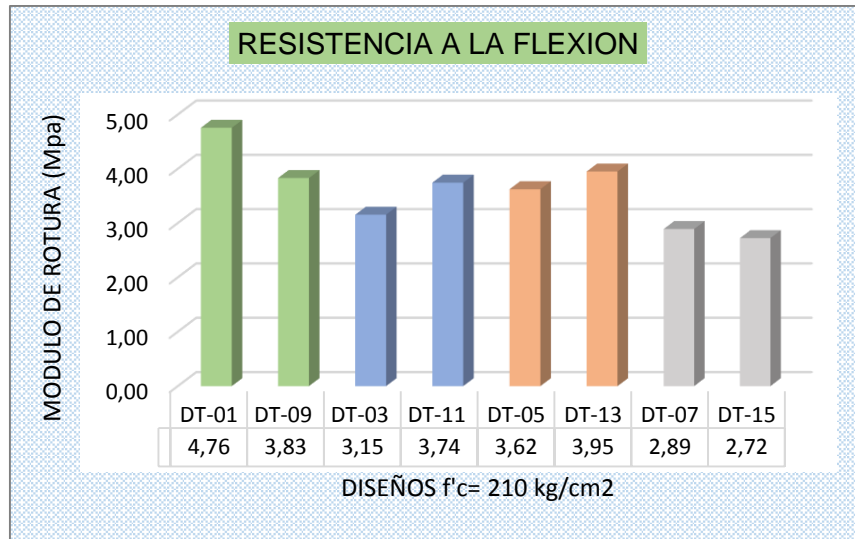
Fuente: Elaboración propia

El factor que influye sobre la resistencia a la tracción diametral del concreto reciclado es la resistencia a la compresión; como se sabe en un concreto convencional la resistencia a la tracción es aproximadamente del 10% de la resistencia a la compresión pudiéndose comprobar que también ocurre lo mismo en el concreto reciclado.

5.2.9. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

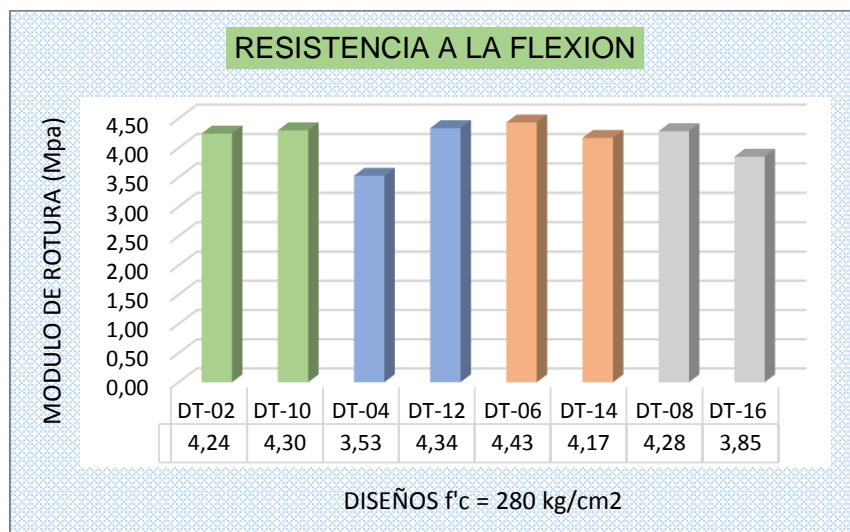
Los factores que influyen sobre la resistencia a la flexión del concreto reciclado son el porcentaje de sustitución, resistencia a la compresión y asentamiento.

Gráfico N°76: Resistencia a la tracción de diseños con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°77: Resistencia a la tracción de diseños con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

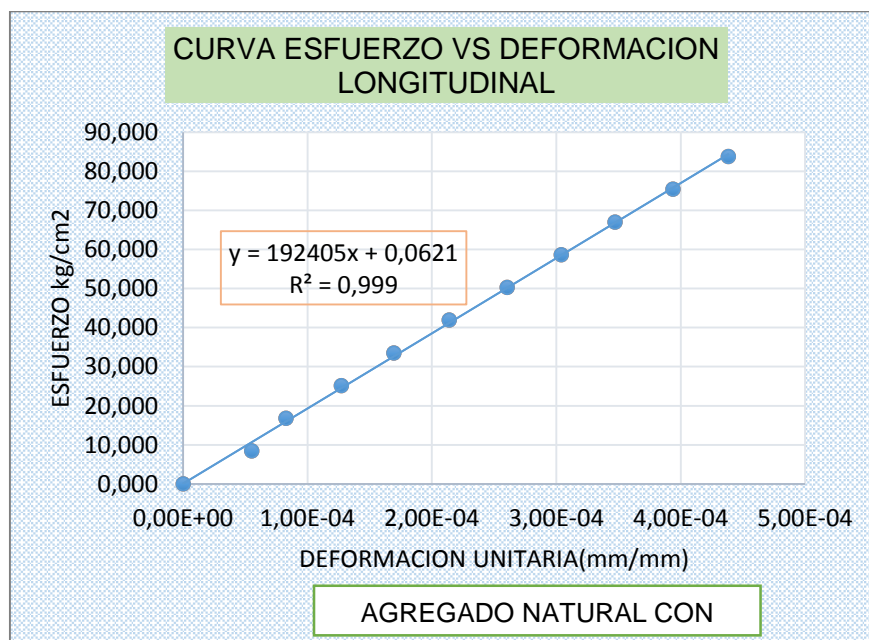
- ✘ Para un 0% de sustitución con $f'c=210$ kg/cm² se tiene que los diseño con consistencia seca tienen mayor resistencia a la flexión.
- ✘ Para un 0% de sustitución con $f'c=280$ kg/cm² se tiene que los diseño con consistencia fluida y plástica tiene similares resistencias a la flexión.
- ✘ Para un 20% de sustitución con $f'c=210$ kg/cm² se tiene que los diseño con consistencia plástica tienen mayor resistencia a la flexión en comparación con la de consistencia fluida.
- ✘ Para un 20% de sustitución con $f'c=280$ kg/cm² se tiene que los diseño con consistencia seca tiene mayor resistencias a la flexión en comparación con la de consistencia plástica.
- ✘ Para un 50% de sustitución con $f'c=210$ kg/cm² se tiene que los diseño con consistencia seca tienen mayor resistencia a la flexión en comparación con la de consistencia plástica.
- ✘ Para un 50% de sustitución con $f'c=280$ kg/cm² se tiene que los diseño con consistencia fluida tiene mayor resistencias a la flexión en comparación con la de consistencia plástica.
- ✘ Para un 100% de sustitución con $f'c=210$ kg/cm² se tiene que los diseño con consistencia plástica tienen mayor resistencia a la flexión en comparación con la de consistencia fluida.

- ✎ Para un 100% de sustitución con $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ se tiene que los diseño con consistencia seca tiene mayor resistencias a la flexión en comparación con la de consistencia plástica.

5.2.10. MÓDULO DE ELASTICIDAD Y COEFICIENTE DE POISSON

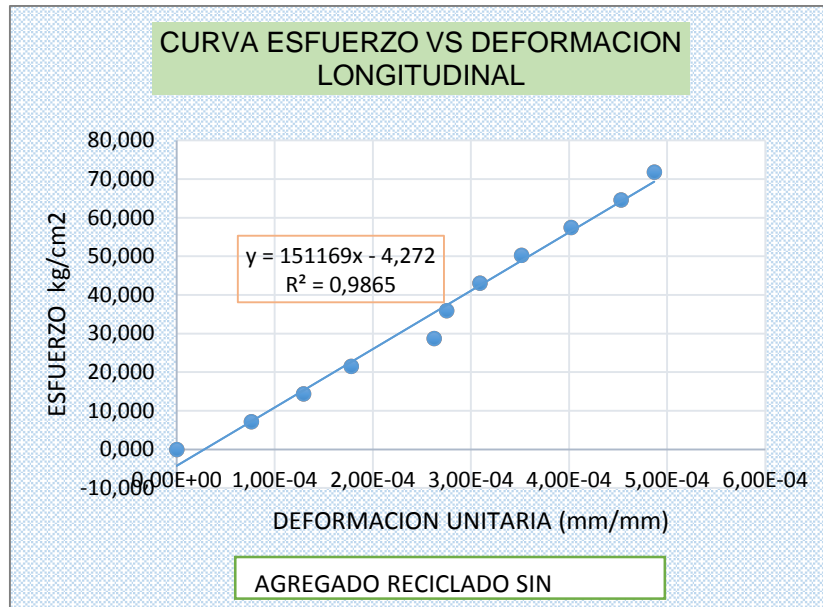
A continuación se presenta los datos analizados que corresponden a los resultados, obtenidos de la medida del módulo de elasticidad de las probetas de concreto reciclado y natural a los 28 días en estado endurecido y realizado en cuatro diseños, los análisis obtenidos se pueden observar en los siguientes gráficos:

Gráfico N°78: Módulo de elasticidad de diseño con $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$



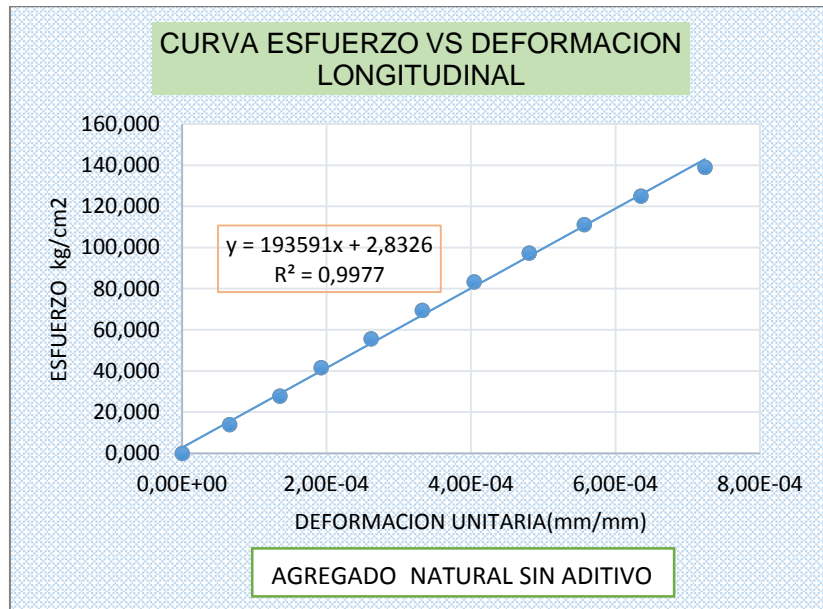
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°79: Módulo de elasticidad de diseño con $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$



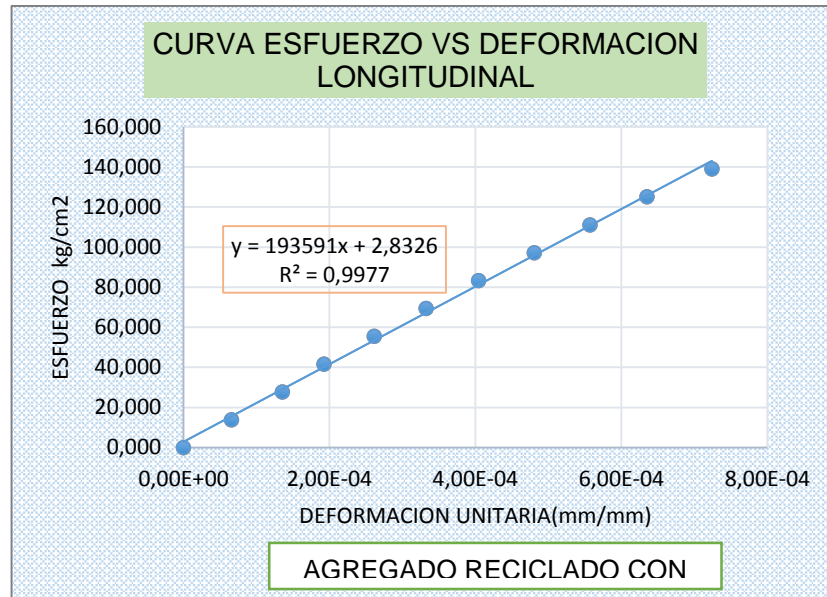
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°80: Módulo de elasticidad de diseño con $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°81: Módulo de elasticidad de diseño con $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$



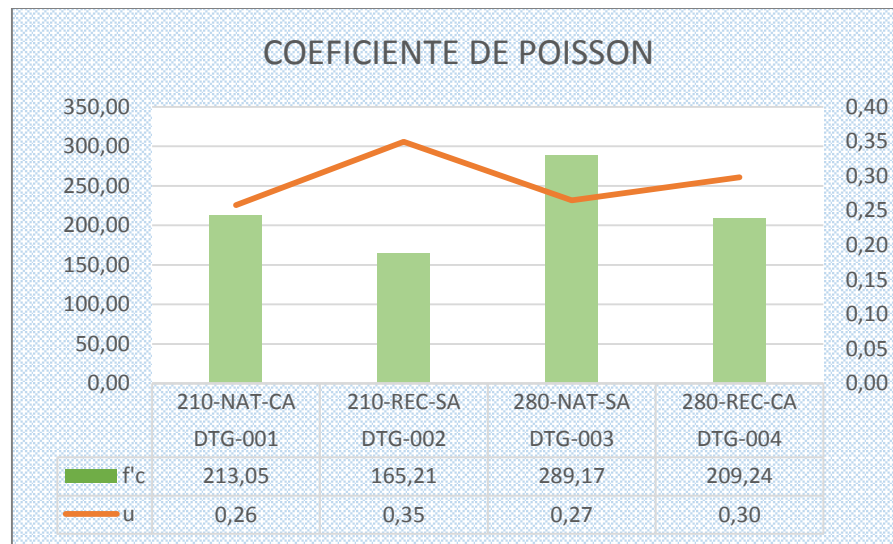
Fuente: Elaboración propia

De los gráficos anteriores se puede observar que el módulo de elasticidad depende de la resistencia del concreto para el caso del concreto reciclado se observa una disminución del módulo de elasticidad esto debido al tipo de los agregados.

En ambos casos concreto convencional y reciclado no cumplen con las formulas dadas para el cálculo de módulo de elasticidad que es $E = 15000 \times \sqrt{f'c}$, por lo que se recomienda hacer más frecuentes estos ensayos para un correcto uso de este valor que es muy importante al momento de hacer los diseños de las estructuras.

También se puede observar que la disminución del módulo respecto al de la formula esta entre el rango del 88% y 74%.

Gráfico N°82: Coeficiente de Poisson



Fuente: Elaboración propia

Respecto al ensayo de coeficiente de poisson están en un rango de 0,25-0,35. Este depende del módulo de elasticidad y de la resistencia a la compresión.

Se observa cierto aumento del módulo de poisson de los concretos reciclados respecto a los convencionales.

En el grafico se observa que el valor más alto obtenido de $u=0,35$ que tiene la menor resistencia a la compresión.

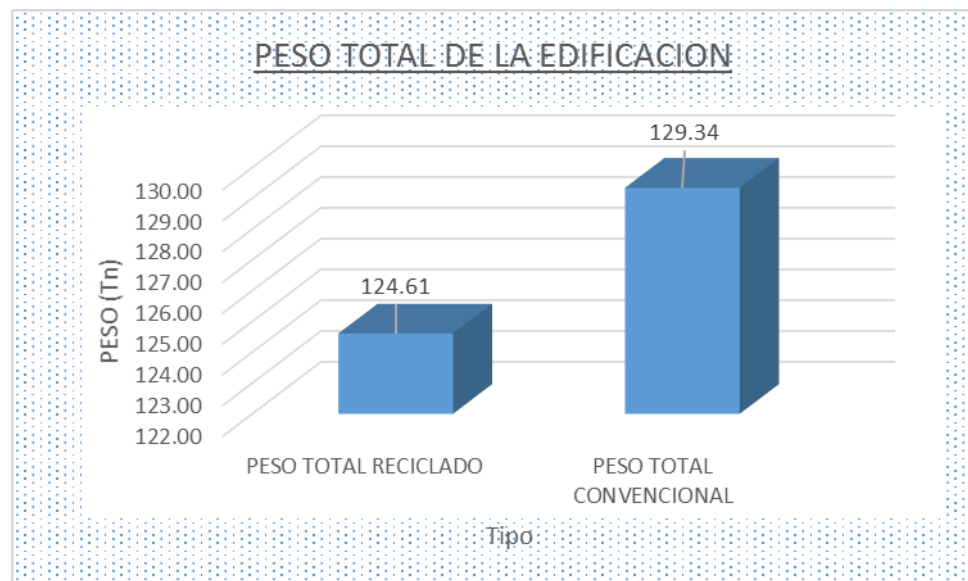
5.3. VIVIENDA DE CONCRETO RECICLADO

5.3.1. PESO DE LA VIVIENDA

Las viviendas de concreto reciclado son más ligeras si las comparamos con una vivienda convencional, esto se debe a que el peso unitario del concreto reciclado es de 2280 kg/m^3 .

En la siguiente figura se puede observar que la variación de peso es de 2 Toneladas aproximadamente, esto se debe a la presencia de mortero adherido que tienen los agregados reciclados.

Gráfico N°83: Peso total de la vivienda

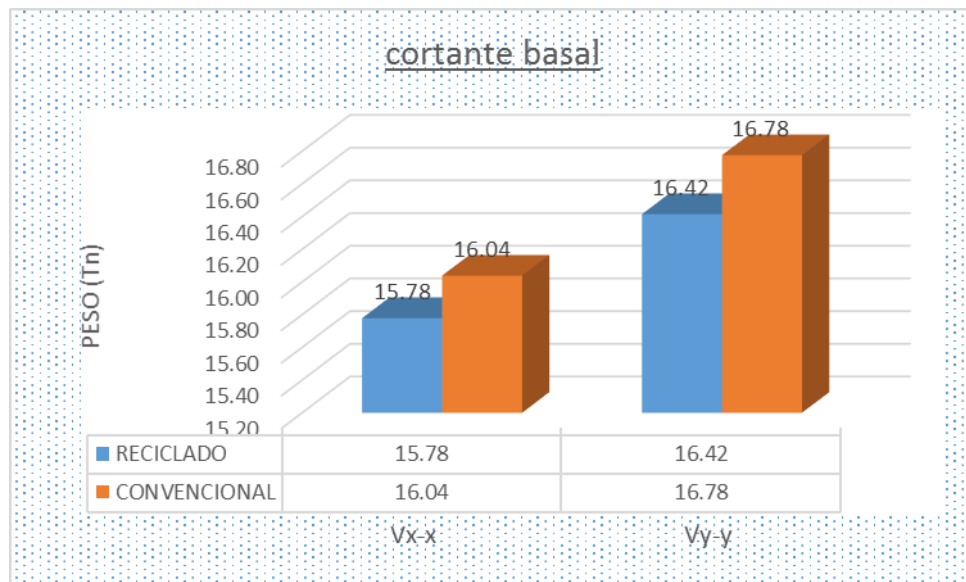


Fuente: Elaboración propia

5.3.2. FUERZA CORTANTE EN LA BASE

El peso de la estructura también modifica la cortante basal en el análisis estático.

Gráfico N°84: Cortante basal



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se puede observar que la variación es de 4,73 Tn,

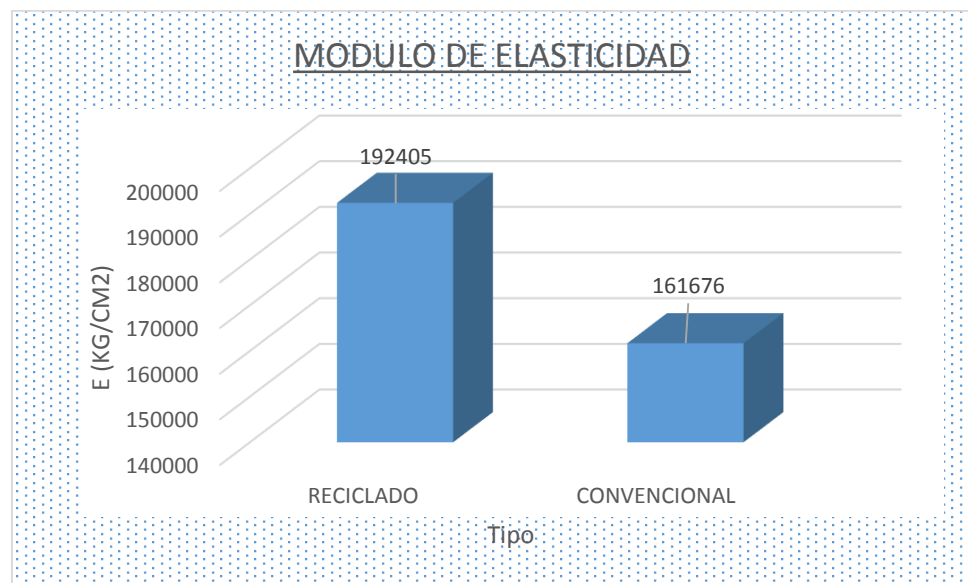
5.3.3. DESPLAZAMIENTOS

Las viviendas de concreto reciclado y convencional no tienen los mismos desplazamientos, las viviendas de concreto reciclado tienen desplazamiento mayores debido a que el peso de la vivienda es inferior a la de un concreto convencional, aun así los desplazamientos cálculos se

encuentran dentro de los parámetros que especifica la Norma E 030. Ningún desplazamiento es mayor a 0,007.

El aumento en el desplazamiento también se debe a la disminución del módulo de elasticidad. Según el ensayo realizado en la Universidad Nacional de Ingeniería, el módulo de elasticidad varía en un 10% aproximadamente.

Gráfico N°85: Modulo de elasticidad del concreto



Fuente: Elaboración propia

5.3.4. COSTOS

Los costos varían de acuerdo al diseño de mezcla elegido, el diseño más económico es el diseño DT-07, en el cual el metro cubico de concreto es

de S/.179,36 Si lo comparamos con el costo de un metro cubico de concreto convencional, la diferencia es de S/.2,77.

Tabla N° 107: Diferencia en el costo de concreto

TIPO DE CONCRETO	METRADO (m3)	PRECIO (S/.)	TOTAL (S/.)	DIFERENCIA (s/.)
CONVENCIONAL	155.82	179.36	27948.04	431.86
RECICLADO	155.82	182.13	28379.91	

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- ✎ Se declara la hipótesis como nula, no es viable el uso de concreto reciclado para la construcción de viviendas en la ciudad de Tacna. Por su elevado costo de fabricación debido a que el costo de fabricación de los agregados reciclados son mayores a los naturales.
- ✎ Las propiedades físicas mecánicas y químicas de los agregados reciclados provenientes de residuos de construcción y demolición se encuentran dentro de los parámetros que exigen las Normas NTP y ASTM.
- ✎ Los agregados reciclados procedentes de RCD's tiene propiedades semejantes en comparación con los agregados convencionales, la principal diferencia radica en el bajo peso específico que tiene, por lo tanto absorberá más agua que los agregados convencionales.
- ✎ Las variaciones que se puedan presentar entre las propiedades de los diferentes agregados reciclados de concreto son en función del tipo de concreto demolido, su estado de conservación y por último del proceso de reciclaje.

- ✗ El tamaño máximo del agregado reciclado usado para la fabricación de concreto reciclado, dependerá del tipo de máquina trituradora que se emplee.
- ✗ Para obtener las resistencias requeridas, es necesario que el origen del agregado reciclado sea lo más homogéneo posible, evitando mezclar agregados provenientes de resistencias diferentes.
- ✗ El uso de aditivo plastificante le otorga mejoras a las propiedades finales del concreto reciclado, para obtener una dosificación económica es necesario no exceder el 1,5% de aditivo.
- ✗ En la presente investigación se recicló concreto estructural para su uso en elementos estructurales, el reciclaje de otros tipos de concreto se recomienda hacerlo uso para el mismo servicio que tuvo el concreto original
- ✗ Para obtener consistencias deseadas es necesario aumentar el contenido de agua en el diseño de mezcla o aditivos plastificantes.
- ✗ Los estudios realizados demuestran que las propiedades del concreto reciclado son similares pero inferiores a las propiedades de un concreto convencional.
- ✗ El concreto reciclado tiene menos peso unitario que un concreto convencional, por lo tanto podemos afirmar que el peso de la estructura de una vivienda construida con concreto reciclado es menor en comparación

con una vivienda de concreto convencional. Aproximadamente 4 toneladas en el prototipo diseñado.

✂ Las viviendas de concreto reciclado tienen mayor desplazamiento que una vivienda construida con concreto convencional, esto se debe a la disminución del módulo de elasticidad y la disminución del peso de la estructura.

✂ El costo de concreto reciclado es mayor en comparación con un concreto convencional, debido a que el costo de producción de los agregados reciclados es mayor al costo de los agregados convencionales.

✂ Una vivienda de concreto reciclado tendrá una vida útil inferior a una vivienda de concreto convencional, debido a que el agregado reciclado es de menor calidad a comparación de un agregado convencional.

✂ Técnicamente si es viable el uso de concreto reciclado para la construcción de viviendas en la ciudad de Tacna, ya que cumple con los principios de seguridad, funcionalidad, pero económicamente no es viable puesto que encarece el costo del concreto.

RECOMENDACIONES

- ✗ Realizar ensayos de durabilidad para estudiar factores como el intemperismo, el ataque químico, la abrasión, o cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, producen el deterioro del concreto.
- ✗ Realizar ensayos a escala real para garantizar el comportamiento de la estructura ante sollicitaciones de gran magnitud como sismos.
- ✗ Realizar estudios físico-químicos con anticipación de los agregados para garantizar su uso en la fabricación de concreto.
- ✗ Hacer más estudios respecto a los agregados a reciclados puesto que en la presente tesis solo se tuvo en cuenta agregados provenientes de elementos estructurales con $f'c > 210 \text{ kg/cm}^2$.
- ✗ Los diseños de mezcla deberán lo más económicos posibles, así el costo del concreto reciclado no será más elevado en comparación con el concreto convencional.
- ✗ Realizar el control de calidad de los agregados con frecuencia, así garantizaremos la calidad del concreto reciclado.
- ✗ Es recomendable que la producción de agregado reciclado se realice de acuerdo al procedimiento descrito por el comité del ACI 555.

- ✗ Los agregados reciclados deberán de ser lo más homogéneos posibles, así aseguraremos que las propiedades del concreto sean similares a las de un concreto convencional.
- ✗ Usar aditivo en un porcentaje de 0,5% a 1% porque el concreto obtiene mejores propiedades como resistencia a la compresión, tracción y flexión.
- ✗ Hacer estudios sobre la viabilidad del uso de la arena reciclada para la fabricación de concreto.
- ✗ Hacer estudios del concreto reciclado para su aplicación en pavimentos rígidos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Fernando López Gayarre.
“Influencia de la variación de los parámetros de dosificación y fabricación de hormigón reciclado estructural sobre sus propiedades físicas y mecánicas”.
Tesis doctoral –Universidad de Oviedo.
España – 2008.
2. Carlos Mauricio Bedoya Montoya.
“El concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles”.
Tesis – Universidad de Colombia.
Colombia – 2003.
3. “Aprovechamiento de los escombros para la producción de concreto”.
II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos – Barranquilla.
24 y 25 de Septiembre de 2009.
4. “Materiales de construcción: criterios de sostenibilidad y desarrollo”.
VIII Jornada Iberoamericana de materiales de construcción- Lima –Perú,
23 y 24 de Agosto del 2010.
5. “Manejo de residuos de la actividad de la construcción”
Norma Técnica Peruana 400.05 - Revisada en el 2014

6. Enrique Rivva López.
“Materiales para el concreto”.
Perú – 20000.

7. Enrique Rivva López
“Diseño de mezclas”
Perú – 1992

8. Flavio Abanto Castillo
“Tecnología del concreto”
Perú – Lima

ANEXO 1

RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION EN LA CIUDAD DE TACNA

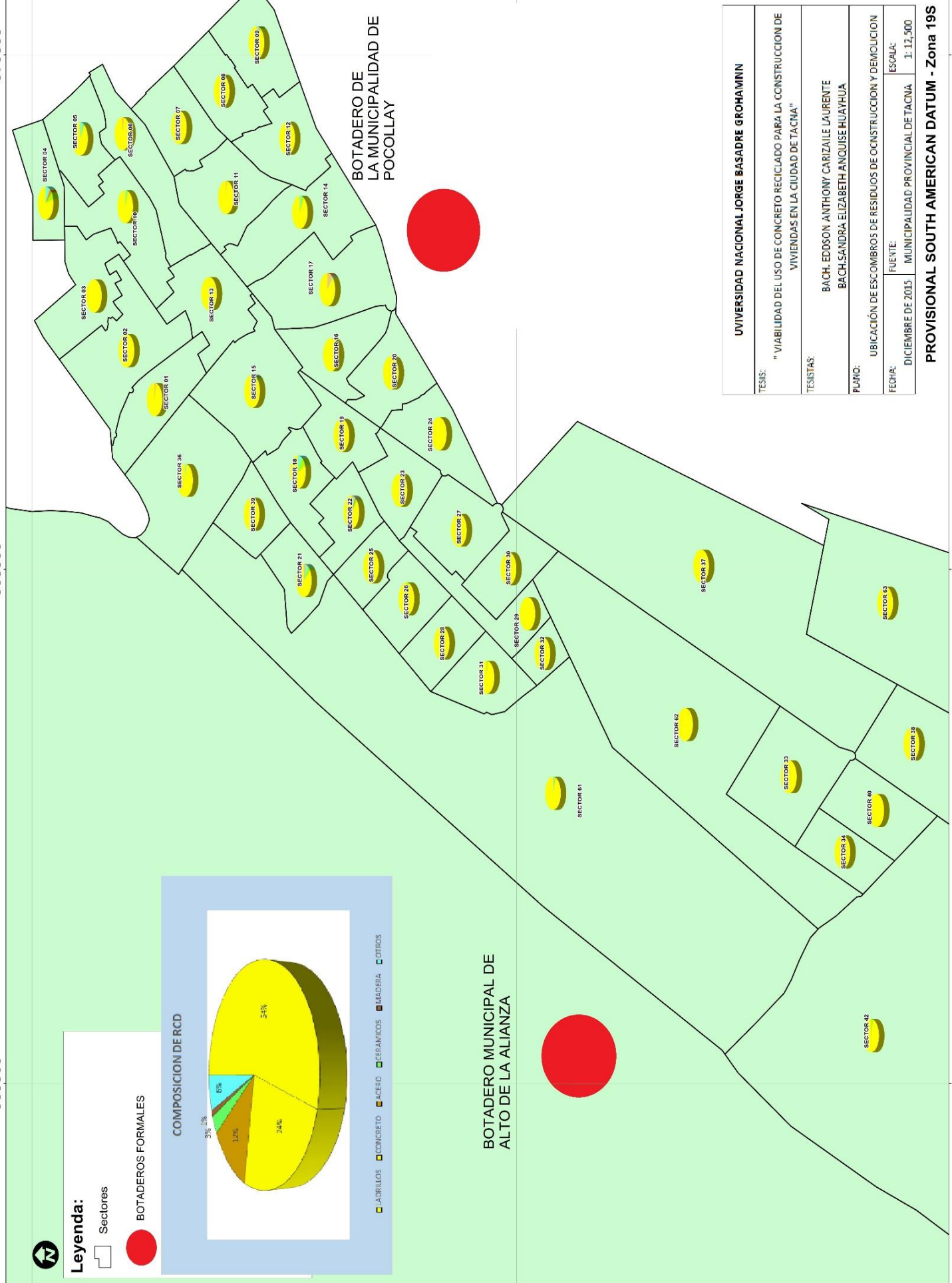
8010000

8005000

370000

365000

360000



BOTADERO DE LA MUNICIPALIDAD DE POCOLAY

BOTADERO MUNICIPAL DE ALTO DE LA ALIANZA

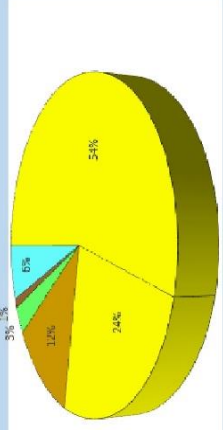
Leyenda:

■ Sectores



BOTADEROS FORMALES

COMPOSICION DE RCDC



■ LADRILLOS ■ CONCRETO ■ ACEO ■ CERAMICOS ■ MADERA ■ OTROS

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHAMMIN

TESIS: "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO REICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

TESISTAS:
BACH. EDDISON ANTHONY CARIZALLE LAURENTE
BACH. SANDRA ELIZABETH ANQUISE HUAYHUA

PLANO: UBICACION DE ESCOMBROS DE RESIDUOS DE OCNSRUCCION Y DEMOLICION

FECHA: DICIEMBRE DE 2015 FUENTE: MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TACNA ESCALA: 1:12,500

PROVISIONAL SOUTH AMERICAN DATUM - Zona 19S

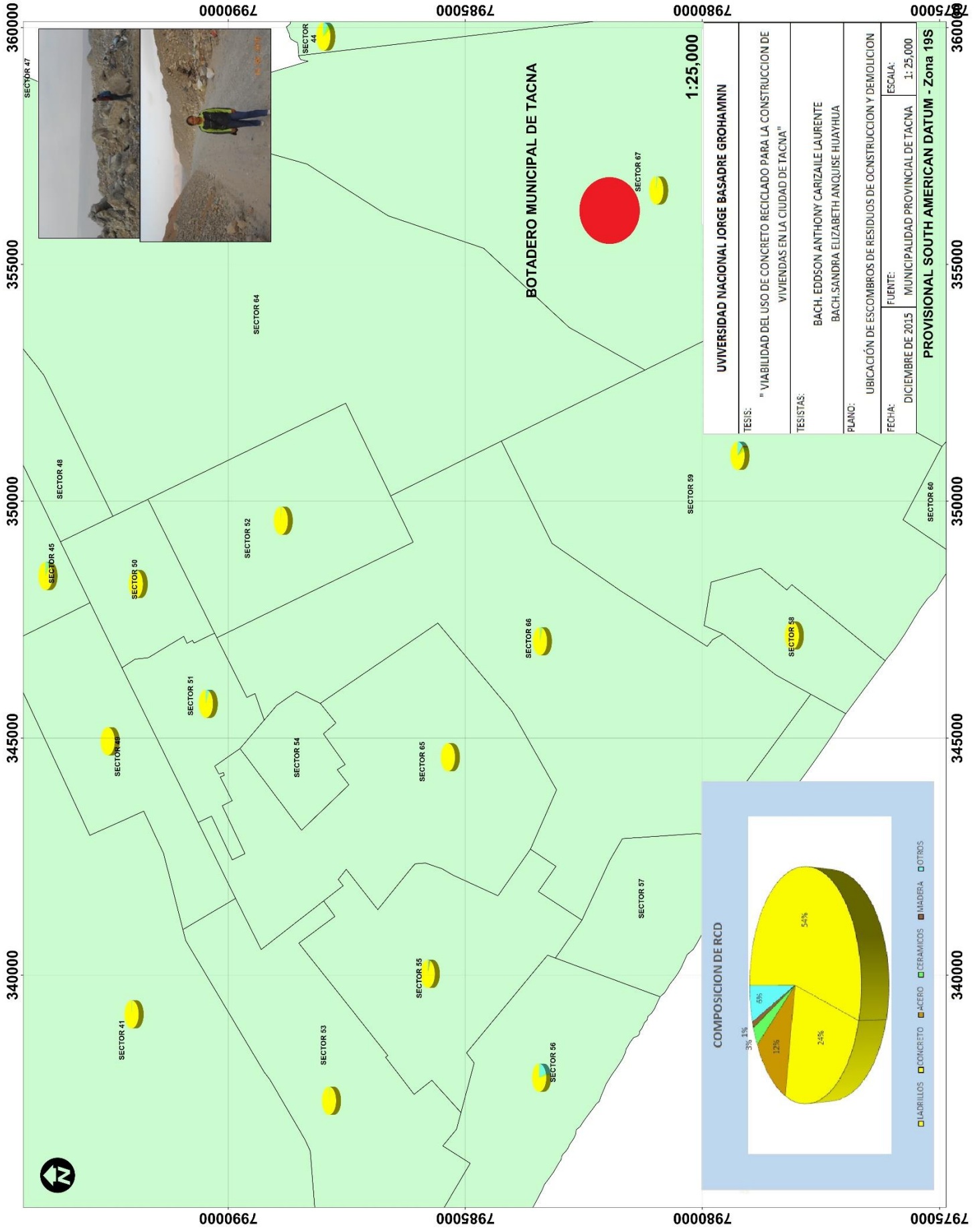
365000

360000

370000

8010000

8005000





MPT

META 09:

IDENTIFICACION,
CUANTIFICACION
Y CLASIFICACION
DE LOS RESIDUOS
DE LA CONSTRUCCION
Y LA DEMOLICION
DEPOSITADOS EN
ESPACIOS PUBLICOS

UBICACION:

REGION: TACNA
PROVINCIA: TACNA
DISTRITOS: TACNA
SECTORES: 67

ALCALDE:

Ing. Fidel Carita M.
GERENTE MUNICIPAL
Abog. Ela Maldonado
GTE. SERV. PUB. LOC.
Prof. Rosana Reynoso.
S.G. GES. AMB. SALUD
Ing. Jose Lozada R.
JEFE UNID GES. RES. S.
Sr. Juan Calderón V.

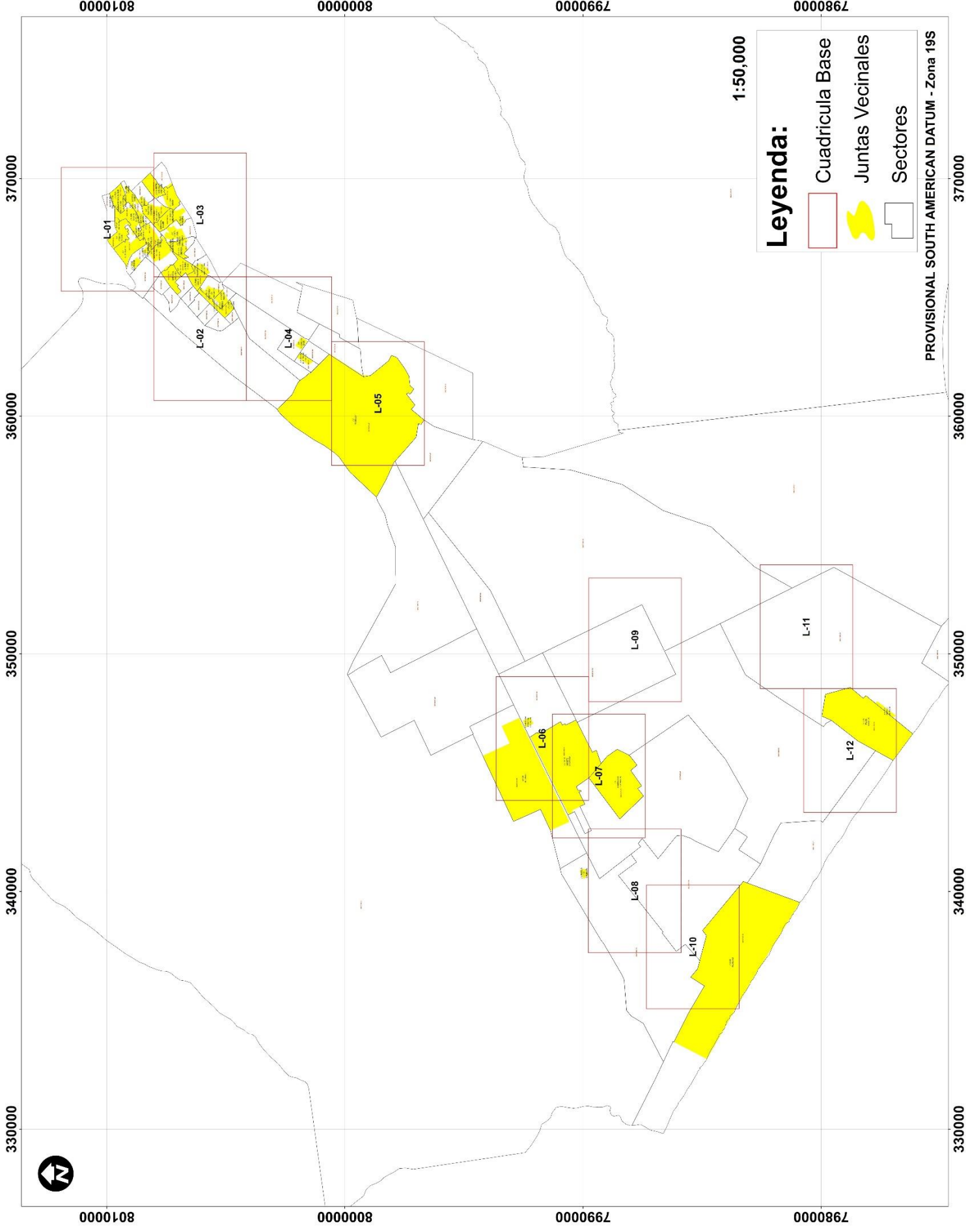
EQUIPO TECNICO

Ing. Gabriela Saldaña Y.
Ing. Ever Salazar R.
Big. Breno Santos B.
Tec. Juan C. Llanos P.

PLANO

**UBICACION DE LOS
RESIDUOS DE LA
CONSTRUCCION
Y DEMOLICION**

L-00



ANEXO 2

ENSAYOS FÍSICO-MECÁNICOS DE LABORATORIO

PARA AGREGADOS

GRANULOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO HASTA MALLA 2 1/2"

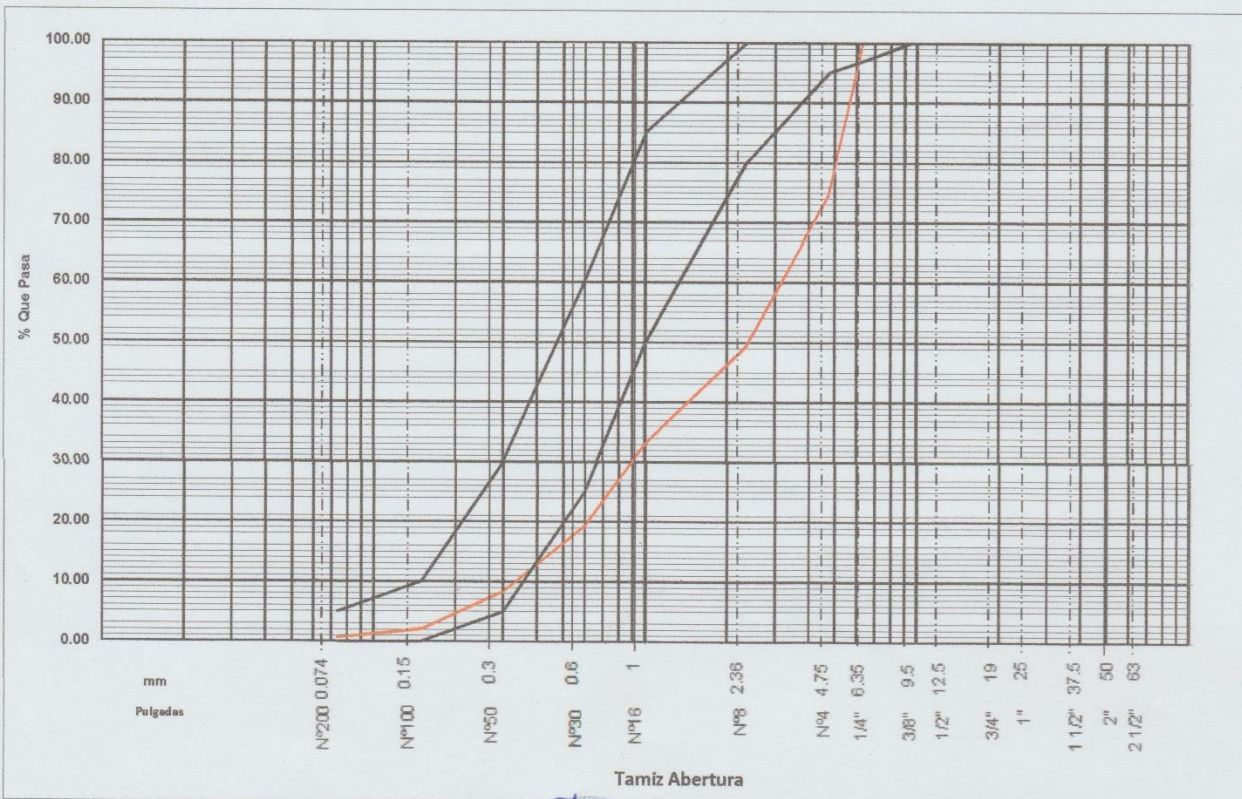
MATERIAL :	AGREGADO FINO - ARENA RECICLADA
CANTERA:	RCD's-FAZ y RCD's - SUPERMIX
PROCEDECENCIA:	RCD's-FAZ y RCD's - SUPERMIX

MUESTRA No :	Planta N° 01
FECHA DE MUESTREO :	18/08/2015
FECHA DE INGRESO :	18/08/2015
FECHA DE ANÁLISIS :	18/08/2015

GRANULOMETRÍA					
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ASTM C33
2 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	-
2"	0	0.00	0.00	100.00	-
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	-
1"	0	0.00	0.00	100.00	-
3/4"	0	0.00	0.00	100.00	-
1/2"	0	0.00	0.00	100.00	-
3/8"	0	0.00	0.00	100.00	100
1/4"	0	0.00	0.00	100.00	-
N° 4	253.00	25.41	25.41	74.59	95-100
N° 8	251.30	25.24	50.64	49.36	80-100
N° 16	162.40	16.31	66.95	33.05	50-85
N° 30	137.30	13.79	80.74	19.26	25-60
N° 50	110.00	11.05	91.79	8.21	5-30
N° 100	61.20	6.15	97.93	2.07	0-10
N° 200	14.50	1.46	99.39	0.61	-
<N° 200	6.10	0.61	100.00	0.00	-
TOTAL:	995.80	100.00			

PROPIEDADES FÍSICAS	
MODULO DE FINURA	4.13
TAMAÑO MAX. NOM.	3/8" a N°100
PESO ESP. SSS	_____ kg/m ³
PESO VOL. COMPAC.	_____ kg/m ³
PESO VOL. SUELTO	_____ kg/m ³
% ABSORCIÓN	_____ %
% HUMEDAD	_____ %
% MALLA < # 200	_____ %
HUSO	ARENA
OBSERVACIONES:	
La curva de la arena Corresponde a la gradación NTP 400.037 y ASTM C-33	
% Menor de la malla # 200 lavado:	

GRÁFICO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO



EJECUTÓ	V°B° CALIDAD SUPERMIX	V°B° SUPERVISION
		
Nombre y Firma	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH	NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA
Fecha:	INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996

GRANULOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO HASTA MALLA 2 1/2"

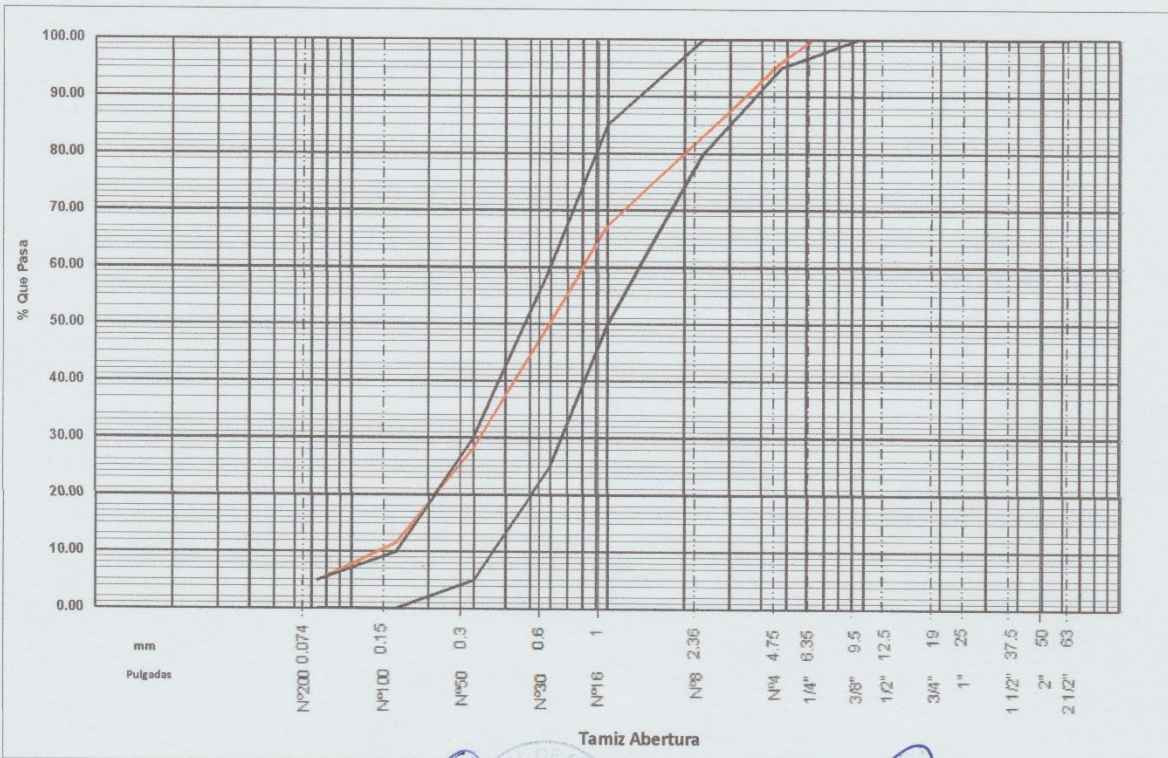
TESIS :	"VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
MATERIAL :	AGREGADO FINO-ARENA NATURAL
CANTERA:	ARUNTA-VELASQUEZ
PROCEDENCIA:	PLANTA TACNA

MUESTRA No :	Planta N° 01
FECHA DE MUESTREO :	17/08/2015
FECHA DE INGRESO :	17/08/2015
FECHA DE ANÁLISIS :	17/08/2015

GRANULOMETRÍA					
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ASTM C33
2 1/2"	0.000	0.00	0.00	100.00	-
2"	0.000	0.00	0.00	100.00	-
1 1/2"	0.000	0.00	0.00	100.00	-
1"	0.000	0.00	0.00	100.00	-
3/4"	0.000	0.00	0.00	100.00	-
1/2"	0.000	0.00	0.00	100.00	-
3/8"	0.000	0.00	0.00	100.00	100
1/4"	0.000	0.00	0.00	100.00	-
N° 4	0.125	4.11	4.11	95.89	95-100
N° 8	0.389	12.84	16.95	83.05	80-100
N° 16	0.483	15.92	32.87	67.13	50-85
N° 30	0.509	16.80	49.67	50.33	25-60
N° 50	0.670	22.11	71.78	28.22	5-30
N° 100	0.507	16.73	88.51	11.49	0-10
N° 200	0.201	6.63	95.15	4.85	-
<N° 200	0.147	4.85	100.00	0.00	-
TOTAL:	3.030	100.00			

PROPIEDADES FÍSICAS	
MODULO DE FINURA	2.64
TAMAÑO MAX. NOM.	3/8" a N°100
PESO ESP. SSS	2625 kg/m ³
PESO VOL. COMPAC.	1757 kg/m ³
PESO VOL. SUELTO	1529 kg/m ³
% ABSORCIÓN	1.73 %
% HUMEDAD	2.35 %
% MALLA < # 200	5.41 %
HUSO	ARENA
OBSERVACIONES:	
La curva de la arena Corresponde a la gradación NTP 400.037 y ASTM C-33	
% Menor de la malla # 200 lavado:	

GRÁFICO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO



EJECUTÓ 	V°B° SUPERMIX 	V°B° ASESOR NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
--------------------	--------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO

NORMA NTP 400.022 ; ASTM C 128

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
MATERIAL AGREGADO FINO
CANTERA ARUNTA-VELASQUEZ
FECHA TACNA, 24 DE AGOSTO DEL 2015

AGREGADO FINO - NORMA NTP 400.022 ; ASTM C 128					
N° DE ENSAYO			01	02	03
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECO (EN AIRE)	gr.	500.00	500.00	500.00
B	PESO FIOLA + AGUA	gr.	667.50	667.40	667.80
C	PESO FIOLA + AGUA + A	gr.	1167.50	1167.40	1167.80
D	PESO DEL MAT. + AGUA EN LA FIOLA	gr.	977.00	976.80	977.40
E	VOL. DE MASA + VOL. DE VACIOS	gr.	190.50	190.60	190.40
F	PESO DE MAT. SECO EN ESTUFA (105°C)	gr/cc.	491.50	491.44	491.56
G	VOL. DE MASA	gr/cc.	182.00	182.04	181.96
P.E.M (DE MASA)		gr/cc.	2.580	2.578	2.582
P.e.S.S.S (SATURADA)		gr/cc.	2.625	2.623	2.626
P.E.A (APARENTE)		gr/cc.	2.701	2.700	2.701
% DE ABSORCION			1.729	1.742	1.717
P.e.S.S.S (SATURADA)		gr/cc.	2.625		
% DE ABSORCION		%	1.729		

EJECUTO	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
		
Nombre y Firma	Nombre y Firma	Nombre y Firma
Fecha:	Fecha:	Fecha:
		NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996

ENSAYO DE PESO UNITARIO

NORMA NTP 400.017

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

MATERIAL AGREGADO FINO

CANTERA ARUNTA-VELASQUEZ

FECHA TACNA, 25 DE AGOSTO DEL 2015

PESO UNITARIO		SUELTO			VARILLADO		
N° DE ENSAYO		01	02	03	01	02	03
PESO DEL MOLDE	gr.	1574	1574	1574	1574	1574	1574
VOLUMEN DEL MOLDE	cc.	2831.685	2831.685	2831.685	2831.685	2831.685	2831.685
PESO MOLDE + MUESTRA	gr.	5874	5901	5938	6574	6536	6537
PESO DE MUESTRA NETA	gr.	4300	4327	4364	5000	4962	4963
PESOS UNITARIOS	gr./cc.	1.519	1.528	1.541	1.766	1.752	1.753
PESO UNITARIO PROMEDIO	gr./cc.	1.529			1.757		

		% DE VACIOS	
N° DE ENSAYO		01	
PESO ESPECIFICO DE MASA	gr.	2.580	
PESO UNITARIO	gr./cc.	1.529	
DENSIDAD DEL AGUA	gr./cc.	0.998	
% VACIOS	%	40.609	

OBSERVACIONES:

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
		
Nombre y Firma	Nombre y Firma	Nombre y Firma
Fecha:	Fecha:	Fecha:

NEEL YNOTROZA DE LA PEÑA
INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP 156996

GRANULOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO HASTA MALLA 2 1/2"

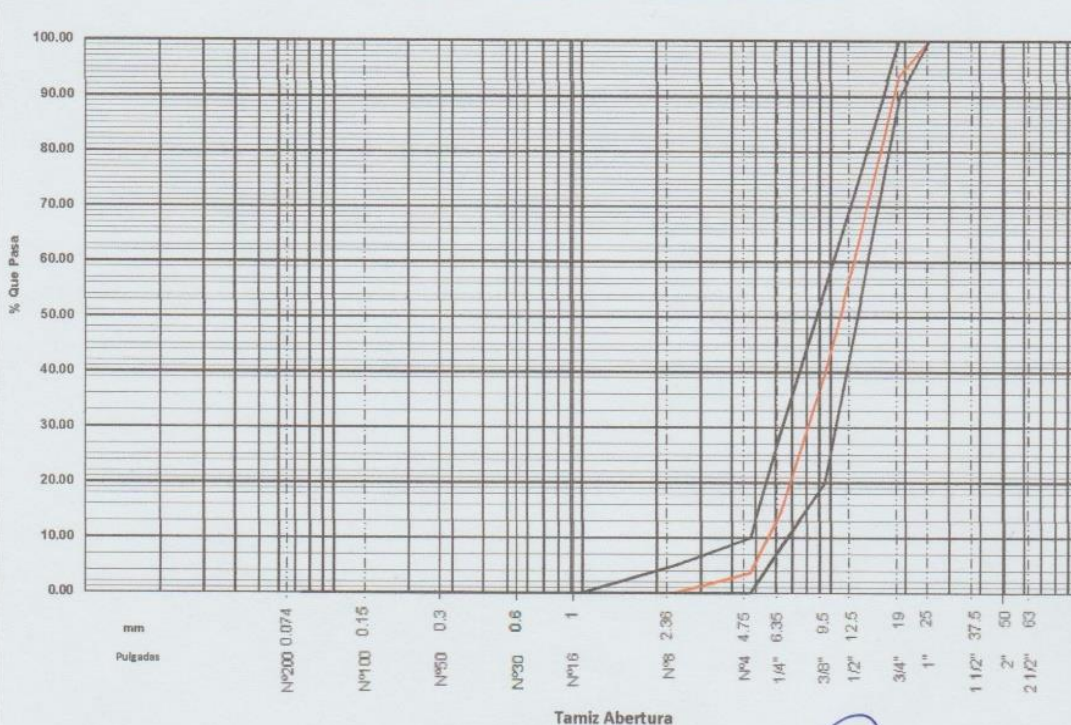
TESIS :	"VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
MATERIAL :	AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA H67
CANTERA:	ARUNTA-VELASQUEZ
PROCEDENCIA:	PLANTA TACNA

MUESTRA No :	Planta N° 01
FECHA DE MUESTREO :	18/08/2015
FECHA DE INGRESO :	18/08/2015
FECHA DE ANÁLISIS :	18/08/2015

GRANULOMETRÍA					
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ASTM C33
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	0.12	6.28	6.28	93.72	90-100
1/2"	0.66	33.63	39.91	60.09	-
3/8"	0.40	20.26	60.16	39.84	20-55
1/4"	0.50	25.05	85.21	14.79	-
N° 4	0.22	11.19	96.40	3.60	0-10
N° 8	0.07	3.60	100.00	0.00	0-5
N° 16	0.00	0.00	100.00	0.00	-
N° 30	0.00	0.00	100.00	0.00	-
N° 50	0.00	0.00	100.00	0.00	-
N° 100	0.00	0.00	100.00	0.00	-
N° 200	0.00	0.00	100.00	0.00	-
<N° 200	0.00	0.00	100.00	0.00	-
TOTAL:	1.98	100.00			

PROPIEDADES FÍSICAS	
MODULO DE FINURA	6.63
TAMAÑO MAX. NOM.	3/4" a N°4
PESO ESP. SSS	2712 kg/m ³
PESO VOL. COMPAC.	1619 kg/m ³
PESO VOL. SUELTO	1531 kg/m ³
% ABSORCIÓN	1.69 %
% HUMEDAD	0.62 %
% MALLA < # 200	0.64 %
HUSO	67
OBSERVACIONES:	
La curva de la arena Corresponde a la gradación NTP 400.037 y ASTM C-33	
% Menor de la malla # 200 lavado:	

GRÁFICO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO



EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
		
Nombre y Firma	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	NEIL VINOZROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUIMICO Reg. CIP 156996
Fecha	Fecha	Fecha

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO

NORMA NTP 400.021 ; ASTM C 127

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
MATERIAL PIEDRA CHANCADA H67
CANTERA ZUÑIGA
FECHA TACNA, 27 DE AGOSTO DEL 2015

AGREGADO GRUESO - NORMA ASTM C 127

N° DE ENSAYO		01	02	03
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECO (EN AIRE) gr.	2023.70	2023.93	2023.64
B	PESO MAT. SAT. SUP. SECO (EN AGUA) gr.	1277.50	1277.50	1277.50
C	VOL. MASA + VOL. DE VACIOS gr.	746.20	746.43	746.14
D	PESO DE MAT. SECO EN ESTUFA (105°C) gr.	1990.00	1990.76	1989.45
E	VOL. DE MASA gr.	712.50	713.26	711.95
	P.E. BULK (BASE SECA) gr/cc.	2.667	2.667	2.666
	P.E. BULK (BASE SATURADA) gr/cc.	2.712	2.711	2.712
	P.E. APARENTE (BASE SECA) gr/cc.	2.793	2.791	2.794
	% DE ABSORCION	1.693	1.666	1.719
	P.E. BULK (BASE SATURADA) gr/cc.	2.712		
	% DE ABSORCION %	1.693		

 EJECUTO	 V°B° SUPERMIX	 V°B° ASESOR
Nombre y Firma	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO DE PESO UNITARIO

NORMA NTP 400.017

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

MATERIAL PIEDRA CHANCADA H67

CANTERA ZUÑIGA

FECHA TACNA, 26 DE AGOSTO DEL 2015

PESO UNITARIO		SUELTO			VARILLADO		
N° DE ENSAYO		01	02	03	01	02	03
PESO DEL MOLDE	gr.	1574	1574	1574	1574	1574	1574
VOLUMEN DEL MOLDE	cc.	2831.685	2831.685	2831.685	2831.685	2831.685	2831.685
PESO MOLDE + MUESTRA	gr.	5909	5911	5907	6162	6158	6159
PESO DE MUESTRA NETA	gr.	4335	4337	4333	4588	4584	4585
PESOS UNITARIOS	gr./cc.	1.531	1.532	1.530	1.620	1.619	1.619
PESO UNITARIO PROMEDIO	gr./cc.	1.531			1.619		

		% DE VACIOS	
N° DE ENSAYO		01	
PESO ESPECIFICO DE MASA	gr./cc.	2.667	
PESO UNITARIO	gr./cc.	1.531	
DENSIDAD DEL AGUA	gr./cc.	0.998	
% VACIOS	%	42.480	

OBSERVACIONES:

EJECUTO	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
		
Nombre y Firma	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH	NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA
Fecha:	INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996

GRANULOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO HASTA MALLA 2 1/2"

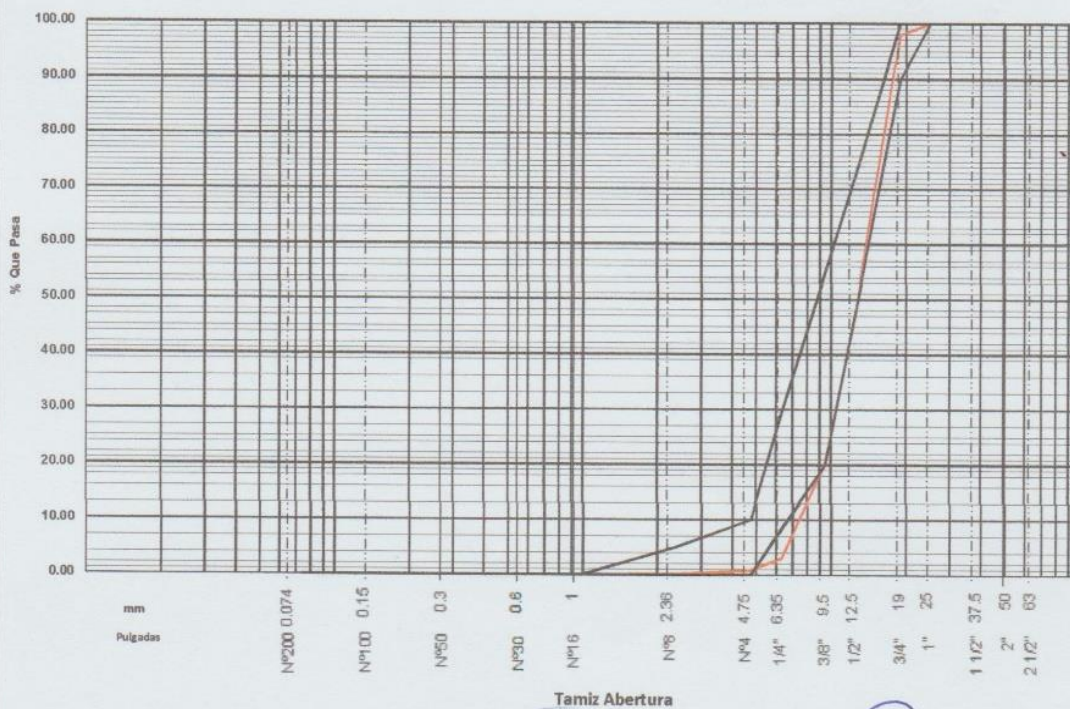
TESIS :	"VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
MATERIAL :	AGREGADO GRUESO-RCD's FAZ
CANTERA:	Residuo de Construcción y Demolición - Colegio FAZ
PROCEDENCIA:	PLANTA TACNA

MUESTRA No	Planta N° 01
FECHA DE MUESTREO :	18/08/2015
FECHA DE INGRESO :	18/08/2015
FECHA DE ANÁLISIS :	18/08/2015

GRANULOMETRÍA					
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ASTM C33
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1"	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	0.04	2.10	2.10	97.90	90-100
1/2"	1.01	50.60	52.70	47.30	-
3/8"	0.54	27.00	79.70	20.30	20-55
1/4"	0.35	17.30	97.00	3.00	-
N° 4	0.04	2.15	99.15	0.85	0-10
N° 8	0.02	0.75	99.90	0.10	0-5
N° 16	0.00	0.10	100.00	0.00	-
N° 30	0.00	0.00	100.00	0.00	-
N° 50	0.00	0.00	100.00	0.00	-
N° 100	0.00	0.00	100.00	0.00	-
N° 200	0.00	0.00	100.00	0.00	-
<N° 200	0.00	0.00	100.00	0.00	-
TOTAL:	2.00	100.00			

PROPIEDADES FÍSICAS	
MODULO DE FINURA	6.81
TAMAÑO MAX. NOM.	1/2"
PESO ESP. SSS	2456 kg/m ³
PESO VOL. COMPAC.	1380 kg/m ³
PESO VOL. SUELTO	1242 kg/m ³
% ABSORCIÓN	4.85 %
% HUMEDAD	2.75 %
% MALLA < # 200	0.53 %
HUSO	67
OBSERVACIONES:	
La curva de la arena Corresponde a la gradación NTP 400.037 y ASTM C-33	
% Menor de la malla # 200 lavado:	

GRÁFICO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO



EJECUTÓ <i>[Firma]</i> Nombre y Firma	V°B° SUPERMIX <i>[Firma]</i> ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	V°B° ASESOR <i>[Firma]</i> NEIL YMOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO

NORMA NTP 400.021 ; ASTM C 127

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
MATERIAL AGREGADO GRUESO - RCD's FAZ
CANTERA Residuo de Construccion y Demolicion - Colegio FAZ
FECHA TACNA, 25 DE AGOSTO DEL 2015

AGREGADO GRUESO - NORMA ASTM C 127					
N° DE ENSAYO			01	02	03
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECO (EN AIRE)	gr.	2038.20	2038.00	2038.70
B	PESO MAT. SAT. SUP. SECO (EN AGUA)	gr.	1208.40	1208.40	1208.40
C	VOL. MASA + VOL. DE VACIOS	gr.	829.80	829.60	830.30
D	PESO DE MAT. SECO EN ESTUFA (105°C)	gr.	1944.00	1943.70	1944.55
E	VOL. DE MASA	gr.	735.60	735.30	736.15
	P.E. BULK (SECA)	gr/cc.	2.343	2.343	2.342
	P.E. BULK (SATURADA)	gr/cc.	2.456	2.457	2.455
	P.E. APARENTE (SECA)	gr/cc.	2.643	2.643	2.642
	% DE ABSORCION		4.846	4.852	4.842
	P.E. BULK (SATURADA)	gr/cc.	2.456		
	% DE ABSORCION	%	4.846		

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
		
Nombre y Firma	Fecha: ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH	Fecha: NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA
	INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996

ENSAYO DE PESO UNITARIO

NORMA NTP 400.017

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
MATERIAL AGREGADO GRUESO - RCD's FAZ
CANTERA Residuo de Construccion y Demolicion - Colegio FAZ
FECHA TACNA, 26 DE AGOSTO DEL 2015

PESO UNITARIO		SUELTO			VARILLADO		
N° DE ENSAYO		01	02	03	01	02	03
PESO DEL MOLDE	gr.	1574	1574	1574	1574	1574	1574
VOLUMEN DEL MOLDE	cc.	2831.685	2831.685	2831.685	2831.685	2831.685	2831.685
PESO MOLDE + MUESTRA	gr.	5032	5064	5174	5483	5478	5480
PESO DE MUESTRA NETA	gr.	3458	3490	3600	3909	3904	3906
PESOS UNITARIOS	gr./cc.	1.221	1.232	1.271	1.380	1.379	1.379
PESO UNITARIO PROMEDIO	gr./cc.	1.242			1.380		

		% DE VACIOS	
N° DE ENSAYO		01	
PESO ESPECIFICO DE MASA	gr./cc.	2.343	
PESO UNITARIO	gr./cc.	1.242	
DENSIDAD DEL AGUA	gr./cc.	0.998	
% VACIOS	%	46.893	

OBSERVACIONES:

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEL YNGSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

GRANULOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO HASTA MALLA 2 1/2"

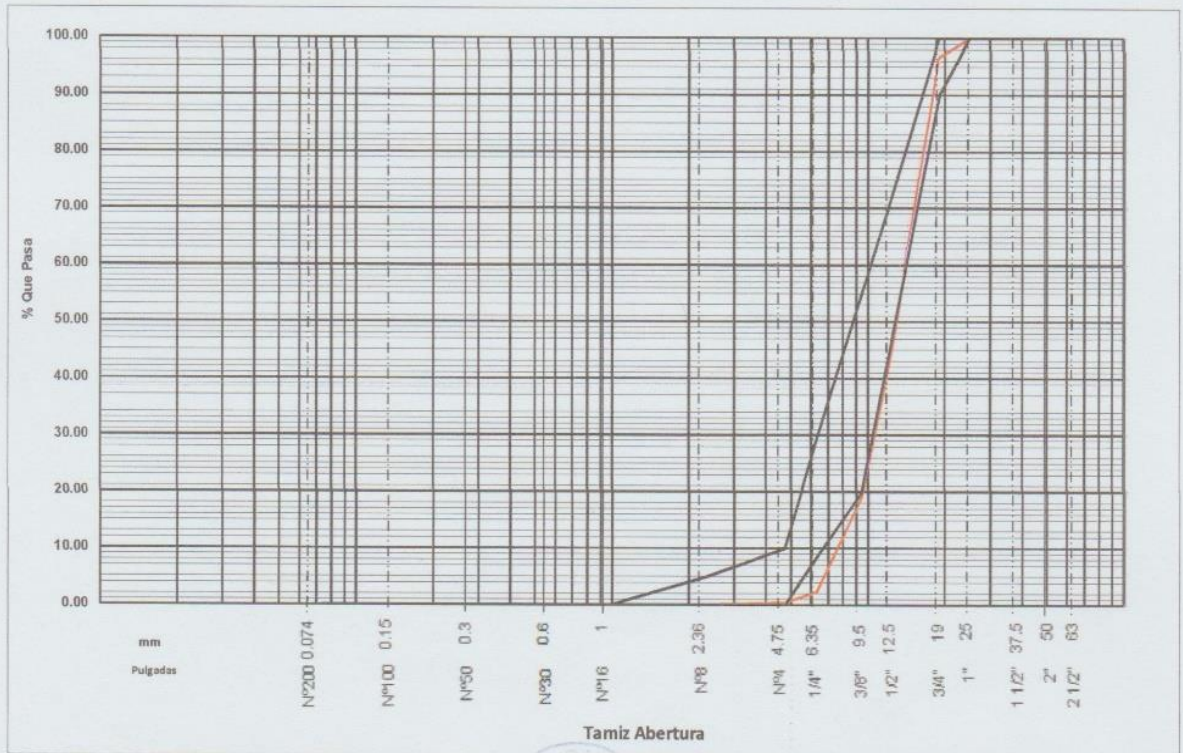
TESIS :	"VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
MATERIAL :	AGREGADO GRUESO - RCD's SUPERMIX
CANTERA:	Residuos de Construcción y Demolición - SUPERMIX
PROCEDENCIA:	PLANTA TACNA

MUESTRA No :	Planta N° 01
FECHA DE MUESTREO :	18/08/2015
FECHA DE INGRESO :	18/08/2015
FECHA DE ANÁLISIS :	18/08/2015

GRANULOMETRÍA					
MALLA ASTM	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ASTM C33
2 1/2"	0.000	0.00	0.00	100.00	-
2"	0.000	0.00	0.00	100.00	-
1 1/2"	0.000	0.00	0.00	100.00	-
1"	0.000	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	0.068	3.40	3.40	96.60	90-100
1/2"	1.010	50.50	53.90	46.10	-
3/8"	0.542	27.10	81.00	19.00	20-55
1/4"	0.334	16.70	97.70	2.30	-
N° 4	0.038	1.90	99.60	0.40	0-10
N° 8	0.008	0.40	100.00	0.00	0-5
N° 16	0.000	0.00	100.00	0.00	-
N° 30	0.000	0.00	100.00	0.00	-
N° 50	0.000	0.00	100.00	0.00	-
N° 100	0.000	0.00	100.00	0.00	-
N° 200	0.000	0.00	100.00	0.00	-
<N° 200	0.000	0.00	100.00	0.00	-
TOTAL:	2.00	100.00			

PROPIEDADES FÍSICAS	
MODULO DE FINURA	6.84
TAMAÑO MAX. NOM.	1/2"
PESO ESP. SSS	2481 kg/m ³
PESO VOL. COMPAC.	1383 kg/m ³
PESO VOL. SUELTO	1215 kg/m ³
% ABSORCIÓN	4.55 %
% HUMEDAD	2.12 %
% MALLA < # 200	0.49 %
HUSO	67
OBSERVACIONES:	
La curva de la arena Corresponde a la gradación NTP 400.037 y ASTM C-33	
% Menor de la malla # 200 lavado:	

GRÁFICO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO



EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO

NORMA NTP 400.021 ; ASTM C 127

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
MATERIAL AGREGADO GRUESO - RCD's SUPERMIX
CANTERA SUPERMIX
FECHA TACNA, 25 DE AGOSTO DEL 2015

AGREGADO GRUESO - NORMA ASTM C 127					
N° DE ENSAYO			01	02	03
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECO (EN AIRE)	gr.	2029.30	2029.30	2029.30
B	PESO MAT. SAT. SUP. SECO (EN AGUA)	gr.	1211.50	1211.20	1211.60
C	VOL. MASA + VOL. DE VACIOS	gr.	817.80	818.10	817.70
D	PESO DE MAT. SECO EN ESTUFA (105°C)	gr.	1941.00	1941.20	1940.80
E	VOL. DE MASA	gr.	729.50	730.00	729.20
P.E. BULK (BASE SECA)		gr/cc.	2.373	2.373	2.373
P.E. BULK (BASE SATURADA)		gr/cc.	2.481	2.481	2.482
P.E. APARENTE (BASE SECA)		gr/cc.	2.661	2.659	2.662
% DE ABSORCION			4.549	4.538	4.560
P.E. BULK (BASE SATURADA)		gr/cc.	2.481		
% DE ABSORCION		%	4.549		

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
		
Nombre y Firma	Nombre y Firma	Nombre y Firma
Fecha	Fecha	Fecha

INGENIERA CIVIL
Reg. CIP 165682

INGENIERO QUÍMICO
Reg. CIP 156996

ENSAYO DE PESO UNITARIO

NORMA NTP 400.017

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
MATERIAL AGREGADO GRUESO - RCD's SUPERMIX
CANTERA SUPERMIX
FECHA TACNA, 26 DE AGOSTO DEL 2015

PESO UNITARIO		SUELTO			VARILLADO		
N° DE ENSAYO		01	02	03	01	02	03
PESO DEL MOLDE	gr.	1574	1574	1574	1574	1574	1574
VOLUMEN DEL MOLDE	cc.	2831.685	2831.685	2831.685	2831.685	2831.685	2831.685
PESO MOLDE + MUESTRA	gr.	4992	5029	5024	5469	5474	5529
PESO DE MUESTRA NETA	gr.	3418	3455	3450	3895	3900	3955
PESOS UNITARIOS	gr./cc.	1.207	1.220	1.218	1.376	1.377	1.397
PESO UNITARIO PROMEDIO	gr./cc.	1.215			1.383		

		% DE VACIOS	
N° DE ENSAYO		01	
PESO ESPECIFICO DE MASA	gr./cc.	2.373	
PESO UNITARIO	gr./cc.	1.215	
DENSIDAD DEL AGUA	gr./cc.	0.998	
% VACIOS	%	48.698	

OBSERVACIONES:

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	VIB° ASESOR
		
Nombre y Firma	ANDREA VANESSA SIEGELINO MIOVICH	NEIL YNGOSTROZA DE LA PEÑA
Fecha:	INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996



ENSAYO DE DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Los solicitantes proporcionaron 02 muestras de agregado grueso de ½”.

2. FECHA DE RECEPCIÓN

15/10/2015

3. FECHA DE EJECUCIÓN

15/10/2015 al 16/10/2015

4. PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO

Los datos y muestras entregados son de responsabilidad del solicitante.

5. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y ENSAYOS

ENSAYO DE DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS-ASTM D 4644

6. CONDICIÓN DE LOS ENSAYOS

Temperatura de ensayo: $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

7. RESULTADOS





ENSAYO DE DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS

Muestra N°: M-1... RCD'S-FAZ.....

Muestra: ...504.5 g.....

Peso A = ...2261.3..... g

Peso B = ...2261.2..... g

Peso C = ...2260.8.....g

Peso D = ...1760.6.....g

Índice de durabilidad = $100 \times (C - D) / (A - D) = \dots\dots 99.9 \%$

Muestra N°: M-2... RCD'S-SUPERMIX.....

Muestra:559.3.....

Peso A =2199.9..... g

Peso B =2199.1..... g

Peso C =2198.7.....g

Peso D =1745.1.....g

Índice de durabilidad = $100 \times (C - D) / (A - D) = \dots\dots 99.74 \%$



Esteban B. Machaca Mamani

Ing. Esteban B. Machaca Mamani
Especialista en Laboratorio ESMI-FAIN
CIP 140390



ABRASION LOS ANGELES
ASTM C131

MATERIAL: agregado grueso RCD'S-FAZ.

METODO "B"						
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	DESGASTE 500 Rev.
PASA	RETENIDO					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2499.9	50.00	50.00	50.00	
1/2"	3/8"	2499.6	50.00	100.00	0.00	
1/4"	Nº4					
TOTAL		4999.5	100.00			1397.5
% DE DESGASTE						27.95

TIPO DE GRADACION	METODO "B"
Peso muestra al comenzar el ensayo	4999.50
Peso material retenido en el tamiz Nº 12	3602.00
Peso material que pasa el tamiz Nº 12	1397.50
Porcentaje de desgaste (%)	27.95

.....
 Mgr. Ing. Esteban B. Machaca Mamani
 Especialista en Laboratorio ESMI-FAIN
 CIP 140390



.....
 Msc. Ing° Carlos Huisa Ccori
 Jefe de Laboratorio
 CIP 37291



ABRASION LOS ANGELES
ASTM C131

MATERIAL: piedra chancada H67.

METODO "B"							
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	DESGASTE 500 Rev.	
PASA	RETENIDO						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	2502.4	50.01	50.01	49.99		
1/2"	3/8"	2500.9	49.99	100.00	0.00		
1/4"	Nº4						
TOTAL		5003.3	100.00			808.2	
%						DESGASTE	16.15

TIPO DE GRADACION	METODO "B"
Peso muestra al comenzar el ensayo	5003.30
Peso material retenido en el tamiz Nº 12	4195.10
Peso material que pasa el tamiz Nº 12	808.20
Porcentaje de desgaste (%)	16.15



Esteban B. Machaca Mamani

Mgr. Ing. Esteban B. Machaca Mamani
 Especialista en Laboratorio ESMI-FAIN
 CIP 140390



ABRACION LOS ANGELES
ASTM C131

MATERIAL: agregado grueso RCD'S-SUPERMIX.

METODO "B"						
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	DESGASTE 500 Rev.
PASA	RETENIDO					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	2498.7	49.96	49.96	50.04	
1/2"	3/8"	2502.5	50.04	100.00	0.00	
1/4"	Nº4					
TOTAL		5001.2	100.00			1334.8
% DE DESGASTE						26.69

TIPO DE GRADACION	METODO "B"
Peso muestra al comenzar el ensayo	5001.20
Peso material retenido en el tamiz Nº 12	3666.40
Peso material que pasa el tamiz Nº 12	1334.80
Porcentaje de desgaste (%)	26.69



Esteban B. Machaca Mamani
Mgr. Ing. Esteban B. Machaca Mamani
Especialista en Laboratorio ESMI-FAIN
CIP 140390

ANEXO 3

ENSAYOS QUÍMICOS DE LABORATORIO

PARA AGREGADOS



CONTENIDO DE SALES EN AGREGADOS

NORMA NTP 400.014

TESIS : “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA”

MATERIAL : AGREGADO FINO RECICLADO

PROCEDENCIA : RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

FECHA : 09 DE OCTUBRE DE 2015

CONTENIDO DE CLORUROS

MÉTODO VOLUMÉTRICO	IMÁGEN
Peso de muestra : 100 gr	
Volumen de solución : 500ml	
Volumen de prueba : 50ml	
Peso de la muestra en 50ml : 10 gr	
Cromato de potasio : unas gotas	
Nitrato de plata 0.05N : 0.33ml	

CONTENIDO DE CLORUROS
$\% \text{ de cloruros} = 0.33\text{ml} \times \frac{0.05 \text{ meq}}{\text{ml}} \times \frac{35.5 \text{ mg}}{1 \text{ meq cl}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000\text{mg}} \times \frac{1}{10 \text{ g de muestr.}} \times 100$
$\% \text{ de cloruros} = 0.0058 \% = 58 \text{ ppm (mg/kg)}$

Sandra E. Anquise Huayhua
 Bachiller en Ingeniería Civil

Lic. Alfredo Quispe Rivera
 Especialista en Lab. de Química





CONTENIDO DE SALES EN AGREGADOS

NORMA NTP 400.014

TESIS : “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA”

MATERIAL : AGREGADO GRUESO RECICLADO - FAZ

PROCEDENCIA : DEMOLICIÓN DEL COLEGIO FAZ

FECHA : 06 DE OCTUBRE DE 2015

CONTENIDO DE CLORUROS

MÉTODO VOLUMÉTRICO		IMÁGEN
Peso de muestra	: 500 gr	
Volumen de solución	: 1000ml	
Volumen de prueba	: 50ml	
Peso de la muestra en 50ml	: 25 gr	
Cromato de potasio	: unas gotas	
Nitrato de plata 0.05N	: 2ml	

CONTENIDO DE CLORUROS
$\% \text{ de cloruros} = 2\text{ml} \times \frac{0.05 \text{ meq}}{\text{ml}} \times \frac{35.5 \text{ mg}}{1 \text{ meq cl}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000\text{mg}} \times \frac{1}{25 \text{ g de muestra}} \times 100$
$\% \text{ de cloruros} = 0.0142 \% = 142 \text{ ppm (mg/kg)}$

.....
Sandra E. Anquise Huayhua
 Bachiller en Ingeniería Civil

.....
Lic. Alfredo Quispe Rivera
 Especialista en Lab. de Química





CONTENIDO DE SALES EN AGREGADOS

NORMA NTP 400.014

TESIS : “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA”

MATERIAL : AGREGADO FINO NATURAL

PROCEDENCIA : CANTERA ARUNTA - VELÁSQUEZ

FECHA : 12 DE OCTUBRE DE 2015

CONTENIDO DE CLORUROS

MÉTODO VOLUMÉTRICO	IMÁGEN
Peso de muestra : 500 gr	
Volumen de solución : 500ml	
Volumen de prueba : 50ml	
Peso de la muestra en 50ml : 50 gr	
Cromato de potasio : unas gotas	
Nitrato de plata 0.05N : 2.6ml	

CONTENIDO DE CLORUROS
$\% \text{ de cloruros} = 2.6 \text{ ml} \times \frac{0.05 \text{ meq}}{\text{ml}} \times \frac{35.5 \text{ mg}}{1 \text{ meq cl}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1}{50 \text{ g de muestra}} \times 100$
$\% \text{ de cloruros} = 0.00923 \% = 92.3 \text{ ppm (mg/kg)}$

Sandra E. Anquise Huayhua
 Bachiller en Ingeniería Civil

Lic. Alfredo Quispe Rivera
 Especialista en Lab. de Química





CONTENIDO DE SALES EN AGREGADOS

NORMA NTP 400.014

TESIS : “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA”

MATERIAL : AGREGADO FINO RECICLADO

PROCEDENCIA : RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

FECHA : 09 DE OCTUBRE DE 2015

CONTENIDO DE CLORUROS

MÉTODO VOLUMÉTRICO	IMÁGEN
Peso de muestra : 100 gr	
Volumen de solución : 500ml	
Volumen de prueba : 50ml	
Peso de la muestra en 50ml : 10 gr	
Cromato de potasio : unas gotas	
Nitrato de plata 0.05N : 4.5ml	

CONTENIDO DE CLORUROS
$\% \text{ de cloruros} = 4.5 \text{ ml} \times \frac{0.05 \text{ meq}}{\text{ml}} \times \frac{35.5 \text{ mg}}{1 \text{ meq cl}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1}{10 \text{ g de muestra}} \times 100$
$\% \text{ de cloruros} = 0.0798 \% = 798 \text{ ppm (mg/kg)}$

.....

Sandra E. Anquise Huayhua
Bachiller en Ingeniería Civil

.....

Lic. Alfredo Quispe Rivera
Especialista en Lab. de Química





CONTENIDO DE SALES EN AGREGADOS

NORMA NTP 400.014

TESIS : "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

MATERIAL : AGREGADO GRUESO RECICLADO - SUPERMIX

PROCEDENCIA : PROBETAS DE LA EMPRESA DE CONCRETO SUPERMIX

FECHA : 06 DE OCTUBRE DE 2015

CONTENIDO DE CLORUROS

MÉTODO VOLUMÉTRICO	IMÁGEN
Peso de muestra : 500 gr	
Volumen de solución : 500ml	
Volumen de prueba : 50ml	
Peso de la muestra en 50ml : 50 gr	
Cromato de potasio : unas gotas	
Nitrato de plata 0.05N : 1.5ml	

CONTENIDO DE CLORUROS
$\% \text{ de cloruros} = 1.5 \text{ ml} \times \frac{0.05 \text{ meq}}{\text{ml}} \times \frac{35.5 \text{ mg}}{1 \text{ meq cl}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1}{50 \text{ g de muestra}} \times 100$
$\% \text{ de cloruros} = 0.005325 \% = 53.25 \text{ ppm (mg/kg)}$

Sandra E. Anquise Huayhua
 Bachiller en Ingeniería Civil

Lic. Alfredo Quispe Rivera
 Especialista en Lab. de Química





CONTENIDO DE SALES EN AGREGADOS

NORMA NTP 400.014

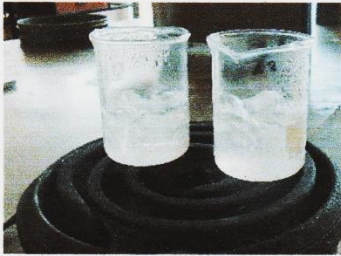
TESIS : “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA”

MATERIAL : AGREGADO FINO NATURAL

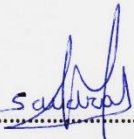
PROCEDENCIA : CANTERA ARUNTA - VELÁSQUEZ

FECHA : 12 DE OCTUBRE DE 2015

CONTENIDO DE SALES TOTALES

INFORMACIÓN PREVIA	IMÁGEN
Peso de muestra : 500 gr	
Volumen de solución : 500ml	
Volumen de evaporación : 50ml	
Peso de vaso vacío : 49.4235 gr	
Peso de vaso + sales : 49.4796 gr	
Peso de sal en 50ml : 0.0561 gr	

CONTENIDO DE SALES TOTALES	
500 g de arena ___ 500ml de solución	$\% \text{ de sales} = \frac{0.0561g}{50g} \times 100$
50g de arena ___ 50ml de solución	$\% \text{ de sales} = 0.1122\%$
	$\% \text{ de sales} = 1122\text{ppm}$



Sandra E. Anquise Huayhua
 Bachiller en Ingeniería Civil



Lic. Alfredo Quispe Rivera
 Especialista en Lab. de Química





CONTENIDO DE SALES EN AGREGADOS

NORMA NTP 400.014

TESIS : “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA”

MATERIAL : AGREGADO FINO RECICLADO

PROCEDENCIA : RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

FECHA : 09 DE OCTUBRE DE 2015

CONTENIDO DE SALES TOTALES

INFORMACIÓN PREVIA	IMÁGEN
Peso de muestra : 100 gr	
Volumen de solución : 500ml	
Volumen de evaporación : 50ml	
Peso de vaso vacío : 48.7306 gr	
Peso de vaso + sales : 48.7673 gr	
Peso de sal en 50 ml : 0.0367 gr	

CONTENIDO DE SALES TOTALES	
100 g de arena ___ 500ml de solución	$\% \text{ de sales} = \frac{0.0367g}{10g} \times 100$
10g de arena ___ 50ml de solución	$\% \text{ de sales} = 0.3670\%$
	$\% \text{ de sales} = 3670 \text{ ppm}$

Sandra E. Anquise Huayhua
 Bachiller en Ingeniería Civil

Lic. Alfredo Quispe Rivera
 Especialista en Lab. de Química



CONTENIDO DE SALES EN AGREGADOS

NORMA NTP 400.014

TESIS : “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA”

MATERIAL : AGREGADO GRUESO NATURAL

PROCEDENCIA : CANTERA ARUNTA - VELÁSQUEZ

FECHA : 13 DE OCTUBRE DE 2015

CONTENIDO DE SALES TOTALES

INFORMACIÓN PREVIA	IMÁGEN
Peso de muestra : 100 gr	
Volumen de solución : 500ml	
Volumen de evaporación : 50ml	
Peso de vaso vacío : 48.7259 gr	
Peso de vaso + sales : 48.7298 gr	
Peso de sal en 50 ml : 0.0039 gr	

CONTENIDO DE SALES TOTALES	
100 g de arena ___ 500ml de solución	$\% \text{ de sales} = \frac{0.0039g}{10g} \times 100$
10g de arena ___ 50ml de solución	$\% \text{ de sales} = 0.0391\%$
	$\% \text{ de sales} = 391 \text{ ppm}$

Sandra E. Anquise Huayhua
 Bachiller en Ingeniería Civil

Lic. Alfredo Quispe Rivera
 Especialista en Lab. de Química



CONTENIDO DE SALES EN AGREGADOS

NORMA NTP 400.014


TESIS : “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA”

MATERIAL : AGREGADO GRUESO RECICLADO - FAZ

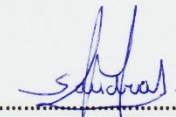
PROCEDENCIA : DEMOLICIÓN DEL COLEGIO FAZ

FECHA : 06 DE OCTUBRE DE 2015

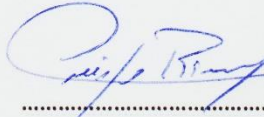
CONTENIDO DE SALES TOTALES

INFORMACIÓN PREVIA	IMÁGEN
Peso de muestra : 500 gr	
Volumen de solución : 1000ml	
Volumen de evaporación : 50ml	
Peso de vaso vacío : 48.7302 gr	
Peso de vaso + sales : 48.7645 gr	
Peso de sal en 50ml : 0.0343 gr	

CONTENIDO DE SALES TOTALES	
500 g de arena ___ 1000ml de solución	$\% \text{ de sales} = \frac{0.0343g}{25g} \times 100$
25g de arena ___ 50ml de solución	$\% \text{ de sales} = 0.1372\%$
	$\% \text{ de sales} = 1372 \text{ ppm}$



Sandra E. Anquise Huayhua
Bachiller en Ingeniería Civil



Lic. Alfredo Quispe Rivera
Especialista en Lab. de Química





CONTENIDO DE SALES EN AGREGADOS

NORMA NTP 400.014


TESIS : “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA”

MATERIAL : AGREGADO GRUESO RECICLADO - SUPERMIX

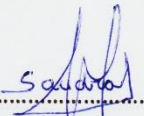
PROCEDENCIA : PROBETAS DE A EMPRESA DE CONCRETO SUPERMIX

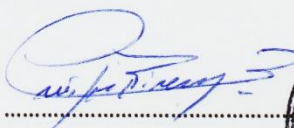
FECHA : 07 DE OCTUBRE DE 2015

CONTENIDO DE SALES TOTALES

INFORMACIÓN PREVIA	IMÁGEN
Peso de muestra : 500 gr	
Volumen de solución : 500ml	
Volumen de evaporación : 50ml	
Peso de vaso vacío : 49.4228 gr	
Peso de vaso + sales : 49.4452 gr	
Peso de sal en 50ml : 0.0224 gr	

CONTENIDO DE SALES TOTALES	
500 g de arena ___ 500ml de solución	$\% \text{ de sales} = \frac{0.0224g}{50g} \times 100$
50g de arena ___ 50ml de solución	$\% \text{ de sales} = 0.0448\%$
	$\% \text{ de sales} = 448 \text{ ppm}$


 Sandra E. Anquise Huayhua
 Bachiller en Ingeniería Civil


 Lic. Alfredo Quispe Rivera
 Especialista en Lab. de Química





CONTENIDO DE SALES EN AGREGADOS

NORMA NTP 400.014

TESIS : “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA”

MATERIAL : AGREGADO FINO RECICLADO

PROCEDENCIA : RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

FECHA : 09 DE OCTUBRE DE 2015

CONTENIDO DE SULFATOS

MÉTODO GRAVIMÉTRICO	IMÁGEN
Volumen de prueba : 100ml	
Peso de la muestra en 100ml : 20 gr	
Cloruro de bario : unas gotas	
Naranja de metilo : unas gotas	
Peso del papel filtro : 1.5776 gr	
Peso del papel filtro + sulfatos : 1.5791 gr	

CONTENIDO DE SULFATOS	
233.33g BaSO4 ___ 96g de SO4	$\% \text{ de sulfatos} = \frac{0.0006 \text{ g}}{20 \text{ g de muestra}} \times 100$ $= 0.0030 \% = 30 \text{ ppm (mg/kg)}$
0.0015g Ba SO4 ___ x= 0.0006	

.....

Sandra E. Anquise Huayhua
Bachiller en Ingeniería Civil

.....

Lic. Alfredo Quispe Rivera
Especialista en Lab. de Química





CONTENIDO DE SALES EN AGREGADOS

NORMA NTP 400.014

TESIS : "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

MATERIAL : AGREGADO GRUESO RECICLADO - FAZ

PROCEDENCIA : DEMOLICIÓN DEL COLEGIO FAZ

FECHA : 06 DE OCTUBRE DE 2015

CONTENIDO DE SULFATOS

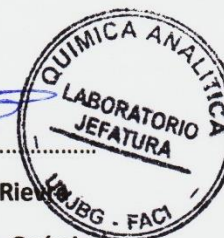
MÉTODO GRAVIMÉTRICO		IMÁGEN
Volumen de prueba	: 100ml	
Peso de la muestra en 100ml	: 50 gr	
Cloruro de bario	: unas gotas	
Naranja de metilo	: unas gotas	
Peso del papel filtro	: 1.6165 gr	
Peso del papel filtro + sulfatos	: 1.6412 gr	
CONTENIDO DE SULFATOS		
233.33g BaSO4	_____ 96g de SO4	$\% \text{ de sulfatos} = \frac{0.0101 \text{ g}}{50 \text{ g de muestra}} \times 100$ $= 0.0203 \% = 203 \text{ ppm (mg/kg)}$
0.0247g Ba SO4	_____ x= 0.0101	

.....

Sandra E. Anquise Huayhua
Bachiller en Ingeniería Civil

.....

Lic. Alfredo Quispe Riey
Especialista en Lab. de Química





CONTENIDO DE SALES EN AGREGADOS

NORMA NTP 400.014

TESIS : “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA”

MATERIAL : AGREGADO FINO NATURAL

PROCEDENCIA : CANTERA ARUNTA - VELÁSQUEZ

FECHA : 12 DE OCTUBRE DE 2015

CONTENIDO DE SULFATOS

MÉTODO GRAVIMÉTRICO	IMÁGEN
Volumen de prueba : 100ml	
Peso de la muestra en 100ml : 100 gr	
Cloruro de bario : unas gotas	
Naranja de metilo : unas gotas	
Peso del papel filtro : 1.6270 gr	
Peso del papel filtro + sulfatos : 1.6659 gr	

CONTENIDO DE SULFATOS	
233.33g BaSO4 ___ 96g de SO4	$\% \text{ de sulfatos} = \frac{0.0159 \text{ g}}{100 \text{ g de muestra}} \times 100$ $= 0.0159 \% = 159 \text{ ppm (mg/kg)}$
0.0386g Ba SO4 ___ x= 0.0159	

Sandra E. Anquise

Sandra E. Anquise Huayhua
Bachiller en Ingeniería Civil

Alfredo Quispe

Lic. Alfredo Quispe Rivera
Especialista en Lab. de Química





CONTENIDO DE SALES EN AGREGADOS

NORMA NTP 400.014

TESIS : “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA”

MATERIAL : AGREGADO FINO RECICLADO

PROCEDENCIA : RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

FECHA : 09 DE OCTUBRE DE 2015

CONTENIDO DE SULFATOS

MÉTODO GRAVIMÉTRICO	IMÁGEN
Volumen de prueba : 100ml	
Peso de la muestra en 100ml : 20 gr	
Cloruro de bario : unas gotas	
Naranja de metilo : unas gotas	
Peso del papel filtro : 1.5776 gr	
Peso del papel filtro + sulfatos : 1.6359 gr	

CONTENIDO DE SULFATOS	
233.33g BaSO4 ____ 96g de SO4	$\% \text{ de sulfatos} = \frac{0.02398 \text{ g}}{20 \text{ g de muestra}} \times 100$ $= 0.1199 \% = 1199 \text{ ppm (mg/kg)}$
0.0583g Ba SO4 ____ x= 0.02398	

Sandra E. Anquise Huayhua
 Bachiller en Ingeniería Civil

Lic. Alfredo Quispe Rivera
 Especialista en Lab. de Química



CONTENIDO DE SALES EN AGREGADOS

NORMA NTP 400.014

TESIS : "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

MATERIAL : AGREGADO GRUESO RECICLADO - SUPERMIX

PROCEDENCIA : PROBETAS DE LA EMPRESA DE CONCRETO SUPERMIX

FECHA : 07 DE OCTUBRE DE 2015

CONTENIDO DE SULFATOS

MÉTODO GRAVIMÉTRICO	IMÁGEN
Volumen de prueba : 100ml	
Peso de la muestra en 100ml : 100 gr	
Cloruro de bario : unas gotas	
Naranja de metilo : unas gotas	
Peso del papel filtro : 1.6276 gr	
Peso del papel filtro + sulfatos : 1.6399 gr	

CONTENIDO DE SULFATOS	
233.33g BaSO4 ____ 96g de SO4	$\% \text{ de sulfatos} = \frac{0.0051 \text{ g}}{100 \text{ g de muestra}} \times 100$ $= 0.0051 \% = 51 \text{ ppm (mg/kg)}$
0.0123g Ba SO4 ____ x= 0.0051	

Sandra E. Anquise Huayhua
 Bachiller en Ingeniería Civil

Lic. Alfredo Quispe Rivera
 Especialista en Lab. de Química

ANEXO 4

DISEÑOS DE MEZCLAS PARA EL CONCRETO

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO DT-01
CODIGO FAZ-0%-210-SECO-CA
F'C 210 Kg/cm²
FECHA 09/10/2015

A) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES :

Material	Procedencia	P.E.	M.F.	%A	%H	T. Max.
Arena	ARUNTA - VELASQUEZ	2625	2.64	1.73	5.10	-
Piedra H67	ARUNTA - VELASQUEZ	2712	6.63	1.69	1.81	1/2"
Aditivo	Sikament 306	1200	0.50% EN PESO DELCEMENTO			

B) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO :

Cemento	TIPO	DENSIDAD	F.C.	f'c	a/c	rf	Slump	MC
Yura	HE	3000	265	210	0.70	0.480	1" - 2"	4.71

C) DISEÑO LABORATORIO :

INSUMO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO					
	Pesos KG	Volumen Absoluto M3	Peso Corregido KG	0.036 M3	1.0 M3	6.0 M3	7.0 M3	5.5 M3
Cemento HE	265	0.08833	265	9.540	265	1590	1855	1458
Agua	185	0.18500	153	5.508	153	918	1071	842
Arena	914	0.34827	945	34.020	945	5670	6615	5197
Piedra H67	1023	0.37729	1024	36.879	1024	6147	7171	5634
Sikament 306	1.33	0.00110	1.33	0.048	1.33	7.95	9.28	7.29
TOTAL	2389	1.0000	2389	86	2389	14333	16721	13138

D) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO :

- Asentamiento	2.5"
- Temperatura Concreto	22.2°C
- Temperatura Ambiente	26.2°C
- Peso Unitario	2404.67
- Rendimiento	0.99
- Contenido de aire	1.20%
- Hora inicio	11:00 a.m.
- Hora fin	11:15 a.m.
- Humedad Ambiente	47%

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
		
Nombre y Firma	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH	NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA
Fecha:	INGENIERA CIVIL	INGENIERO QUÍMICO
	Reg. CIP 165682	Reg. CIP 156996

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO DT-02
CODIGO FAZ-0%-280-PLAST-SA
F'c 280 Kg/cm²
FECHA 09/10/2015

A) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES :

Material	Procedencia	P.E.	M.F.	%A	%H	T. Max.
Arena	ARUNTA - VELASQUEZ	2625	2.64	1.73	5.10	-
Piedra H67	ARUNTA - VELASQUEZ	2712	6.63	1.69	1.81	1/2"
Aditivo	Sikament 306	1200	0.00% EN PESO DELCEMENTO			

B) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO :

Cemento	TIPO	DENSIDAD	F.C.	f'c	a/c	rf	Slump	MC
Yura	HE	3000	325	280	0.65	0.490	3" - 4"	4.67

C) DISEÑO LABORATORIO :

INSUMO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO					
	Pesos KG	Volumen Absoluto M3	Peso Corregido KG	0.036 M3	1.0 M3	2.0 M3	3.0 M3	5.5 M3
Cemento HE	325	0.10833	325	11.700	325	650	975	1788
Agua	210	0.21000	179	6.457	179	359	538	986
Arena	877	0.33402	906	32.628	906	1813	2719	4985
Piedra H67	943	0.34765	944	33.982	944	1888	2832	5192
Sikament 306	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	2355	1.0000	2355	85	2355	4709	7064	12950

D) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO :

- Asentamiento	3"
- Temperatura Concreto	23°C
- Temperatura Ambiente	26.2°C
- Peso Unitario	2374.79
- Rendimiento	0.99
- Contenido de aire	1.20%
- Hora inicio	04:00 p.m.
- Hora fin	04:15 p.m.
- Humedad Ambiente	47%

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO DT-03
CODIGO FAZ-20%-210-FLUI-SA
F'C 210 Kg/cm²
FECHA 29/09/2015

A) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES :

Material	Procedencia	P.E.	M.F.	%A	%H	T. Max.
Arena	ARUNTA - VELASQUEZ	2625	2.64	1.73	2.49	-
RCD's-FAZ	RCD's - FAZ	2456	6.81	4.85	0.76	1/2"
Piedra H67	ARUNTA - VELASQUEZ	2712	6.63	1.69	0.50	1/2"
Aditivo	Sikament 306	1200	0.00% EN PESO DELCEMENTO			

B) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO :

Cemento	TIPO	DENSIDAD	F.C.	f'c	a/c	rf	Slump	MC
Yura	HE	3000	300	210	0.75	0.500	>5"	4.65

C) DISEÑO LABORATORIO :

INSUMO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO					
	Pesos KG	Volumen Absoluto M3	Peso Corregido KG	0.04 M3	1.0 M3	6.0 M3	7.0 M3	5.5 M3
Cemento HE	300	0.10000	300	12.000	300	1800	2100	1650
Agua	225	0.22500	234	9.367	234	1405	1639	1288
Arena	886	0.33750	893	35.706	893	5356	6249	4910
RCD's-FAZ	179	0.07301	172	6.880	172	1032	1204	946
Piedra H67	717	0.26449	709	28.349	709	4252	4961	3898
Sikament 306	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	2308	1.0000	2308	92	2308	13845	16153	12692

D) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO :

- Asentamiento	8.5"
- Temperatura Concreto	24.2°C
- Temperatura Ambiente	22.3 °C
- Peso Unitario	2363.26
- Rendimiento	0.976
- Contenido de aire	0.50%
- Hora inicio	04:18 p.m.
- Hora fin	04:42 p.m.
- Humedad Ambiente	42%

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°E° ASESOR
		
Nombre: Firma	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH	NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA
Fecha:	INGENIERA CIVIL	INGENIERO QUÍMICO
	Reg. CIP 165682	Reg. CIP 156996

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO DT-04
CODIGO FAZ-20%-280-PLAST-CA
F'C 280 Kg/cm²
FECHA 30/09/2015

A) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES :

Material	Procedencia	P.E.	M.F.	%A	%H	T. Max.
Arena	ARUNTA - VELASQUEZ	2625	2.64	1.73	1.87	-
RCD's- FAZ	RCD's - FAZ	2456	6.81	4.85	2.19	1/2"
Piedra H67	ARUNTA - VELASQUEZ	2712	6.63	1.69	0.92	1/2"
Aditivo	Sikament 306	1200	1.00% EN PESO DELCEMENTO			

B) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO :

Cemento	TIPO	DENSIDAD	F.C.	f'c	a/c	rf	Slump	MC
Yura	HE	3000	290	280	0.64	0.500	3" - 4"	4.65

C) DISEÑO LABORATORIO :

INSUMO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO					
	Pesos KG	Volumen Absoluto M3	Peso Corregido KG	0.036 M3	1.0 M3	2.0 M3	3.0 M3	5.5 M3
Cemento HE	290	0.09667	290	10.440	290	580	870	1595
Agua	185	0.18500	195	7.008	195	389	584	1071
Arena	940	0.35796	941	33.874	941	1882	2823	5175
RCD's- FAZ	190	0.07744	185	6.665	185	370	555	1018
Piedra H67	761	0.28052	755	27.175	755	1510	2265	4152
Sikament 306	2.90	0.00242	2.90	0.104	2.90	5.80	8.70	15.95
TOTAL	2368	1.0000	2368	85	2368	4737	7105	13027

D) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO :

- Asentamiento	3.25"
- Temperatura Concreto	26.5 °C
- Temperatura Ambiente	26.3 °C
- Peso Unitario	2370.11
- Rendimiento	0.999
- Contenido de aire	1.70%
- Hora inicio	04:00 p.m.
- Hora fin	04:15 p.m.
- Humedad Ambiente	40%

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NELYN OSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO DT-05
CODIGO FAZ-50%-210-PLAST-CA
F'C 210 Kg/cm²
FECHA 15/09/2015

A) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES :

Material	Procedencia	P.E.	M.F.	%A	%H	T. Max.
Arena	ARUNTA - VELASQUEZ	2625	2.64	1.73	2.21	-
RCDS-FAZ	RCDS - FAZ 50%	2685	6.72	3.62	1.61	1/2"
Aditivo	Sikament 306	1200	1.00% EN PESO DELCEMENTO			

B) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO :

Cemento	TIPO	DENSIDAD	F.C.	f _c	a/c	rf	Slump	MC
Yura	HE	3000	270	210	0.74	0.550	3" - 4"	4.48

C) DISEÑO LABORATORIO :

INSUMO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO					
	Pesos KG	Volumen Absoluto M3	Peso Corregido KG	0.040 M3	1.0 M3	2.0 M3	3.0 M3	5.5 M3
Cemento HE	270	0.09000	270	10.800	270	540	810	1485
Agua	200	0.20000	212	8.495	212	425	637	1168
Arena	1022	0.38926	1027	41.068	1027	2053	3080	5647
RCDS-FAZ	855	0.31849	838	33.515	838	1676	2514	4608
Sikament 306	2.70	0.00225	2.70	0.108	2.70	5.40	8.10	14.85
TOTAL	2350	1.0000	2350	94	2350	4699	7049	12923

D) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO :

- Asentamiento	3"
- Temperatura Concreto	24.6 °C
- Temperatura Ambiente	26.7 °C
- Peso Unitario	2350.19
- Rendimiento	1.00
- Contenido de aire	2.00%
- Hora inicio	11:45 a.m.
- Hora fin	12:07 p.m.
- Humedad Ambiente	32%

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH	 NEIL VNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO
Fecha:	Fecha: INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	Fecha: Reg. CIP 156996

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO DT-06
CODIGO FAZ-50%-280-FLUI-SA
F'C 280 Kg/cm²
FECHA 29/09/2015

A) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES :

Material	Procedencia	P.E.	M.F.	%A	%H	T. Max.
Arena	ARUNTA - VELASQUEZ	2625	2.64	1.73	2.49	-
RCD's- FAZ	RCD's - FAZ	2456	6.81	4.85	0.76	1/2"
Piedra H67	ARUNTA - VELASQUEZ	2712	6.63	1.69	0.50	1/2"
Aditivo	Sikament 306	1200	0.00% EN PESO DELCEMENTO			

B) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO :

Cemento	TIPO	DENSIDAD	F.C.	f'c	a/c	rf	Slump	MC
Yura	HE	3000	335	280	0.64	0.525	>5"	4.55

C) DISEÑO LABORATORIO :

INSUMO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO					
	Pesos KG	Volumen Absoluto M3	Peso Corregido KG	0.04 M3	1.0 M3	2.0 M3	3.0 M3	5.5 M3
Cemento HE	335	0.11167	335	13.400	335	670	1005	1843
Agua	215	0.21500	230	9.189	230	459	689	1263
Arena	928	0.35350	935	37.399	935	1870	2805	5142
RCD's- FAZ	412	0.16784	395	15.815	395	791	1186	2175
Piedra H67	412	0.15200	407	16.291	407	815	1222	2240
Sikament 306	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	2302	1.0000	2302	92	2302	4605	6907	12663

D) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO :

- Asentamiento	5"
- Temperatura Concreto	28°C
- Temperatura Ambiente	25.1°C
- Peso Unitario	2327.94
- Rendimiento	0.989
- Contenido de aire	1.75%
- Hora inicio	01:00 p.m.
- Hora fin	01:15 p.m.
- Humedad Ambiente	36%

EJECUTÓ	V°E° SUPERMIX	V°E° ASESOR
		
Nombre y Firma	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MICULICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO DT-07
CODIGO FAZ-100%-210-PLAST-SA
F'C 210 Kg/cm²
FECHA 26/09/2015

A) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES :

Material	Procedencia	P.E.	M.F.	%A	%H	T. Max.
Arena	ARUNTA - VELASQUEZ	2625	2.64	1.73	3.45	-
RCD's - FAZ	RCD's - FAZ	2456	6.81	4.85	0.86	1/2"
Aditivo	Sikament 306	1200	0.00% EN PESO DELCEMENTO			

B) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO :

Cemento	TIPO	DENSIDAD	F.C.	f'c	a/c	rf	Slump	MC
Yura	HE	3000	275	210	0.75	0.550	3" - 4"	4.52

C) DISEÑO LABORATORIO :

INSUMO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO					
	Pesos KG	Volumen Absoluto M3	Peso Corregido KG	0.040 M3	1.0 M3	6.0 M3	7.0 M3	5.5 M3
Cemento HE	275	0.09167	275	11.000	275	1650	1925	1513
Agua	205	0.20500	218	8.738	218	1311	1529	1201
Arena	1015	0.38683	1033	41.318	1033	6198	7231	5681
RCD's - FAZ	777	0.31650	746	29.855	746	4478	5225	4105
Sikament 306	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	2273	1.0000	2273	91	2273	13637	15909	12500

D) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO :

- Asentamiento	2.5"
- Temperatura Concreto	23.2°C
- Temperatura Ambiente	19.5°C
- Peso Unitario	2280.27
- Rendimiento	0.997
- Contenido de aire	1.68%
- Hora inicio	12:45 p.m.
- Hora fin	01:00 p.m.
- Humedad Ambiente	50%

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 Nombre y Firma	 NEL TINOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO DT-08
CODIGO FAZ-100%-280-SECO-CA
F'C 280 Kg/cm²
FECHA 02/09/2015

A) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES :

Material	Procedencia	P.E.	M.F.	%A	%H	T. Max.
Arena	ARUNTA - VELASQUEZ	2625	2.64	1.73	2.00	-
RCD's-FAZ	RCD's- FAZ	2456	6.81	4.85	2.00	1/2"
Aditivo	Sikament 306	1200	1.60% EN PESO DELCEMENTO			

B) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO :

Cemento	TIPO	DENSIDAD	F.C.	f'c	a/c	rf	Slump	MC
Yura	HE	3000	280	280	0.64	0.550	1" - 2"	4.52

C) DISEÑO LABORATORIO :

INSUMO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO					
	Pesos KG	Volumen Absoluto M3	Peso Corregido KG	0.05 M3	1.0 M3	2.0 M3	3.0 M3	5.5 M3
Cemento HE	280	0.09333	280	14.000	280	560	840	1540
Agua	179	0.17900	199	9.947	199	398	597	1094
Arena	1045	0.39816	1048	52.400	1048	2096	3144	5764
RCD's-FAZ	800	0.32577	777	38.866	777	1555	2332	4275
Sikament 306	4.48	0.00373	4.48	0.224	4.48	8.96	13.44	24.64
TOTAL	2309	1.0000	2309	115	2309	4617	6926	12698

D) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO :

- Asentamiento	2"
- Temperatura Concreto	27 °C
- Temperatura Ambiente	26.2 °C
- Peso Unitario	2303.93
- Rendimiento	1.00
- Contenido de aire	1.15%
- Hora inicio	10:00 a.m.
- Hora fin	10:15 a.m.
- Humedad Ambiente	35%

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO DT-09
CODIGO SUP-0%-210-PLAST-SA
F'C 210 Kg/cm²
FECHA 09/10/2015

A) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES :

Material	Procedencia	P.E.	M.F.	%A	%H	T. Max.
Arena	ARUNTA - VELASQUEZ	2625	2.64	1.73	5.10	-
Piedra H67	ARUNTA - VELASQUEZ	2712	6.63	1.69	1.81	1/2"
Aditivo	Sikament 306	1200	0.00% EN PESO DELCEMENTO			

B) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO :

Cemento	TIPO	DENSIDAD	F.C.	f'c	a/c	rf	Slump	MC
Yura	HE	3000	280	210	0.73	0.490	3" - 4"	4.67

C) DISEÑO LABORATORIO :

INSUMO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO					
	Pesos KG	Volumen Absoluto M3	Peso Corregido KG	0.036 M3	1.0 M3	2.0 M3	3.0 M3	5.5 M3
Cemento HE	280	0.09333	280	10.080	280	560	840	1540
Agua	205	0.20500	173	6.244	173	347	520	954
Arena	903	0.34382	933	33.585	933	1866	2799	5131
Piedra H67	970	0.35785	972	34.979	972	1943	2915	5344
Sikament 306	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	2358	1.0000	2358	85	2358	4716	7074	12969

D) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO :

- Asentamiento	2.5"
- Temperatura Concreto	26.4°C
- Temperatura Ambiente	26.2°C
- Peso Unitario	2371.10
- Rendimiento	0.99
- Contenido de aire	1.70%
- Hora inicio	01:00 p.m.
- Hora fin	01:15 p.m.
- Humedad Ambiente	47%

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH	 NEIL INOSTROZA DE LA PEÑA
Fecha:	Fecha: INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	Fecha: INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO DT-10
CODIGO SUP-0%-280-FLUI-CA
F'C 280 Kg/cm²
FECHA 09/10/2015

A) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES :

Material	Procedencia	P.E.	M.F.	%A	%H	T. Max.
Arena	ARUNTA - VELASQUEZ	2625	2.64	1.73	5.10	-
Piedra H67	ARUNTA - VELASQUEZ	2712	6.63	1.69	1.81	1/2"
Aditivo	Sikament 306	1200	1.50% EN PESO DELCEMENTO			

B) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO :

Cemento	TIPO	F.C.	f'c	a/c	rf	Slump	MC
Yura	HE	3000	315	280	0.65	0.490	> 5"

C) DISEÑO LABORATORIO :

INSUMO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO					
	Pesos KG	Volumen Absoluto M3	Peso Corregido KG	0.036 M3	1.0 M3	2.0 M3	3.0 M3	5.5 M3
Cemento HE	315	0.10500	315	11.340	315	630	945	1733
Agua	205	0.20500	174	6.270	174	348	522	958
Arena	882	0.33617	912	32.838	912	1824	2737	5017
Piedra H67	949	0.34989	950	34.201	950	1900	2850	5225
Sikament 306	4.73	0.00394	4.73	0.170	4.73	9.45	14.18	25.99
TOTAL	2356	1.0000	2356		2356	4712	7068	12958

D) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO :

- Asentamiento	8"
- Temperatura Concreto	20.4°C
- Temperatura Ambiente	26.2°C
- Peso Unitario	2358.50
- Rendimiento	1.00
- Contenido de aire	1.90%
- Hora inicio	05:00 p.m.
- Hora fin	05:05 p.m.
- Humedad Ambiente	47%

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
		
Nombre y Firma	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH	NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA
Fecha:	INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO DT-11
CODIGO SUP-20%-210-PLAST-CA
F'C 210 Kg/cm²
FECHA 30/09/2015

A) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES :

Material	Procedencia	P.E.	M.F.	%A	%H	T. Max.
Arena	ARUNTA - VELASQUEZ	2625	2.64	1.73	1.87	-
RCD's-SUP	RCD's- SUPERMIX	2481	6.84	4.55	0.92	1/2"
Piedra H67	ARUNTA - VELASQUEZ	2712	6.63	1.69	0.92	1/2"
Aditivo	Sikament 306	1200	0.50% EN PESO DELCEMENTO			

B) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO :

Cemento	TIPO	DENSIDAD	F.C.	f'c	a/c	rf	Slump	MC
Yura	HE	3000	265	210	0.72	0.500	3" - 4"	4.66

C) DISEÑO LABORATORIO :

INSUMO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO					
	Pesos KG	Volumen Absoluto M3	Peso Corregido KG	0.036 M3	1.0 M3	2.0 M3	3.0 M3	5.5 M3
Cemento HE	265	0.08833	265	9.540	265	530	795	1458
Agua	190	0.19000	202	7.257	202	403	605	1109
Arena	946	0.36028	947	34.094	947	1894	2841	5209
RCD's-SUP	192	0.07733	185	6.656	185	370	555	1017
Piedra H67	767	0.28296	761	27.411	761	1523	2284	4188
Sikament 306	1.33	0.00110	1.33	0.048	1.33	2.65	3.98	7.29
TOTAL	2361	1.0000	2361	85	2361	4723	7084	12987

D) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO :

- Asentamiento	4.25 "
- Temperatura Concreto	21.3 °C
- Temperatura Ambiente	22.5 °C
- Peso Unitario	2331.44
- Rendimiento	1.01
- Contenido de aire	1.50%
- Hora inicio	05:50 p.m.
- Hora fin	06:05 p.m.
- Humedad Ambiente	45%

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEIL VINSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO DT-12
CODIGO SUP-20%-280-SECO-SA
F'C 280 Kg/cm²
FECHA 07/10/2015

A) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES :

Material	Procedencia	P.E.	M.F.	%A	%H	T. Max.
Arena	ARUNTA - VELASQUEZ	2625	2.64	1.73	2.91	-
RCD's-SUP	RCD's- SUPERMIX	2481	6.84	4.55	1.05	1/2"
Piedra H67	ARUNTA - VELASQUEZ	2712	6.63	1.69	0.83	1/2"
Aditivo	Sikament 306	1200	0.00% EN PESO DELCEMENTO			

B) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO :

Cemento	TIPO	DENSIDAD	F.C.	f'c	a/c	rf	Slump	MC
Yura	HE	3000	290	280	0.64	0.525	1" - 2"	4.56

C) DISEÑO LABORATORIO :

INSUMO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO					
	Pesos KG	Volumen Absoluto M3	Peso Corregido KG	0.036 M3	1.0 M3	2.0 M3	3.0 M3	5.5 M3
Cemento HE	290	0.09667	290	10.440	290	580	870	1595
Agua	185	0.18500	186	6.696	186	372	558	1023
Arena	990	0.37713	1002	36.057	1002	2003	3005	5509
RCD's-SUP	182	0.07323	175	6.312	175	351	526	964
Piedra H67	727	0.26798	720	25.937	720	1441	2161	3963
Sikament 306	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	2373.39	1.00	2373.39	85.44	2373	4747	7120	13054

D) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO :

- Asentamiento	2.25"
- Temperatura Concreto	26.5 °C
- Temperatura Ambiente	26.3 °C
- Peso Unitario	2362.18
- Rendimiento	1.005
- Contenido de aire	1.50%
- Hora inicio	04:30 p.m.
- Hora fin	04:35 p.m.
- Humedad Ambiente	40%

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIJOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO DT-13
CODIGO SUP-50%-210-SECO-SA
F'C 210 Kg/cm²
FECHA 15/09/2015

A) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES :

Material	Procedencia	P.E.	M.F.	%A	%H	T. Max.
Arena	ARUNTA - VELASQUEZ	2625	2.64	1.73	2.21	-
RCD's-SUP	RCDS - SUPER 50%	2493	6.74	3.53	1.26	1/2"
Aditivo	Sikament 306	1200	0.00% EN PESO DELCEMENTO			

B) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO :

Cemento	TIPO	DENSIDAD	F.C.	f'c	a/c	rf	Slump	MC
Yura	HE	3000	270	210	0.78	0.550	1" - 2"	4.49

C) DISEÑO LABORATORIO :

INSUMO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO					
	Pesos KG	Volumen Absoluto M3	Peso Corregido KG	0.04 M3	1.0 M3	2.0 M3	3.0 M3	5.5 M3
Cemento HE	270	0.09000	270	10.800	270	540	810	1485
Agua	210	0.21000	223	8.922	223	446	669	1227
Arena	1011	0.38500	1015	40.619	1015	2031	3046	5585
RCD's-SUP	785	0.31500	767	30.696	767	1535	2302	4221
Sikament 306	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	2276	1.0000	2276	91	2276	4552	6828	12518

D) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO :

- Asentamiento	2.75"
- Temperatura Concreto	30.1°C
- Temperatura Ambiente	28°C
- Peso Unitario	2336.42
- Rendimiento	0.974
- Contenido de aire	1.70%
- Hora inicio	02:25 p.m.
- Hora fin	02:40 p.m.
- Humedad Ambiente	32%

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH	 NEL YNOSTROZA DE LA PENA INGENIERO QUÍMICO
Fecha:	Fecha: INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	Fecha: Reg. CIP 156996

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO DT-14
CODIGO SUP-50%-280-PLAST-CA
F'C 280 Kg/cm²
FECHA 30/09/2015

A) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES :

Material	Procedencia	P.E.	M.F.	%A	%H	T. Max.
Arena	ARUNTA - VELASQUEZ	2625	2.64	1.73	1.85	-
RCD's-SUP	RCD's-SUPERMIX	2481	6.84	4.55	0.95	1/2"
Piedra H67	ARUNTA - VELASQUEZ	2712	6.63	1.69	0.90	1/2"
Aditivo	Sikament 306	1200	1.00% EN PESO DELCEMENTO			

B) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO :

Cemento	TIPO	DENSIDAD	F.C.	f'c	a/c	rf	Slump	MC
Yura	HE	3000	295	280	0.64	0.525	3" - 4"	4.56

C) DISEÑO LABORATORIO :

INSUMO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO					
	Pesos KG	Volumen Absoluto M3	Peso Corregido KG	0.038 M3	1.0 M3	2.0 M3	3.0 M3	5.5 M3
Cemento HE	295	0.09833	295	11.210	295	590	885	1623
Agua	190	0.19000	208	7.904	208	416	624	1144
Arena	977	0.37233	979	37.185	979	1957	2936	5382
RCD's-SUP	436	0.17593	421	15.989	421	842	1262	2314
Piedra H67	436	0.16094	433	16.454	433	866	1299	2382
Sikament 306	2.95	0.00246	2.95	0.112	2.95	5.90	8.85	16.23
TOTAL	2338	1.0000	2338	89	2338	4677	7015	12861

D) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO :

- Asentamiento	4"
- Temperatura Concreto	25.1 °C
- Temperatura Ambiente	28.7°C
- Peso Unitario	2316.01
- Rendimiento	1.01
- Contenido de aire	2.00%
- Hora inicio	12:00 p.m.
- Hora fin	12:05 p.m.
- Humedad Ambiente	33%

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH	 NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO
Fecha:	Fecha: INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	Fecha: Reg. CIP 156996

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS : "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO DT-15
CODIGO SUP-100%-210-FLUI-CA
F'C 210 Kg/cm²
FECHA 28/09/2015

A) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES :

Material	Procedencia	P.E.	M.F.	%A	%H	T. Max.
Arena	ARUNTA - VELASQUEZ	2625	2.64	1.73	1.65	-
RCD's - SUP	RCD's - SUPERMIX	2481	6.84	4.55	1.83	1/2"
Aditivo	Sikament 306	1200	1.00% EN PESO DELCEMENTO			

B) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO :


Cemento	TIPO	DENSIDAD	F.C.	f'c	a/c	rf	Slump	MC
Yura	HE	3000	275	210	0.75	0.550	> 5"	4.53

C) DISEÑO LABORATORIO :

INSUMO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO					
	Pesos KG	Volumen Absoluto M3	Peso Corregido KG	0.04 M3	1.0 M3	2.0 M3	3.0 M3	5.5 M3
Cemento HE	275	0.09167	275	11.000	275	550	825	1513
Agua	205	0.20500	227	9.084	227	454	681	1249
Arena	1012	0.38557	1011	40.453	1011	2023	3034	5562
RCD's - SUP	783	0.31547	761	30.456	761	1523	2284	4188
Sikament 306	2.75	0.00229	2.75	0.110	2.75	5.50	8.25	15.13
TOTAL	2278	1.0000	2278	91	2278	4555	6833	12527

D) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO :

- Asentamiento	7.5"
- Temperatura Concreto	21.4°C
- Temperatura Ambiente	17.4°C
- Peso Unitario	2253.43
- Rendimiento	1.011
- Contenido de aire	2.00%
- Hora inicio	05:15 p.m.
- Hora fin	05:20 p.m.
- Humedad Ambiente	58%

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEL YNGOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO DT-16
CODIGO SUP-100%-280-SECO-SA
F'C 280 Kg/cm²
FECHA 10/09/2015

A) CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES :

Material	Procedencia	P.E.	M.F.	%A	%H	T. Max.
Arena	ARUNTA - VELASQUEZ	2625	2.64	1.73	2.35	-
RCD's - SUP	RCD's- SUPERMIX	2481	6.84	4.55	2.12	1/2"
Aditivo	Sikament 306	1200	0.00% EN PESO DELCEMENTO			

B) CARACTERISTICAS DEL CONCRETO :

Cemento	TIPO	DENSIDAD	F.C.	f'c	a/c	rf	Slump	MC
Yura	HE	3000	280	280	0.71	0.550	1" - 2"	4.53

C) DISEÑO LABORATORIO :

INSUMO	DISEÑO SECO		DISEÑO HUMEDO					
	Pesos KG	Volumen Absoluto M3	Peso Corregido KG	0.04 M3	1.0 M3	2.0 M3	3.0 M3	5.5 M3
Cemento HE	280	0.09333	280	11.200	280	560	840	1540
Agua	200	0.20000	213	8.513	213	426	638	1170
Arena	1020	0.38867	1027	41.064	1027	2053	3080	5646
RCD's - SUP	789	0.31800	770	30.792	770	1540	2309	4234
Sikament 306	0.00	0.00000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	2289	1.0000	2289	92	2289	4578	6868	12591

D) PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO :

- Asentamiento	1"
- Temperatura Concreto	23°C
- Temperatura Ambiente	26.5°C
- Peso Unitario	2306.40
- Rendimiento	0.99
- Contenido de aire	1.70%
- Hora inicio	12:30 p.m.
- Hora fin	01:00 p.m.
- Humedad Ambiente	41%

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ANEXO 5

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN

ESTADO FRESCO

ENSAYO DE ASENTAMIENTO Y TEMPERATURA DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.035; ASTM C 143 Y NTP 339.184; ASTM C 1064

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO DT-01 AL DT-16

FECHA TACNA, 10 DE SETIEMBRE DEL 2015

1) ENSAYO DE ASENTAMIENTO Y TEMPERATURA DEL CONCRETO

DISEÑO	CODIGO	FECHA	ASENTAMIENTO (pulg.)	ASENTAMIENTO (mm)	TEMPERATURA DEL CONCRETO (°C)	TEMPERATURA DEL AMBIENTE (°C)	HUMEDAD DEL AMBIENTE (%)
DT-01	FAZ-0%-210-SECO-CA	09/10/2015	2.5"	64	22.2°C	26.2°C	47%
DT-02	FAZ-0%-280-PLAST-SA	09/10/2015	3"	76	23°C	26.2°C	47%
DT-03	FAZ-20%-210-FLUI-SA	29/09/2015	8.5"	216	24.2°C	22.3 °C	42%
DT-04	FAZ-20%-280-PLAST-CA	30/09/2015	3.25"	83	26.5 °C	26.3 °C	40%
DT-05	FAZ-50%-210-PLAST-CA	15/09/2015	3"	76	24.6 °C	26.7 °C	32%
DT-06	FAZ-50%-280-FLUI-SA	29/09/2015	5"	127	28°C	25.1°C	36%
DT-07	FAZ-100%-210-PLAST-SA	26/09/2015	2.5"	64	23.2°C	19.5°C	50%
DT-08	FAZ-100%-280-SECO-CA	02/03/2015	2"	51	27 °C	26.2 °C	35%
DT-09	SUP-0%-210-PLAST-SA	09/10/2015	2.5"	64	26.4°C	26.2°C	47%
DT-10	SUP-0%-280-FLUI-CA	09/10/2015	8"	203	20.4°C	26.2°C	47%
DT-11	SUP-20%-210-PLAST-CA	30/09/2015	4.25 "	108	21.3 °C	22.5 °C	45%
DT-12	SUP-20%-280-SECO-SA	07/10/2015	2.25"	57	26.5 °C	26.3 °C	40%
DT-13	SUP-50%-210-SECO-SA	15/09/2015	2.75"	70	30.1°C	28°C	32%
DT-14	SUP-50%-280-PLAST-CA	30/09/2015	4"	102	25.1 °C	28.7°C	33%
DT-15	SUP-100%-210-FLUI-CA	28/09/2015	7.5"	191	21.4°C	17.4°C	58%
DT-16	SUP-100%-280-SECO-SA	10/09/2015	1"	25	23°C	26.5°C	41%

OBSERVACIONES:

EJECUTÓ	VºBº SUPERMIX	VºBº ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH	 NEL VÍTOROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha: INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	Fecha:

ENSAYO DE EXUDACION EN EL CONCRETO

NTP 339.077; ASTM C 232

TESIS : "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO : DTG-001
CODIGO : 210-NAT-CA
FECHA : TACNA, 22 DE OCTUBRE DEL 2015

1) ENSAYO DE EXUDACIÓN EN EL CONCRETO

Peso de los Materiales

cemento= 5.16 kg
A. fino = 18.725 kg
A. Grueso= 20.115 kg
Agua= 3.722 kg
Aditivo= 0.026 kg

Características del recipiente utilizado para el ensayo

Diametro= 15 cm
Peso en Molde= 8.49 kg
T. final mezcla= 10:32

HORA	Tiempo (min)	Volumen Parcial Exudado (ml)	Volumen Acumulado Exudado (ml)	Velocidad De Exudación (ml/min)
10:32	00:00	0.00	0.00	0.00
10:42	00:10	0.00	0.00	0.00
10:52	00:10	1.00	1.00	1.00
11:02	00:10	0.70	1.70	2.43
11:12	00:10	0.50	2.20	4.40
11:42	00:30	2.50	4.70	1.88
12:12	00:30	1.80	6.50	3.61
12:42	00:30	1.20	7.70	6.42
13:12	00:30	0.30	8.00	26.67
13:42	00:30	0.00	8.00	0.00

Volumen total exudado: 8 ml

2) EXUDACIÓN POR UNIDAD DE ÁREA

Se tiene la ecuación :

$$\text{Exudación} = \frac{\text{Vol.Total Exudado}}{\text{Area del recipiente}}$$

Reemplazando:

$$\text{Exudación} = 0.05 \text{ ml/cm}^2$$

3) EXUDACIÓN EN PORCENTAJE

Se tiene la ecuación :

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{\text{Vol.Total Exudado}}{\text{Vol.de agua de la mezcla en el molde}} \times 100$$

$$\text{vol. Agua de la mez} = \frac{\text{Peso del concreto en el molde}}{\text{Peso total de la tanda}} \times \text{Vol. de agua en la tanda}$$

Reemplazando:

$$\text{Exudación} = 1.11 \%$$

-Observaciones

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEIL V. OSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO DE EXUDACION EN EL CONCRETO

NTP 339.077; ASTM C 232

TESIS : "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO : DTG-002
CODIGO : 210-REC-SA
FECHA : TACNA, 22 DE OCTUBRE DEL 2015

1) ENSAYO DE EXUDACIÓN EN EL CONCRETO

Peso de los Materiales

cemento= 9.471 kg
A. fino = 33.318 kg
A. Grueso= 24.423 kg
Agua= 7.849 kg
Aditivo= 0 kg

Características del recipiente utilizado para el ensayo

Diametro= 15 cm
Peso en Molde= 8.59 kg
T. final mezcla= 11:45

HORA	Tiempo (min)	Volumen Parcial Exudado (ml)	Volumen Acumulado Exudado (ml)	Velocidad De Exudación (ml/min)
11:45	00:00	0.00	0.00	0.00
11:55	00:10	0.30	0.30	0.00
12:05	00:10	0.70	1.00	1.43
12:15	00:10	0.80	1.80	2.25
12:25	00:10	1.50	3.30	2.20
12:55	00:30	2.50	5.80	2.32
13:25	00:30	1.60	7.40	4.63
13:55	00:30	0.70	8.10	11.57
14:25	00:30	0.30	8.40	28.00
14:55	00:30	0.00	8.40	0.00

Volumen total exudado: 8.4 ml

2) EXUDACIÓN POR UNIDAD DE ÁREA

Se tiene la ecuación :

$$\text{Exudación} = \frac{\text{Vol.Total Exudado}}{\text{Area del recipiente}}$$

Reemplazando:

$$\text{Exudación} = 0.05 \text{ ml/cm}^2$$

3) EXUDACIÓN EN PORCENTAJE

Se tiene la ecuación :

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{\text{Vol.Total Exudado}}{\text{Vol.de agua de la mezcla en el molde}} \times 100$$

$$\text{vol. Agua de la mez} = \frac{\text{Peso del concreto en el molde}}{\text{Peso total de la tanda}} \times \text{Vol. de agua en la tanda}$$

Reemplazando:

$$\text{Exudación} = 0.84 \%$$

-Observaciones

EJECUTÓ	VºBº SUPERMIX	VºBº ASESOR
		
Nombre y Firma	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH	NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA
Fecha:	Fecha: INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	Fecha: INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996

ENSAYO DE EXUDACION EN EL CONCRETO

NTP 339.077; ASTM C 232

TESIS : "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO : DTG-003
CODIGO : 280-NAT-SA
FECHA : TACNA, 22 DE OCTUBRE DEL 2015

1) ENSAYO DE EXUDACIÓN EN EL CONCRETO

Peso de los Materiales

cemento= 4.95 kg
A. fino = 13.277 kg
A. Grueso= 14.06 kg
Agua= 3.165 kg
Aditivo= 0 kg

Características del recipiente utilizado para el ensayo

Diametro= 18.7 cm
Peso en Molde= 13.473 kg
T. final mezcla= 10:18

HORA	Tiempo (min)	Volumen Parcial Exudado (ml)	Volumen Acumulado Exudado (ml)	Velocidad De Exudación (ml/min)
10:18	00:00	0.00	0.00	0.00
10:28	00:10	0.00	0.00	0.00
10:38	00:10	1.30	1.30	1.00
10:48	00:10	0.10	1.40	14.00
10:58	00:10	0.15	1.55	10.33
11:28	00:30	0.20	1.75	8.75
11:58	00:30	0.30	2.05	6.83
12:28	00:30	0.00	2.05	0.00

Volumen total exudado: 2.05 ml

2) EXUDACIÓN POR UNIDAD DE ÁREA

Se tiene la ecuación :

$$\text{Exudación} = \frac{\text{Vol. Total Exudado}}{\text{Área del recipiente}}$$

Reemplazando:

$$\text{Exudación} = 0.01 \text{ ml/cm}^2$$

3) EXUDACIÓN EN PORCENTAJE

Se tiene la ecuación :

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{\text{Vol. Total Exudado}}{\text{Vol. de agua de la mezcla en el molde}} \times 100$$

$$\text{vol. Agua de la mez} = \frac{\text{Peso del concreto en el molde}}{\text{Peso total de la tanda}} \times \text{Vol. de agua en la tanda}$$

Reemplazando:

$$\text{Exudación} = 0.16 \%$$

-Observaciones

EJECUTÓ	VºBº SUPERMIX	VºBº ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEIL YNDROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO DE EXUDACION EN EL CONCRETO

NTP 339.077; ASTM C 232

TESIS : "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DTG-004

CODIGO : 280-REC-CA

FECHA : TACNA, 22 DE OCTUBRE DEL 2015

1) ENSAYO DE EXUDACIÓN EN EL CONCRETO

Peso de los Materiales

cemento= 4.5 kg
A. fino = 15.311 kg
A. Grueso= 11.172 kg
Agua= 3.35 kg
Aditivo= 0.023 kg

Características del recipiente utilizado para el ensayo

Diametro= 21 cm
Peso en Molde= 15.766 kg
T. final mezcla= 09:47

HORA	Tiempo (min)	Volumen Parcial Exudado (ml)	Volumen Acumulado Exudado (ml)	Velocidad De Exudación (ml/min)
09:47	00:00	0.00	0.00	0.00
09:57	00:10	0.00	0.00	0.00
10:07	00:10	0.00	0.00	0.00
10:17	00:10	0.00	0.00	0.00
10:27	00:10	1.00	1.00	1.00
10:57	00:30	4.00	5.00	1.25
11:27	00:30	2.00	7.00	3.50
11:57	00:30	2.50	9.50	3.80
12:27	00:30	3.10	12.60	4.06
12:57	00:30	0.50	13.10	26.20
13:27	00:30	0.00	13.10	0.00

Volumen total exudado: 13.1 ml

2) EXUDACIÓN POR UNIDAD DE ÁREA

Se tiene la ecuacion :

$$\text{Exudación} = \frac{\text{Vol.Total Exudado}}{\text{Area del recipiente}}$$

Reemplazando:

$$\text{Exudación} = 0.04 \text{ ml/cm}^2$$

3) EXUDACIÓN EN PORCENTAJE

Se tiene la ecuacion :

$$\text{Exudación (\%)} = \frac{\text{Vol.Total Exudado}}{\text{Vol.de agua de la mezcla en el molde}} \times 100$$

$$\text{vol. Agua de la mez} = \frac{\text{Peso del concreto en el molde}}{\text{Peso total de la tanda}} \times \text{Vol. de agua en la tanda}$$

Reemplazando:

$$\text{Exudación} = 0.76 \%$$

-Observaciones

EJECUTÓ	Vº Bº SUPERMIX	Vº Bº ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH	 NEIL VINSTROZA DE LA PEÑA
Fecha:	Fecha: INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	Fecha: INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996



CONCRETOS SUPERMIX S.A
PLANTA - TACNA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



ENSAYO DE PESO UNITARIO, RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO

NORMA NTP 339.046; ASTM C 138 Y NTP 339.083; ASTM C 231

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO DT-01 AL DT-16

FECHA TACNA, 09 DE OCTUBRE DEL 2015

1) ENSAYO DE PESO UNITARIO, RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO

DISEÑO	CODIGO	FECHA	PESO DE TANDA DE CONCRETO	VOLUMEN DE RECIPIENTE (Lts)	PESO DE RECIPIENTE (Kg)	PESO DE RECIPIENTE + CONCRETO	PESO UNITARIO (kg/m ³)	RENDIMIENTO	% AIRE
DT-01	FAZ-0%-210-SECO-CA	09/10/2015	2388.75	7.06	2.48	19.46	2404.67	0.99	1.20%
DT-02	FAZ-0%-280-PLAST-SA	09/10/2015	2354.62	7.06	2.48	19.25	2374.79	0.99	1.20%
DT-03	FAZ-20%-210-FLUI-SA	29/09/2015	2307.55	2.83	1.57	8.27	2363.24	0.98	0.50%
DT-04	FAZ-20%-280-PLAST-CA	30/09/2015	2368.50	7.06	2.48	19.21	2370.11	1.00	1.70%
DT-05	FAZ-50%-210-PLAST-CA	15/09/2015	2349.65	2.83	1.57	8.23	2350.18	1.00	2.00%
DT-06	FAZ-50%-280-FLUI-SA	29/09/2015	2302.36	2.83	1.57	8.17	2327.93	0.99	1.75%
DT-07	FAZ-100%-210-PLAST-SA	26/09/2015	2272.76	2.83	1.57	8.03	2280.26	1.00	1.68%
DT-08	FAZ-100%-280-SECO-CA	02/03/2015	2308.75	2.83	1.57	8.10	2303.92	1.00	1.15%
DT-09	SUP-0%-210-PLAST-SA	09/10/2015	2358.01	7.06	2.48	19.22	2371.10	0.99	1.70%
DT-10	SUP-0%-280-FLUI-CA	09/10/2015	2356.08	7.06	2.48	19.13	2358.50	1.00	1.90%
DT-11	SUP-20%-210-PLAST-CA	30/09/2015	2361.28	7.06	2.48	18.94	2331.44	1.01	1.50%
DT-12	SUP-20%-280-SECO-SA	07/10/2015	2373.39	7.06	2.48	19.16	2362.18	1.00	1.50%
DT-13	SUP-50%-210-SECO-SA	15/09/2015	2275.92	2.83	1.57	8.19	2336.41	0.97	1.70%
DT-14	SUP-50%-280-PLAST-CA	30/09/2015	2338.29	7.06	2.48	18.83	2316.01	1.01	2.00%
DT-15	SUP-100%-210-FLUI-CA	28/09/2015	2277.56	2.83	1.57	7.96	2253.42	1.01	2.00%
DT-16	SUP-100%-280-SECO-SA	10/09/2015	2289.21	2.83	1.57	8.11	2306.39	0.99	1.70%

OBSERVACIONES:

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEILYNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO

ASTM C 403

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO DTG-001

FECHA TACNA, 09 DE OCTUBRE DEL 2015

1) ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO EN EL CONCRETO

TIEMPO INICIAL 10:32

HORA	PENETRACIÓN CARGA (N)	AGUJA Nro	AREA (mm2)	RESISTENCIA (Mpa)	TIEMPO (Min)	log(t)	log(rp)	log(t)xlog(r p)	(log(t)2)	T°C	T°A	%H
14:32	889.64	1	650.69	1.37	240	2.38	0.14	0.32	5.67	22.4	19.8	56
	400.34	2	323.65	1.24	240	2.38	0.09	0.22	5.67			
15:02	520.44	2	323.65	1.61	270	2.43	0.21	0.50	5.91	21.7	19.7	59
15:32	800.68	2	323.65	2.47	300	2.48	0.39	0.97	6.14	20.5	19.2	61
16:02	604.96	3	160.98	3.76	330	2.52	0.57	1.45	6.34	20.1	18.4	62
16:32	355.86	4	63.62	5.59	360	2.56	0.75	1.91	6.53	19.5	18.7	64
17:02	560.48	4	63.62	8.81	390	2.59	0.94	2.45	6.71	19.4	18.0	66
17:32	729.51	4	63.62	11.47	420	2.62	1.06	2.78	6.88	19.7	17.9	67
	320.27	5	31.17	10.27	420	2.62	1.01	2.65	6.88			
18:02	400.34	5	31.17	12.84	450	2.65	1.11	2.94	7.04	19.1	17.8	70
18:32	444.82	5	31.17	14.27	480	2.68	1.15	3.10	7.19	20.2	17.9	71
19:02	756.20	5	31.17	24.26	510	2.71	1.38	3.75	7.33	19.4	18.0	69
	311.38	6	15.21	20.48	510	2.71	1.31	3.55	7.33			
19:32	369.20	6	15.21	24.28	540	2.73	1.39	3.79	7.47	19.7	17.9	70
20:02	431.48	6	15.21	28.38	570	2.76	1.45	4.00	7.59	19.4	17.2	72
20:17	569.37	6	15.21	37.45	585	2.77	1.57	4.35	7.66	19.3	17.5	74
SUMATORIAS						41.586	14.538	38.740	108.341			

2) CALCULO DE TIEMPO INICIAL Y FINAL DE FRAGUADO

Se tiene la ecuacion :

$$y = ax + b$$

donde:

$$a = \frac{n(\sum xiyi) - (\sum xi)(\sum yi)}{n(\sum xi^2) - (\sum xi)^2}$$

$$b = \frac{(\sum yi) - a(\sum xi)}{n}$$

Reemplazando:

n= 16
a= 3.79
b= -8.93
R= 0.9912



La ecuacion quedará de la siguiente forma: $\log(rp) = 3.787\log(t) - 8.934$

	Rp (Mpa)	T (min)
TIEMPO INICIAL DE FRAGUADO	3.4	315
TIEMPO FINAL DE FRAGUADO	27.6	549

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO

ASTM C 403

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO DTG-002

FECHA TACNA, 09 DE OCTUBRE DEL 2015

1) ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO EN EL CONCRETO

TIEMPO INICIAL 11:58

HORA	PENETRACIÓN CARGA (N)	AGUJA Nro	AREA (mm2)	RESISTENCIA (Mpa)	TIEMPO (Min)	log(t)	log(rp)	log(t)xlog(r p)	(log(t)2)	T°C	T°A	%H
15:28	800.68	1	650.69	1.23	210	2.32	0.09	0.21	5.39	21.1	19.2	61
	387.00	2	323.65	1.20	210	2.32	0.08	0.18	5.39			
15:58	507.10	2	323.65	1.57	240	2.38	0.20	0.46	5.67	20.2	18.6	62
16:28	524.89	3	160.98	3.26	270	2.43	0.51	1.25	5.91	20.3	18.2	64
16:58	387.00	4	63.62	6.08	300	2.48	0.78	1.94	6.14	19.9	18.1	65
	644.99	3	160.98	4.01	300	2.48	0.60	1.49	6.14			
17:28	489.30	4	63.62	7.69	330	2.52	0.89	2.23	6.34	19.4	17.9	67
17:58	676.13	4	63.62	10.63	360	2.56	1.03	2.62	6.53	19.7	17.6	69
	444.82	5	31.17	14.27	360	2.56	1.15	2.95	6.53			
18:28	551.58	5	31.17	17.69	390	2.59	1.25	3.23	6.71	19.8	17.8	71
18:58	551.58	5	31.17	17.69	420	2.62	1.25	3.27	6.88	20.1	17.9	70
	382.55	6	15.21	25.16	420	2.62	1.40	3.67	6.88			
19:28	409.24	6	15.21	26.91	450	2.65	1.43	3.79	7.04	20.3	17.7	70
19:58	444.82	6	15.21	29.25	480	2.68	1.47	3.93	7.19	19.5	17.1	72
20:13	613.85	6	15.21	40.37	495	2.69	1.61	4.33	7.26	19.7	17.1	74
SUMATORIAS						37.908	13.728	35.577	96.013			

2) CALCULO DE TIEMPO INICIAL Y FINAL DE FRAGUADO

Se tiene la ecuacion :

$$y = ax + b$$

donde:

$$a = \frac{n(\sum xiyi) - (\sum xi)(\sum yi)}{n(\sum xi^2) - (\sum xi)^2}$$

$$b = \frac{(\sum yi) - a(\sum xi)}{n}$$

Reemplazando:

n= 15
a= 4.17
b= -9.62
R= 0.9818



La ecuacion quedará de la siguiente forma:

$$\log(rp) = 4.17 \log(t) - 9.623$$

	Rp (Mpa)	T (min)
TIEMPO INICIAL DE FRAGUADO	3.4	272
TIEMPO FINAL DE FRAGUADO	27.6	450

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
Nombre y Firma	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	NEL YNGSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO

ASTM C 403

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO DTG-003

FECHA TACNA, 09 DE OCTUBRE DEL 2015

1) ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO EN EL CONCRETO

TIEMPO INICIAL 12:30

HORA	PENETRACIÓN CARGA (N)	AGUJA Nro	AREA (mm2)	RESISTENCIA (Mpa)	TIEMPO (Min)	log(t)	log(rp)	log(t)xlog(r p)	(log(t)2)	T°C	T°A	%H
16:00	244.65	1	650.69	0.38	210	2.32	-0.42	-0.99	5.39	199.7	18.7	63
16:30	382.55	1	650.69	0.59	240	2.32	-0.23	-0.54	5.39	19.6	18.7	64
17:00	498.20	2	323.65	1.54	270	2.43	0.19	0.46	5.91	19.4	18.1	65
	667.23	1	650.69	1.03	270	2.43	0.01	0.03	5.91			
17:30	346.96	3	160.98	2.16	300	2.48	0.33	0.83	6.14	19.2	17.8	67
18:00	489.30	3	160.98	3.04	330	2.52	0.48	1.22	6.34	19.0	17.8	70
18:30	320.27	4	63.62	5.03	360	2.56	0.70	1.79	6.53	19.3	17.8	71
19:00	444.82	4	63.62	6.99	390	2.59	0.84	2.19	6.71	19.4	18.0	69
19:30	222.41	5	31.17	7.13	420	2.62	0.85	2.24	6.88	19.5	17.8	70
	609.41	4	63.62	9.58	420	2.62	0.98	2.57	6.88			
20:00	427.03	5	31.17	13.70	450	2.65	1.14	3.02	7.04	19.0	17.2	72
	209.07	6	15.21	13.75	450	2.65	1.14	3.02	7.04			
20:15	177.93	6	15.21	11.70	465	2.67	1.07	2.85	7.12	19.1	17.5	74
20:20	284.69	6	15.21	18.72	470	2.67	1.27	3.40	7.14	19.1	17.2	73
SUMATORIAS						35.543	8.356	22.083	90.433			

2) CALCULO DE TIEMPO INICIAL Y FINAL DE FRAGUADO

Se tiene la ecuacion :

$$y = ax + b$$

donde:

$$a = \frac{n(\sum xiyi) - (\sum xi)(\sum yi)}{n(\sum xi^2) - (\sum xi)^2}$$

$$b = \frac{(\sum yi) - a(\sum xi)}{n}$$

Reemplazando:

n= 14
a= 4.37
b= -10.50
R= 0.9814



La ecuacion quedará de la siguiente forma: $\log(rp) = 4.37\log(t) - 10.498$

	Rp (Mpa)	T (min)
TIEMPO INICIAL DE FRAGUADO	3.4	334
TIEMPO FINAL DE FRAGUADO	27.6	540

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:



CONCRETOS SUPERMIX S.A
PLANTA - TACNA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



ENSAYO TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO

ASTM C 403

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO DTG-004

FECHA TACNA, 09 DE OCTUBRE DEL 2015

1) ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO EN EL CONCRETO

TIEMPO INICIAL 09:32

HORA	PENETRACIÓN CARGA (N)	AGUJA Nro	AREA (mm2)	RESISTENCIA (Mpa)	TIEMPO (Min)	log(t)	log(rp)	log(t)xlog(rp)	(log(t)2)	T°C	T°A	%H
13:02	782.89	1	650.69	1.20	210	2.32	0.08	0.19	5.39	23.4	25.4	38
	453.72	2	323.65	1.40	210	2.32	0.15	0.34	5.39			
13:32	631.65	2	323.65	1.95	240	2.38	0.29	0.69	5.67	23.6	25.1	41
	329.17	3	160.98	2.04	240	2.38	0.31	0.74	5.67			
14:02	427.03	3	160.98	2.65	270	2.43	0.42	1.03	5.91	21.6	24.5	41
14:32	711.72	3	160.98	4.42	300	2.48	0.65	1.60	6.14	22.7	23.5	43
16:02	800.68	4	63.62	12.59	390	2.59	1.10	2.85	6.71	22.2	22.9	49
	631.65	5	31.17	20.26	390	2.59	1.31	3.39	6.71			
	266.89	6	15.21	17.55	390	2.59	1.24	3.22	6.71			
16:32	382.55	6	15.21	25.16	420	2.62	1.40	3.67	6.88	22.0	22.0	49
17:02	533.79	6	15.21	35.11	450	2.65	1.55	4.10	7.04	22.5	21.5	49
17:43	578.27	6	15.21	38.03	491	2.69	1.58	4.25	7.24	22.2	20.4	51
18:02	836.27	6	15.21	55.00	510	2.71	1.74	4.71	7.33	21.3	20.4	53
SUMATORIAS						32.762	11.815	30.786	82.799			

2) CALCULO DE TIEMPO INICIAL Y FINAL DE FRAGUADO

Se tiene la ecuacion :

$$y = ax + b$$

donde:

$$a = \frac{n(\sum xiyi) - (\sum xi)(\sum yi)}{n(\sum xi^2) - (\sum xi)^2}$$

$$b = \frac{(\sum yi) - a(\sum xi)}{n}$$

Reemplazando:

n= 13
a= 4.30
b= -9.93
R= 0.9866



La ecuacion quedará de la siguiente forma:

$$\log(rp) = 4.302\log(t) - 9.933$$

	Rp (Mpa)	T (min)
TIEMPO INICIAL DE FRAGUADO	3.4	271
TIEMPO FINAL DE FRAGUADO	27.6	440

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
Nombre y Firma	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL	NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO
Fecha:	Fecha: Reg. CIP 165682	Fecha: Reg. CIP 156996

ANEXO 6

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN

ESTADO ENDURECIDO



CORTE DIAMANTINO DE PROBETAS DE CONCRETO

1. DESCRIPCION DE LA MUESTRA

La persona solicitante proporciono 04 muestras de probeta de concreto de 10 cm x 20 cm.

2. PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO

La muestra entregadas es de responsabilidad del solicitante.

3. CONDICION DE LOS ENSAYOS

Temperatura de ensayo: $18 \pm 2^\circ\text{C}$.

4. RESULTADOS

CORTE DIAMANTINO DE PROBETAS DE CONCRETO

Nº de Muestra	DESCRIPCION	FECHA DE MEDIDA	DIAMETRO mm	ALTURA mm
1	DT-01: FAZ 0%-210-SECO-CA	17/11/15	101.52	207.4
2	DT-03: FAZ 20%-210-FLUI-SA	17/11/15	101.20	207.8
3	DT-05: FAZ 50%-210-PLAST-CA	17/11/15	101.35	207.6
4	DT-07: FAZ 100%-210-PLAST-SA	17/11/15	101.45	208.5



Ing. Esteban B. Machaca Mamani
Especialista en Laboratorio FAIN-ESMI.
CIP 140390



Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO



**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTES APOYADAS CON CARGAS A LOS
 TERCIOS DEL TRAMO**

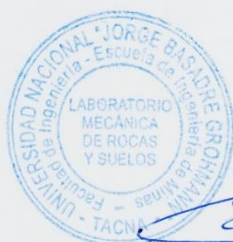
NORMA NTP 339.078; ASTM C 78

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO DT-01 AL DT-16

FECHA TACNA, 10 DE SETIEMBRE DEL 2015

DISEÑO	CODIGO	FECHA VACEADO	EDAD (días)	FECHA ROTURA	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LUZ ENTRE APOYOS (Mmm)	CARGA MAXIMA (KN)	MODULO DE ROTURA (MPa)	PROMEDIO MODULO DE ROTURA (Mpa)
DT-01	FAZ-0%-210-SECO-CA	09/10/2015	28	06/11/2015	103.95	102.10	300.00	17.20	4.76	4.76
					104.00	102.20	300.00	17.20	4.75	
DT-02	FAZ-0%-280-PLAST-SA	09/10/2015	28	06/11/2015	104.80	104.50	300.00	16.20	4.25	4.24
					104.60	104.70	300.00	16.20	4.24	
DT-03	FAZ-20%-210-FLUI-SA	29/09/2015	28	27/10/2015	103.30	101.40	300.00	11.20	3.16	3.15
					103.50	101.60	300.00	11.20	3.14	
DT-04	FAZ-20%-280-PLAST-CA	30/09/2015	28	28/10/2015	100.30	100.00	300.00	11.80	3.53	3.53
					100.10	100.20	300.00	11.80	3.52	
DT-05	FAZ-50%-210-PLAST-CA	15/09/2015	28	13/10/2015	102.30	102.10	300.00	12.84	3.61	3.62
					101.90	101.80	300.00	12.79	3.63	
DT-06	FAZ-50%-280-FLUI-SA	29/09/2015	28	27/10/2015	101.30	103.60	300.00	16.00	4.41	4.43
					101.25	103.55	300.00	16.10	4.45	
DT-07	FAZ-100%-210-PLAST-SA	26/09/2015	28	24/10/2015	102.90	101.00	300.00	10.10	2.89	2.89
					103.10	101.30	300.00	10.20	2.89	
DT-08	FAZ-100%-280-SECO-CA	02/09/2015	28	30/09/2015	102.30	100.80	300.00	14.86	4.29	4.28
					101.80	101.30	300.00	14.90	4.28	
DT-09	SUP-0%-210-PLAST-SA	09/10/2015	28	06/11/2015	102.50	100.00	300.00	13.00	3.80	3.83
					102.38	99.80	300.00	13.10	3.85	
DT-10	SUP-0%-280-FLUI-CA	09/10/2015	28	06/11/2015	104.00	103.90	300.00	16.10	4.30	4.30
					103.86	104.50	300.00	16.23	4.29	
DT-11	SUP-20%-210-PLAST-CA	30/09/2015	28	28/10/2015	103.40	103.43	300.00	13.80	3.74	3.74
					103.38	103.50	300.00	13.83	3.75	
DT-12	SUP-20%-280-SECO-SA	07/10/2015	28	04/11/2015	104.00	102.85	300.00	15.90	4.34	4.34
					103.90	103.20	300.00	15.99	4.34	
DT-13	SUP-50%-210-SECO-SA	15/09/2015	28	13/10/2015	101.45	100.70	300.00	13.54	3.95	3.95
					101.23	101.20	300.00	13.65	3.95	
DT-14	SUP-50%-280-PLAST-CA	30/09/2015	28	28/10/2015	101.60	101.68	300.00	14.60	4.17	4.17
					101.35	102.00	300.00	14.65	4.17	
DT-15	SUP-100%-210-FLUI-CA	28/09/2015	28	26/10/2015	102.20	101.85	300.00	9.60	2.72	2.72
					102.00	102.00	300.00	9.65	2.73	
DT-16	SUP-100%-280-SECO-SA	10/09/2015	28	08/10/2015	101.35	103.55	300.00	13.80	3.81	3.85
					101.00	103.20	300.00	13.95	3.89	



Esteban Machaca Mamani

Mgr. Ing. Esteban Machaca Mamani
 Especialista en Laboratorio ESMI-FAIN
 CIP 140390



Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS Y CONCRETO



**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTES APOYADAS CON CARGAS A LOS
 TERCIOS DEL TRAMO**

NORMA NTP 339.078; ASTM C 78

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO DTG-001 AL DTG-004

FECHA TACNA, 18 DE NOVIEMBRE DEL 2015

DISEÑO	CODIGO	FECHA VACEADO	EDAD (días)	FECHA ROTURA	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	LUZ ENTRE APOYOS (Mmm)	CARGA MAXIMA (KN)	MODULO DE ROTURA (MPa)	PROMEDIO MODULO DE ROTURA (Mpa)
DTG-001	210-NAT-CA	21/10/2015	28	18/11/2015	103.50	102.90	300.00	12.20	3.34	3.35
					103.45	103.10	300.00	12.30	3.36	
DTG-002	210-REC-SA	21/10/2015	28	18/11/2015	101.80	103.00	300.00	10.30	2.86	2.87
					101.90	102.80	300.00	10.34	2.88	
DTG-003	280-NAT-SA	21/10/2015	28	18/11/2015	101.50	100.80	300.00	14.20	4.13	4.13
					101.30	101.10	300.00	14.25	4.13	
DTG-004	280-REC-CA	21/10/2015	28	18/11/2015	101.10	100.80	300.00	15.00	4.38	4.41
					100.90	101.00	300.00	15.20	4.43	

Mgr. Ing. Esteban Machaca Mamani
 Especialista en Laboratorio ESMI-FAIN
 CIP 140390



Msc. Ing° Carlos Huísa Ccori
 Jefe de Laboratorio
 CIP 37291

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DT-01

CODIGO : FAZ-0%-210-SECO-CA

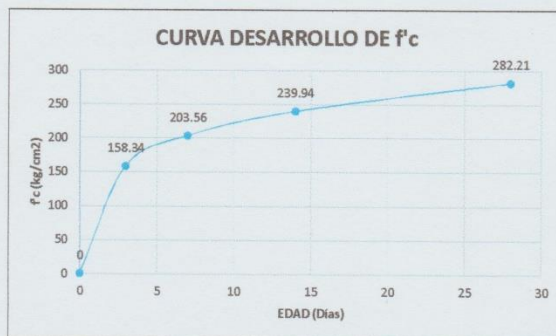
F'c 210 Kg/cm²

FECHA : 09/10/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

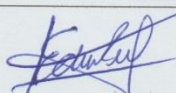

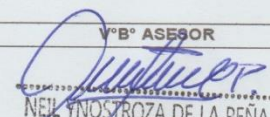
N°	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f'c	TIPO DE FALLA
1	210	12/10/2015	3	10.20	20.74	2.03	81.71	12625.80	154.51	158.34	75%	CONICA
2	210		3	10.18	20.79	2.04	81.39	13198.40	162.16			CONICA
3	210		7	10.18	20.70	2.03	81.39	16568.40	203.56			CONICA
4	210	16/10/2015	7	10.18	20.70	2.03	81.39	16568.40	203.56	203.56	97%	CONICA
5	210		14	10.18	20.86	2.05	81.39	19776.90	242.98			COLUMNAR
6	210	23/10/2015	14	10.18	20.74	2.04	81.39	19282.40	236.91	239.94	114%	COLUMNAR
7	210		28	10.16	20.76	2.04	80.99	23525.90	290.47			COLUMNAR
8	210		28	10.17	20.78	2.04	81.15	22232.80	273.96			CONICA

2) CURVA DE DESARROLLO



OBSERVACIONES:

- La resistencia a los 28 días fue de 282.21 kg/cm² la cual representa el 134% de la resistencia de diseño

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DT-02

CODIGO : FAZ-0%-280-PLAST-SA

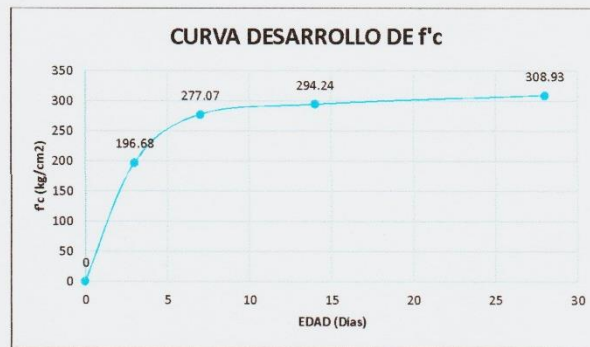
F'c : 280 Kg/cm²

FECHA : 09/10/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

N°	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f'c	TIPO DE FALLA
1	280	12/10/2015	3	10.18	20.74	2.04	81.39	15897.30	195.32	196.68	70%	CONICA
2	280		3	10.21	20.78	2.04	81.79	16199.30	198.05			CONICA
3	280	16/10/2015	7	10.18	20.85	2.05	81.31	22529.00	277.07	277.07	99%	COLUMNAR
4	280		7	10.18	20.85	2.05	81.31	22529.00	277.07			COLUMNAR
5	280	23/10/2015	14	10.19	20.81	2.04	81.55	23776.10	291.54	294.24	105%	CÓNICA
6	280		14	10.19	20.81	2.04	81.47	24192.60	296.94			COLUMNAR
7	280	06/11/2015	28	10.20	20.82	2.04	81.71	25260.90	309.14	308.93	110%	CÓNICA
8	280		28	10.17	20.85	2.05	81.23	25077.40	308.71			COLUMNAR

2) CURVA DE DESARROLLO



OBSERVACIONES:

- La resistencia a los 28 días fue de 308.93 kg/cm² la cual representa el 110% de la resistencia de diseño

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
Nombre y Firma	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH	NEIL ANOSTROZA DE LA PEÑA
Fecha:	Fecha: INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	Fecha: INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DT-03

CODIGO : FAZ-20%-210-FLUI-SA

F'c 210 Kg/cm²

FECHA : 29/09/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:


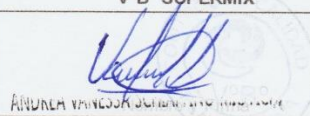
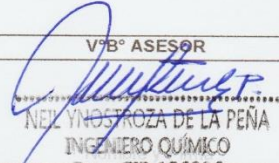
N°	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f'c	TIPO DE FALLA
1	210	03/10/2015	4	10.11	20.81	2.06	80.28	8715.90	108.57	108.99	52%	CONICA
2	210		4	10.17	20.65	2.03	81.23	8887.00	109.40			CONICA
3	210		7	10.19	20.79	2.04	81.61	12283.60	150.52			CONICA
4	210	06/10/2015	7	10.21	20.84	2.04	81.85	12589.70	153.82	152.17	72%	COLUMNAR
5	210		14	10.20	20.73	2.03	81.71	14025.70	171.65			CONICA
6	210	13/10/2015	14	10.20	20.73	2.03	81.71	14025.70	171.65	171.65	82%	CONICA
7	210		28	10.18	20.75	2.04	81.39	17821.50	218.96			CONICA
8	210	27/10/2015	28	10.18	20.75	2.04	81.39	17546.90	215.58	217.27	103%	COLUMNAR

2) CURVA DE DESARROLLO



OBSERVACIONES:

- La resistencia a la compresión a los 28 días fue de 217.27 kg/cm² la cual representa el 103% de la resistencia de diseño

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Norma y Firma	 ANUNDA VINCOCOR S.A. S. R. L. INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEL YINOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DT-04

CODIGO : FAZ-20%-280-PLAST-CA

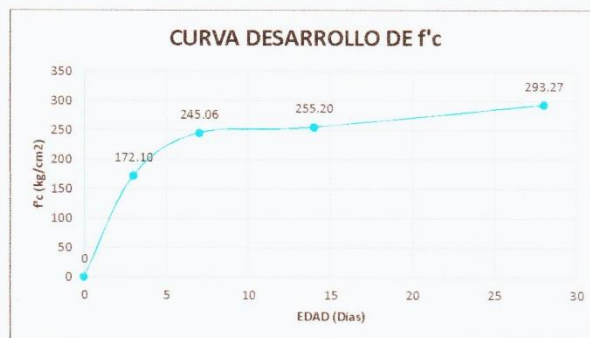
F'c : 280 Kg/cm²

FECHA : 30/09/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:



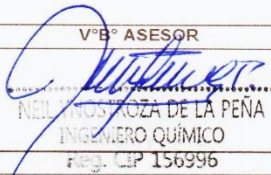
N°	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f'c	TIPO DE FALLA
1	280	03/10/2015	3	10.17	20.85	2.05	81.23	13820.70	170.14	172.10	61%	CONICA
2	280		3	10.20	20.87	2.05	81.71	14222.90	174.06			CONICA
3	280	07/10/2015	7	10.17	20.88	2.05	81.23	19736.80	242.97	245.06	88%	CONICA
4	280		7	10.19	20.85	2.05	81.55	20156.50	247.16			CONICA
5	280	14/10/2015	14	10.16	20.93	2.06	81.07	20690.00	255.20	255.20	91%	CONICA
6	280		14	10.16	20.93	2.06	81.07	20690.00	255.20			CONICA
7	280	28/10/2015	28	10.20	20.85	2.05	81.63	23746.50	290.89	293.27	105%	CONICA
8	280		28	10.19	20.95	2.06	81.55	24111.00	295.65			CONICA

2) CURVA DE DESARROLLO



OBSERVACIONES:

- La resistencia a la compresión a los 28 días fue de 293.27 kg/cm² la cual representa el 105% de la resistencia de diseño

EJECUTÓ	VºBº SUPERMIX	VºBº ASESOR
	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NELSON ROSA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DT-05

CODIGO : FAZ-50%-210-PLAST-CA

f'c 210 Kg/cm²

FECHA : 15/09/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

N°	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f'c	TIPO DE FALLA
1	210	18/09/2015	3	10.16	20.80	2.05	81.13	9981.60	123.04	123.04	59%	CONICA
2	210		3	10.16	20.82	2.05	81.13	9981.60	123.04			CONICA
3	210	22/09/2015	7	10.19	20.91	2.05	81.50	13109.90	160.86	161.63	77%	COLUMNAR
4	210		7	10.19	20.84	2.05	81.50	13236.30	162.41			CONICA
5	210	29/09/2015	14	10.17	20.80	2.05	81.18	15182.40	187.02	186.54	89%	COLUMNAR
6	210		14	10.19	20.80	2.04	81.61	15183.80	186.06			CONICA
7	210	13/10/2015	28	10.22	20.79	2.03	82.03	17401.10	212.12	212.12	101%	COLUMNAR
8	210		28	10.22	20.79	2.03	82.03	17401.10	212.12			COLUMNAR

2) CURVA DE DESARROLLO



OBSERVACIONES:

- La resistencia a la compresión a los 28 días fue de 212.12 kg/cm² la cual representa el 101% de la resistencia de diseño

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL	 NEIL VINOZ ROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO
Fecha:	Fecha: Reg. CIP 165682	Fecha: Reg. CIP 156996

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DT-06

CODIGO : FAZ-50%-280-FLUI-SA

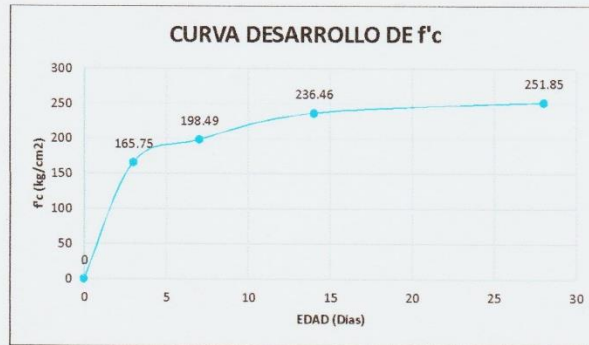
F'c 280 Kg/cm²

FECHA : 29/09/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

N°	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f'c	TIPO DE FALLA
1	280	03/10/2015	4	10.11	20.75	2.05	80.28	13191.20	164.32	165.75	59%	CONICA
2	280		4	10.14	20.81	2.05	80.69	13489.30	167.17			CONICA
3	280	06/10/2015	7	10.22	20.78	2.03	82.03	16277.00	198.42	198.49	71%	COLUMNAR
4	280		7	10.21	20.88	2.05	81.82	16246.10	198.56			COLUMNAR
5	280	13/10/2015	14	10.20	20.79	2.04	81.71	19321.50	236.46	236.46	84%	COLUMNAR
6	280		14	10.20	20.79	2.04	81.71	19321.50	236.46			COLUMNAR
7	280	27/10/2015	28	10.20	20.85	2.05	81.63	20374.90	249.59	251.85	90%	CONICA
8	280		28	10.20	20.83	2.04	81.71	20764.10	254.11			COLUMNAR

2) CURVA DE DESARROLLO



OBSERVACIONES:

- La resistencia a la compresión a los 28 días fue de 251.85 kg/cm² la cual representa el 90% de la resistencia de diseño

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEIL YNDOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156946
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DT-07

CODIGO : FAZ-100%-210-PLAST-SA

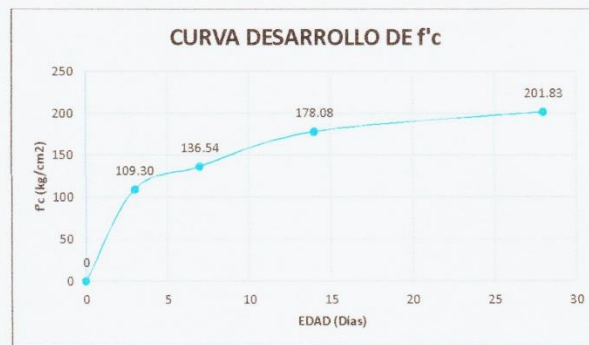
F'c 210 Kg/cm²

FECHA : 26/09/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

Nº	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f'c	TIPO DE FALLA
1	210	29/09/2015	3	10.18	20.74	2.04	81.39	9169.30	112.66	109.30	52%	CONICA
2	210		3	10.19	20.84	2.05	81.55	8639.80	105.94			COLUMNAR
3	210	03/10/2015	7	10.11	20.86	2.06	80.28	11683.10	145.53	136.54	65%	COLUMNAR
4	210		7	10.11	20.70	2.05	80.34	10246.30	127.54			CONICA
5	210	12/10/2015	16	10.20	20.75	2.03	81.71	14236.40	174.22	178.08	85%	CONICA
6	210		16	10.18	20.87	2.05	81.31	14793.50	181.93			COLUMNAR
7	210	24/10/2015	28	10.20	20.78	2.04	81.71	16892.60	206.73	201.83	96%	COLUMNAR
8	210		28	10.19	20.76	2.04	81.55	16060.40	196.93			CONICA

2) CURVA DE DESARROLLO



OBSERVACIONES:

- La resistencia a la compresión a los 28 días fue de 201.83 kg/cm² la cual representa el 96% de la resistencia de diseño

EJECUTÓ	VºBº SUPERMIX	VºBº ASESOR
	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DT-08

CODIGO : FAZ-100%-280-SECO-CA

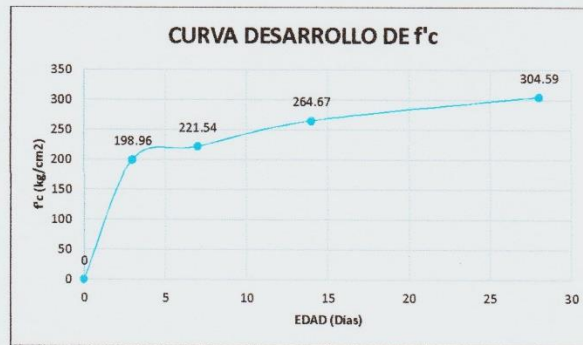
f'c 280 Kg/cm²

FECHA : 02/09/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

N°	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f'c	TIPO DE FALLA
1	280	07/09/2015	5	10.11	20.82	2.06	80.28	16154.80	201.24	198.96	71%	CONICA
2	280		5	10.12	20.83	2.06	80.44	15821.00	196.69			CONICA
3	280	09/09/2015	7	10.13	20.78	2.05	80.62	16974.90	210.55	221.54	79%	CONICA
4	280		7	10.13	20.93	2.07	80.60	18740.30	232.52			CONICA
5	280	18/09/2015	16	10.16	20.84	2.05	81.05	21889.30	270.08	264.67	95%	CONICA
6	280		16	10.18	20.80	2.04	81.34	21087.70	259.26			COLUMNAR
7	280	30/09/2015	28	10.16	20.82	2.05	81.13	24499.00	301.99	304.59	109%	CONICA
8	280		28	10.17	20.93	2.06	81.15	24929.00	307.19			COLUMNAR

2) CURVA DE DESARROLLO



OBSERVACIONES:

- La resistencia a la compresión a los 28 días fue de 304.59 kg/cm² la cual representa el 109% de la resistencia de diseño

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
Nombre y Firma	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	NEIL YNGROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DT-09

CODIGO : SUP-0%-210-PLAST-SA

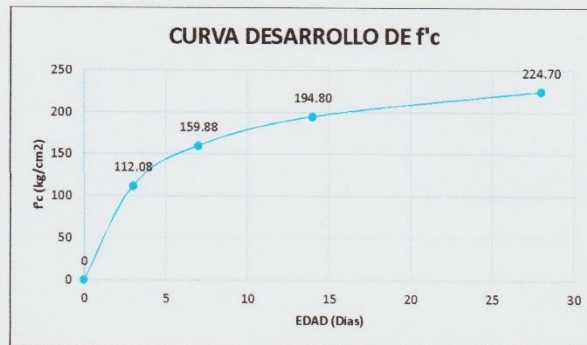
F^c 210 Kg/cm²

FECHA : 09/10/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

N°	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f ^c	TIPO DE FALLA
1	210	12/10/2015	3	10.20	20.81	2.04	81.71	9658.40	118.20	112.08	53%	CÓNICA
2	210		3	10.20	20.78	2.04	81.63	8649.30	105.95			CÓNICA
3	210	19/10/2015	10	10.18	20.91	2.05	81.31	13000.30	159.88	159.88	76%	DIAMETRAL
4	210		10	10.18	20.91	2.05	81.31	13000.30	159.88			DIAMETRAL
5	210	23/10/2015	14	10.20	20.81	2.04	81.63	15179.20	185.95	194.80	93%	CÓNICA
6	210		14	10.18	20.84	2.05	81.39	16576.70	203.66			CÓNICA
7	210	06/11/2015	28	10.20	20.85	2.04	81.71	19765.70	241.89	224.70	107%	CÓNICA
8	210		28	10.19	20.86	2.05	81.55	16923.60	207.52			CÓNICA

2) CURVA DE DESARROLLO



OBSERVACIONES:

- La resistencia a la compresión a los 28 días fue de 224.70 kg/cm² la cual representa el 107% de la resistencia de diseño

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHLAFFI O MIOVICH INGENIERA CIVIL	 NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO
Fecha:	Fecha: Reg. CIP 165682	Fecha: Reg. CIP 156996

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
DISEÑO : DT-10
CODIGO : SUP-0%-280-FLUI-CA
f'c : 280 Kg/cm²
FECHA : 09/10/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

N°	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f'c	TIPO DE FALLA
1	280	12/10/2015	3	10.19	20.83	2.05	81.47	14090.50	172.95	170.36	61%	CONICA
2	280		3	10.19	20.78	2.04	81.55	13682.20	167.77			CONICA
3	280	19/10/2015	10	10.19	20.69	2.03	81.47	22197.10	272.45	272.45	97%	COLUMNAR
4	280		10	10.19	20.69	2.03	81.47	22197.10	272.45			COLUMNAR
5	280	23/10/2015	14	10.20	20.71	2.03	81.71	22908.30	280.35	293.42	105%	COLUMNAR
6	280		14	10.19	20.75	2.04	81.55	24994.70	306.49			CONICA
7	280	06/11/2015	28	10.20	20.74	2.03	81.71	28444.20	348.10	335.86	120%	CONICA
8	280		28	10.19	20.68	2.03	81.55	26391.40	323.61			CONICA

2) CURVA DE DESARROLLO



OBSERVACIONES:

- La resistencia a la compresión a los 28 días fue de 335.86 kg/cm² la cual representa el 120% de la resistencia de diseño

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NELSON TROSTOSA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DT-11

CODIGO : SUP-20%-210-PLAST-CA

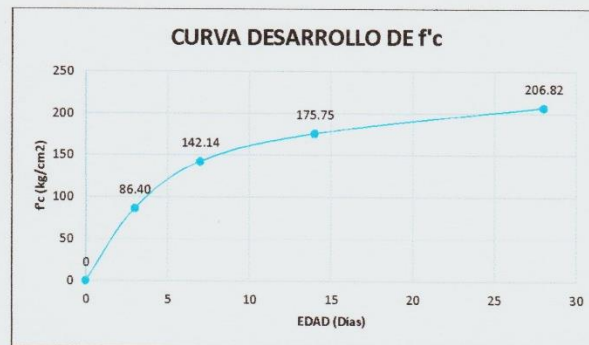
FC 210 Kg/cm²

FECHA : 30/09/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

N°	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f'c	TIPO DE FALLA
1	210	03/10/2015	3	10.18	20.67	2.03	81.39	7393.20	90.83	86.40	41%	CONICA
2	210		3	10.20	20.75	2.03	81.71	6697.40	81.96			CONICA
3	210	07/10/2015	7	10.19	20.81	2.04	81.55	11871.80	145.57	142.14	68%	CONICA
4	210		7	10.16	20.58	2.03	81.07	11246.10	138.72			CONICA
5	210	14/10/2015	14	10.19	20.66	2.03	81.55	14333.00	175.75	175.75	84%	CONICA
6	210		14	10.19	20.66	2.03	81.55	14333.00	175.75			CONICA
7	210	28/10/2015	28	10.17	20.68	2.03	81.23	17020.40	209.53	206.82	98%	CONICA
8	210		28	10.16	20.69	2.04	81.07	16548.90	204.12			CONICA

2) CURVA DE DESARROLLO



OBSERVACIONES:

- La resistencia a la compresión a los 28 días fue de 206.82 kg/cm² la cual representa el 98% de la resistencia de diseño

EJECUTO	VºBº SUPERMIX	VºBº ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEIL VINOSROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

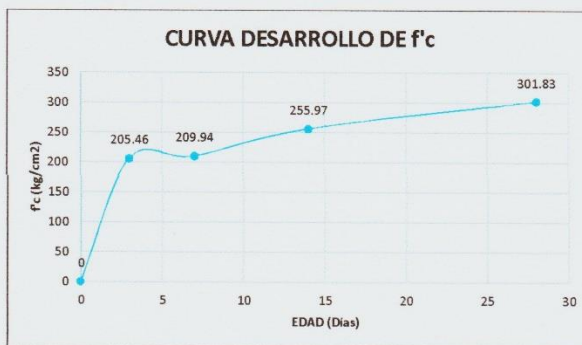
TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DT-12
CODIGO : SUP-20%-280-SECO-SA
FC 280 Kg/cm²
FECHA : 07/10/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

N°	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f _c	TIPO DE FALLA
1	280	12/10/2015	5	10.17	20.87	2.05	81.23	16586.40	204.18	205.46	73%	CONICA
2	280		5	10.20	20.95	2.05	81.63	16876.20	206.73			CONICA
3	280	14/10/2015	7	10.18	20.90	2.05	81.39	17087.80	209.94	209.94	75%	CONICA
4	280		7	10.18	20.90	2.05	81.39	17087.80	209.94			CONICA
5	280	21/10/2015	14	10.20	20.94	2.05	81.63	20439.20	250.38	255.97	91%	COLUMNAR
6	280		14	10.20	20.83	2.04	81.71	21373.60	261.57			CONICA
7	280	04/11/2015	28	10.20	20.92	2.05	81.71	25227.50	308.73	301.83	108%	CONICA
8	280		28	10.18	20.96	2.06	81.31	23981.90	294.93			CONICA

2) CURVA DE DESARROLLO



OBSERVACIONES:

- La resistencia a la compresión a los 28 días fue de 301.83 kg/cm² la cual representa el 108% de la resistencia de diseño

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL	 NEL CASTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO
Fecha: / /	Fecha: Reg. CIP 165682	Fecha: Reg. CIP 156996

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DT-13

CODIGO : SUP-50%-210-SECO-SA

FC 210 Kg/cm²

FECHA : 15/09/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

Nº	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f'c	TIPO DE FALLA
1	210	18/09/2015	3	10.17	20.83	2.05	81.18	9401.70	115.81	105.02	50%	CONICA
2	210		3	10.18	20.77	2.04	81.34	7664.40	94.23			CONICA
3	210	22/09/2015	7	10.20	20.80	2.04	81.66	12191.30	149.29	153.88	73%	COLUMNAR
4	210		7	10.20	20.78	2.04	81.71	12948.70	158.47			COLUMNAR
5	210	29/09/2015	14	10.19	20.80	2.04	81.61	14782.20	181.14	181.67	87%	COLUMNAR
6	210		14	10.20	20.71	2.03	81.71	14887.60	182.19			CONICA
7	210	13/10/2015	28	10.21	20.93	2.05	81.87	17517.00	213.95	213.95	102%	COLUMNAR
8	210		28	10.21	20.93	2.05	81.87	17517.00	213.95			COLUMNAR

2) CURVA DE DESARROLLO



OBSERVACIONES:

- La resistencia a la compresión a los 28 días fue de 213.95 kg/cm² la cual representa el 102% de la resistencia de diseño

EJECUTO  Nombre y Firma	V°B° SUPERMIX  ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	V°B° ASESOR  NEIL MOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DT-14

CODIGO : SUP-50%-280-PLAST-CA

F'c 280 Kg/cm2

FECHA : 30/09/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

N°	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm2)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (dias)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	H/D	AREA (cm2)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2)	% f'c	TIPO DE FALLA
1	280	03/10/2015	3	10.12	20.89	2.06	80.44	13923.40	173.10	174.33	62%	COLUMNAR
2	280		3	10.17	20.71	2.04	81.23	14261.50	175.56			COLUMNAR
3	280		7	10.20	20.81	2.04	81.63	19328.70	236.78			CONICA
4	280	07/10/2015	7	10.21	20.85	2.04	81.87	19772.60	241.50	239.14	85%	CONICA
5	280		14	10.17	20.89	2.05	81.23	21487.70	264.52			COLUMNAR
6	280	14/10/2015	14	10.17	20.89	2.05	81.23	21487.70	264.52	264.52	94%	COLUMNAR
7	280		28	10.20	20.86	2.05	81.63	24650.70	301.97			CONICA
8	280	28/10/2015	28	10.18	20.86	2.05	81.31	25294.10	311.07	306.52	109%	CONICA

2) CURVA DE DESARROLLO



OBSERVACIONES:

- La resistencia a la compresión a los 28 días fue de 306.52 kg/cm2 la cual representa el 109% de la resistencia de diseño

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DT-15

CODIGO : SUP-100%-210-FLUI-CA

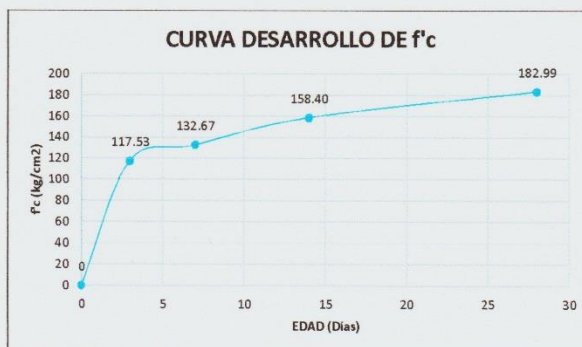
F^c 210 Kg/cm²

FECHA : 28/09/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

N°	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f ^c	TIPO DE FALLA
1	210	03/10/2015	5	10.11	20.58	2.04	80.28	9752.40	121.48	117.53	56%	DIAMETRAL
2	210		5	10.13	20.71	2.04	80.60	9153.10	113.57			CONICO
3	210	05/10/2015	7	10.16	20.82	2.05	80.99	11015.40	136.00	132.67	63%	DIAMETRAL
4	210		7	10.18	20.67	2.03	81.39	10526.40	129.33			CONICO
5	210	12/10/2015	14	10.19	20.86	2.05	81.47	12902.10	158.36	158.40	75%	CONICO
6	210		14	10.19	20.82	2.04	81.47	12909.20	158.45			DIAMETRAL
7	210	26/10/2015	28	10.20	20.72	2.03	81.63	15404.30	188.70	182.99	87%	CONICO
8	210		28	10.18	20.75	2.04	81.39	14429.70	177.28			CONICO

2) CURVA DE DESARROLLO



OBSERVACIONES:

- La resistencia a la compresión a los 28 días fue de 182.99 kg/cm² la cual representa el 87% de la resistencia de diseño

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre y Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEIL YNO TROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DT-16

CODIGO : SUP-100%-280-SECO-SA

f'c 280 Kg/cm²

FECHA : 10/09/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

N°	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	H/D	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f'c	TIPO DE FALLA
1	280	15/09/2015	5	10.18	20.75	2.04	81.34	13966.80	171.71	175.84	63%	CONICO
2	280		5	10.16	20.75	2.04	81.13	14599.60	179.96			COLUMNAR
3	280	17/09/2015	7	10.13	20.78	2.05	80.54	15458.00	191.92	193.72	69%	COLUMNAR
4	280		7	10.18	20.69	2.03	81.34	15903.90	195.53			COLUMNAR
5	280	24/09/2015	14	10.14	20.71	2.04	80.81	18356.60	227.16	225.25	80%	CONICO
6	280		14	10.15	20.71	2.04	80.91	18070.70	223.33			COLUMNAR
7	280	08/10/2015	28	10.13	20.69	2.04	80.52	21287.50	264.39	264.72	95%	COLUMNAR
8	280		28	10.11	20.69	2.05	80.28	21277.90	265.06			CONICO

2) CURVA DE DESARROLLO



OBSERVACIONES:

- La resistencia a la compresión a los 28 días fue de 264.72 kg/cm² la cual representa el 95% de la resistencia de diseño

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
 Nombre: Firma	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NELLY VILLOTORO DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:



ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD Y COEFICIENTE DE POISSON

NORMA NTP 339.034; ASTM C 39

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
 DISEÑO DTG-001
 CODIGO 210-NAT-CA
 F'c 210 Kg/cm²
 FECHA 21/10/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

Nº	RESISTENCIA DE DISEÑO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA A (kg)	RESISTENCIA MAXIMA	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f'c	TIPO DE FALLA
1	210	24/10/2015	3	10.20	81.71	10580.00	129.48	129.61	62%	CONICA
2	210		3	10.18	81.39	10560.00	129.74			CONICA
3	210	28/10/2015	7	10.18	81.39	13389.00	164.50	164.41	78%	CONICA
4	210		7	10.18	81.39	13374.00	164.31			CONICA
5	210	04/11/2015	14	15.16	180.50	32885.00	182.18	182.05	87%	COLUMNAR
6	210		14	15.15	180.27	32795.00	181.93			COLUMNAR
7	210	18/11/2015	28	15.15	180.27	39140.00	217.12	213.05	101%	CONICA
8	210		28	15.00	176.71	38814.00	219.64			CONICA
9	210		28	15.15	180.27	37672.00	208.98			CONICA

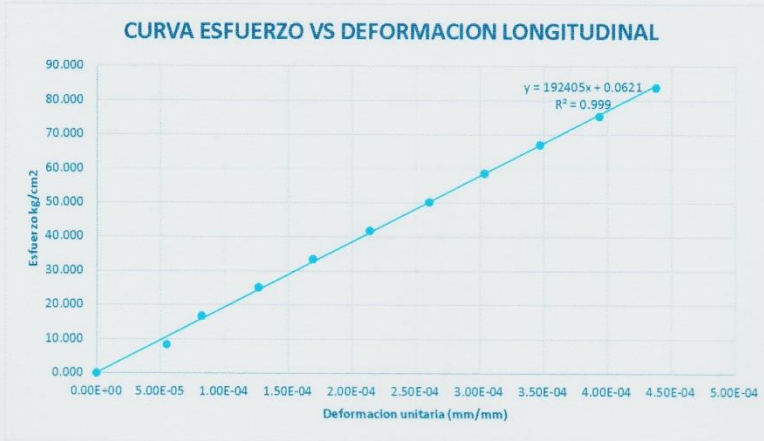
2) CURVA DE DESARROLLO



3) ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD EN PROBETAS DE CONCRETO

DISEÑO	AREA (cm ²)	CARGA (Kg)	DEFORMACION LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACION TRANSVERSAL (mm)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACION UNITARIA LONGITUDINAL (mm/mm)	DEFORMACION UNITARIA TRANSVERSAL (mm/mm)	
DTG-001	179.08	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00E+00	
		1500	0.01524	0.01778	0.00254	0.00076	8.376	5.50E-05
		3000	0.02286	0.02667	0.00305	0.00381	16.752	8.26E-05
		4500	0.03683	0.03937	0.00508	0.00381	25.128	1.27E-04
		6000	0.05080	0.05080	0.00635	0.00572	33.504	1.69E-04
		7500	0.06477	0.06350	0.00889	0.00826	41.880	2.14E-04
		9000	0.08001	0.07620	0.01041	0.01016	50.256	2.60E-04
		10500	0.09462	0.08763	0.01270	0.01270	58.632	3.04E-04
		12000	0.10922	0.09906	0.01422	0.01397	67.008	3.47E-04
		13500	0.12446	0.11176	0.01435	0.01524	75.384	3.94E-04
		15000	0.13843	0.12446	0.01448	0.01715	83.760	4.38E-04

4) CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD



$$E = (S2 - S1) / (e2 - 0.00005)$$

donde:

E= Módulo de elasticidad en kg/cm²

S2= Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga ultima

S1= Esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal de 50 millonésimas.

e2= Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S2.

Reemplazando:

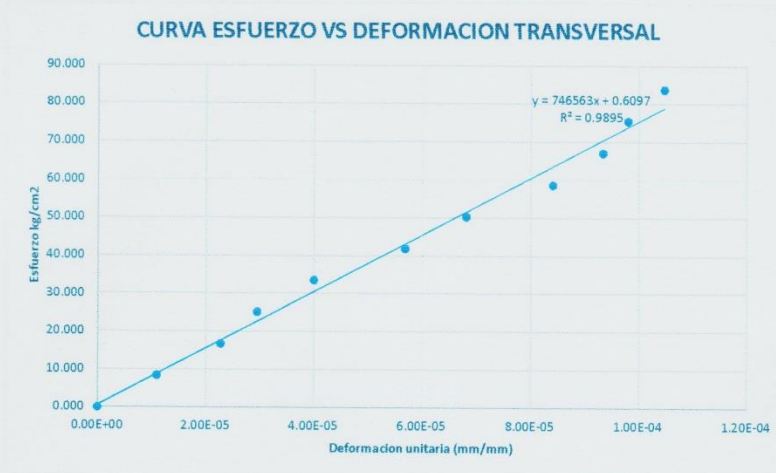
S2= 86.088

S1= 9.68235

e2= 0.00045

E= 192405 kg/cm²

4) CALCULO DEL COEFICIENTE DE POISSON



$$u = (e2 - e1) / (e2 - 0.00005)$$

donde:

u= Relación de Poisson

e2= Deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por S2

e1= Deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S1

Reemplazando:

e2= 0.00011

e1= 0.00001

e2= 0.00045

u= 0.258

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
Nombre y Firma	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	NEIL YNOSTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:



ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD Y COEFICIENTE DE POISSON

ASTM C 469

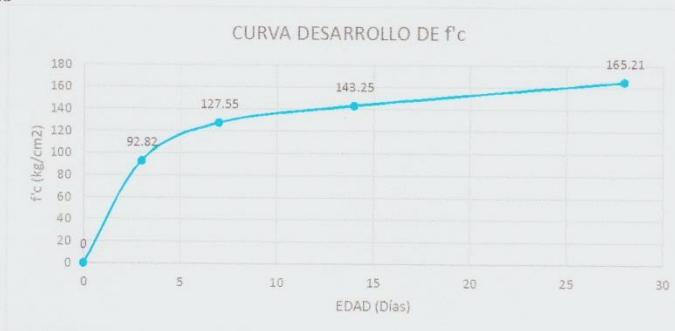
TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DTG-002
 CODIGO : 210-REC-SA
 FC : 210 Kg/cm²
 FECHA : 21/10/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

N°	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f'c	TIPO DE FALLA
1	210	24/10/2015	3	10.20	81.71	7580.00	92.76	92.82	44%	CONICA
2	210		3	10.18	81.39	7560.00	92.88			CONICA
3	210	28/10/2015	7	10.18	81.39	10389.00	127.64	127.55	61%	CONICA
4	210		7	10.18	81.39	10374.00	127.46			CONICA
5	210	04/11/2015	14	15.16	180.50	25885.00	143.40	143.25	68%	COLUMNAR
6	210		14	15.15	180.27	25795.00	143.09			COLUMNAR
7	210	18/11/2015	28	15.20	181.46	28819.00	158.82	165.21	79%	CONICA
8	210		28	15.20	181.46	28889.00	159.20			CONICA
9	210		28	15.15	180.27	30933.00	171.60			CONICA

2) CURVA DE DESARROLLO



3) ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD EN PROBETAS DE CONCRETO

DISEÑO	AREA (cm ²)	CARGA (Kg)	DEFORMACION LONGITUDINAL (mm)		DEFORMACION TRANSVERSAL (mm)		ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACION UNITARIA LONGITUDINAL (mm/mm)	DEFORMACION UNITARIA TRANSVERSAL (mm/mm)
DTG-002	181.06	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000	0.00E+00	0.00E+00
		1300	0.02286	0.02286	0.00254	0.00076	7.180	7.62E-05	1.09E-05
		2600	0.03874	0.03874	0.00508	0.00254	14.360	1.29E-04	2.51E-05
		3900	0.05334	0.05334	0.00699	0.00445	21.540	1.78E-04	3.76E-05
		5200	0.07874	0.07874	0.00889	0.00584	28.720	2.62E-04	4.85E-05
		6500	0.08255	0.08255	0.01143	0.00762	35.899	2.75E-04	6.27E-05
		7800	0.09271	0.09271	0.01461	0.01016	43.079	3.09E-04	8.16E-05
		9100	0.10541	0.10541	0.01778	0.01270	50.259	3.51E-04	1.00E-04
		10400	0.12065	0.12065	0.02096	0.01524	57.439	4.02E-04	1.19E-04
		11700	0.13589	0.13589	0.02413	0.01842	64.619	4.53E-04	1.40E-04
		13000	0.14605	0.14605	0.03048	0.02032	71.799	4.87E-04	1.67E-04

4) CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD



$$E = (S2 - S1) / (e2 - 0.00005)$$

donde:

E= Módulo de elasticidad en kg/cm2

S2= Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga ultima

S1= Esfuerzo correspondiente a la deformacion unitaria longitudinal de 50 millonésimas.

e2= Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S2.

Reemplazando:

S2= 65.275

S1= 3.28645

e2= 0.00046

E=	151169 kg/cm2
----	---------------

4) CALCULO DEL COEFICIENTE DE POISSON



$$u = (et2 - et1) / (e2 - 0.00005)$$

donde:

u= Relación de Poisson

et2= Deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por S2

et1= Deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S1

Reemplazando:

et2= 0.00014

et1= 0.00000

e2= 0.00046

u=	0.349
----	-------

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
	 ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	 NEIL VINOGRADO DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:



ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD Y COEFICIENTE DE POISSON

ASTM C 469

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"
 DISEÑO : DTG-003
 CODIGO : 280-NAT-SA
 F'c 280 Kg/cm2
 FECHA : 21/10/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

N°	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm2)	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm2)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A MAXIMA (kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm2)	% f'c	TIPO DE FALLA
1	280	24/10/2015	3	10.20	81.71	13580.00	166.19	166.40	59%	CONICA
2	280		3	10.18	81.39	13560.00	166.60			CONICA
3	280		7	10.18	81.39	17389.00	213.64			CONICA
4	280	28/10/2015	7	10.18	81.39	17374.00	213.46	213.55	76%	CONICA
5	280		14	15.16	180.50	45885.00	254.20			COLUMNAR
6	280	04/11/2015	14	15.15	180.27	45795.00	254.04	254.12	91%	COLUMNAR
7	280		28	15.10	179.08	51543.00	287.82			CONICA
8	280	18/11/2015	28	15.15	180.27	49904.00	276.83	289.17	103%	CONICA
9	280		28	15.15	180.27	52372.00	290.53			CONICA

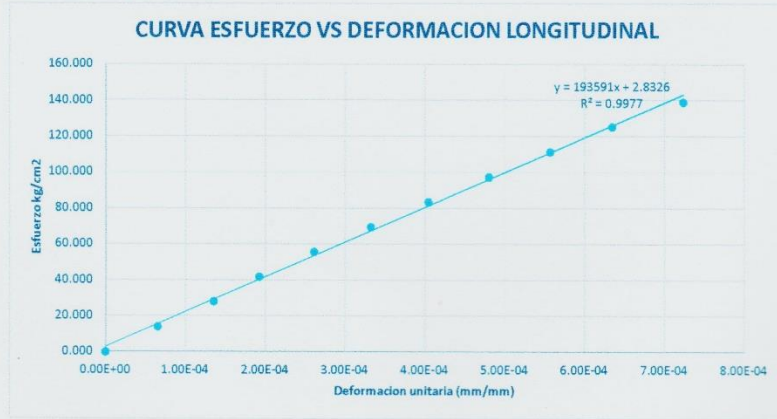
2) CURVA DE DESARROLLO



3) ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD EN PROBETAS DE CONCRETO

DISEÑO	AREA (cm2)	CARGA (Kg)	DEFORMACION LONGITUDINAL (mm)	DEFORMACION TRANSVERSAL (mm)	ESFUERZO (kg/cm2)	DEFORMACION UNITARIA LONGITUDINAL (mm/mm)	DEFORMACION UNITARIA TRANSVERSAL (mm/mm)	
DTG-003	179.87	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00E+00	
		2500	0.02159	0.01778	0.00254	0.00095	13.899	6.56E-05
		5000	0.03683	0.04445	0.00572	0.00191	27.798	1.35E-04
		7500	0.05842	0.05715	0.00953	0.00381	41.697	1.93E-04
		10000	0.07811	0.07874	0.01270	0.00508	55.596	2.61E-04
		12500	0.09906	0.10033	0.01588	0.00787	69.494	3.32E-04
		15000	0.11811	0.12446	0.02032	0.00953	83.393	4.04E-04
		17500	0.13970	0.14859	0.02350	0.01207	97.292	4.80E-04
		20000	0.16129	0.17272	0.02731	0.01397	111.191	5.57E-04
		22500	0.18161	0.19939	0.03175	0.01778	125.090	6.35E-04
		25000	0.20765	0.22670	0.03683	0.02032	138.989	7.24E-04

4) CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD



$$E = (S2 - S1) / (e2 - 0.00005)$$

donde:

E = Módulo de elasticidad en kg/cm²

S2 = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última

S1 = Esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal de 50 millonésimas.

e2 = Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S2.

Reemplazando:

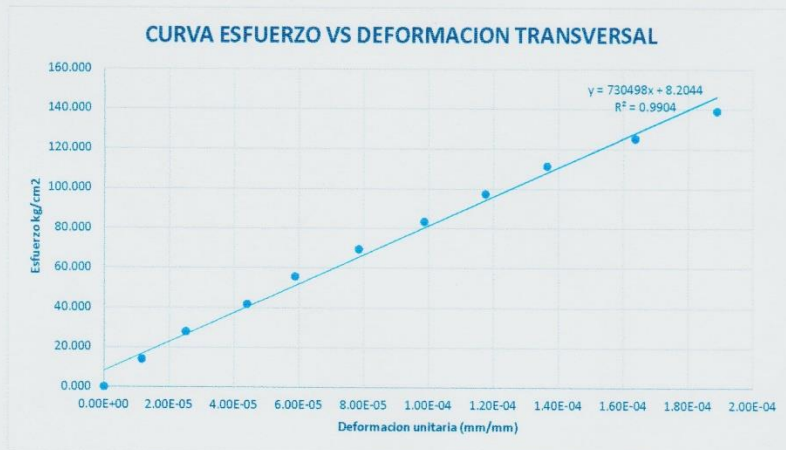
S2 = 114.022

S1 = 12.51215

e2 = 0.00057

E = 193591 kg/cm²

4) CALCULO DEL COEFICIENTE DE POISSON



$$u = (et2 - et1) / (e2 - 0.00005)$$

donde:

u = Relación de Poisson

et2 = Deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por S2

et1 = Deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S1

Reemplazando:

et2 = 0.00014

et1 = 0.00001

e2 = 0.00057

u = 0.265

EJECUTO	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
Nombre y Firma	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	NEIL YASTROZA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996
Fecha:	Fecha:	Fecha:



ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD Y COEFICIENTE DE POISSON

ASTM C 469

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

DISEÑO : DTG-004

CODIGO : 280-REC-CA

F^c : 280 Kg/cm²

FECHA : 21/10/2015

1) ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO:

N°	RESISTENCIA DE DISEÑO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)	% f ^c	TIPO DE FALLA
1	280	24/10/2015	3	10.20	81.71	11580.00	141.72	141.87	51%	CONICA
2	280		3	10.18	81.39	11560.00	142.03			CONICA
3	280		7	10.18	81.39	14389.00	176.78			CONICA
4	280	28/10/2015	7	10.18	81.39	14374.00	176.60	176.69	63%	CONICA
5	280		14	15.16	180.50	33885.00	187.72			COLUMNAR
6	280	04/11/2015	14	15.15	180.27	33795.00	187.47	187.60	67%	COLUMNAR
7	280		28	15.15	180.27	39522.00	219.24			CONICA
8	280		18/11/2015	28	15.15	180.27	37232.00			206.54
9	280	28		15.20	181.46	36153.00	199.24	CONICA		

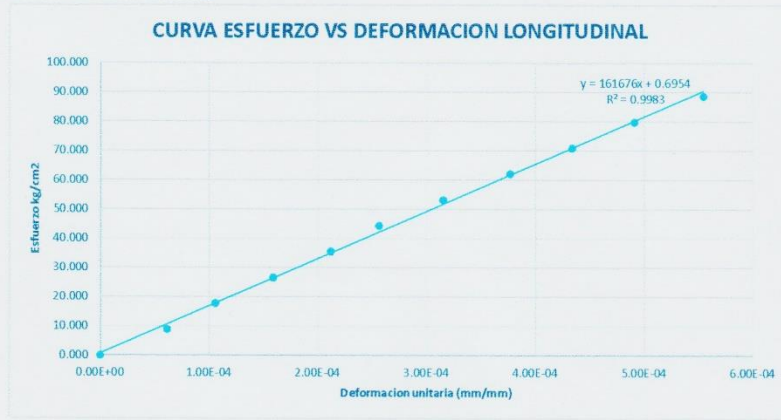
2) CURVA DE DESARROLLO



3) ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD EN PROBETAS DE CONCRETO

DISEÑO	AREA (cm ²)	CARGA (Kg)	DEFORMACION LONGITUDINAL (mm)		DEFORMACION TRANSVERSAL (mm)		ESFUERZO (kg/cm ²)	DEFORMACION UNITARIA LONGITUDINAL L (mm/mm)	DEFORMACION UNITARIA TRANSVERSAL (mm/mm)
DTG-004	180.66	0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000	0.00E+00	0.00E+00
		1600	0.01651	0.02032	0.00254	0.00000	8.856	6.14E-05	8.37E-06
		3200	0.03175	0.03175	0.00508	0.00254	17.712	1.06E-04	2.51E-05
		4800	0.05207	0.04318	0.00762	0.00445	26.569	1.59E-04	3.98E-05
		6400	0.07112	0.05588	0.01080	0.00635	35.425	2.12E-04	5.65E-05
		8000	0.08509	0.06858	0.01334	0.00889	44.281	2.56E-04	7.33E-05
		9600	0.10541	0.08382	0.01651	0.01080	53.137	3.15E-04	9.00E-05
		11200	0.12700	0.09906	0.01969	0.01270	61.994	3.77E-04	1.07E-04
		12800	0.14478	0.11557	0.02159	0.01524	70.850	4.34E-04	1.21E-04
		14400	0.16383	0.13081	0.02477	0.01778	79.706	4.91E-04	1.40E-04
		16000	0.18542	0.14732	0.02858	0.02032	88.562	5.55E-04	1.61E-04

4) CALCULO DEL MODULO DE ELASTICIDAD



$$E = (S2 - S1) / (e2 - 0.00005)$$

donde:

E= Módulo de elasticidad en kg/cm²

S2= Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última

S1= Esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal de 50 millonésimas.

e2= Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S2.

Reemplazando:

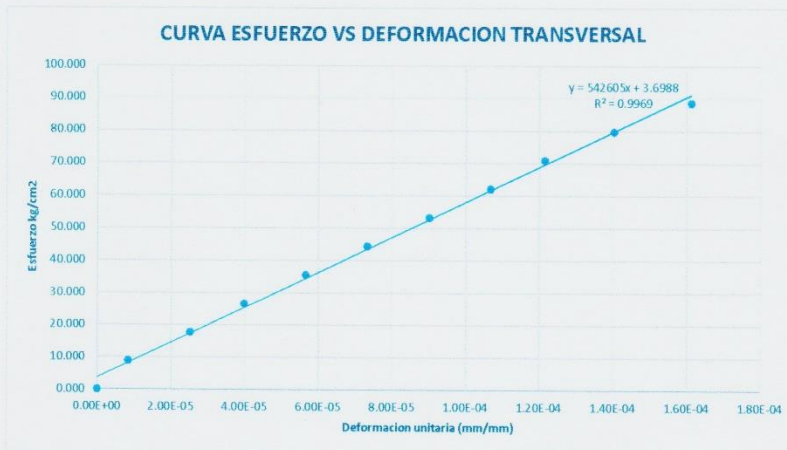
S2= 83.328

S1= 8.7792

e2= 0.00051

$$E = 161676 \text{ kg/cm}^2$$

4) CALCULO DEL COEFICIENTE DE POISSON



$$u = (et2 - et1) / (e2 - 0.00005)$$

donde:

u= Relación de Poisson

et2= Deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por S2

et1= Deformación unitaria transversal en la altura media del espécimen producida por el esfuerzo S1

Reemplazando:

et2= 0.00015

et1= 0.00001

e2= 0.00051

$$u = 0.298$$

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
Fecha:	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	NELLY VINOGRADO DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996

RESISTENCIA A TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DEL CONCRETO

NORMA NTP 339.084; ASTM C 496

TESIS "VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA"

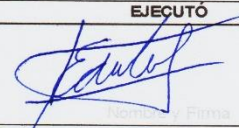
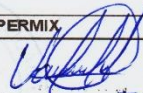
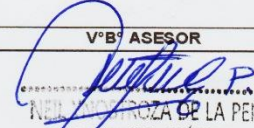
DISEÑO DT-01 AL DT-16

FECHA TACNA, 21 DE OCTUBRE DEL 2015

1) ENSAYO DERESISTENCIA A TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DEL CONCRETO

DISEÑO	CODIGO	FECHA VACEADO	EDAD (días)	F'c (kg/cm2)	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA MAXIMA (kg/m3)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/m3)	% F'c
DT-01	FAZ-0%-210-SECO-CA	09/10/2015	28	282.21	10.18	20.73	7454.70	22.51	22.68	8.04%
					10.18	20.73	7572.40	22.85		
DT-02	FAZ-0%-280-PLAST-SA	09/10/2015	28	308.93	10.20	20.84	7685.40	23.03	22.03	7.13%
					10.19	20.74	6978.30	21.03		
DT-03	FAZ-20%-210-FLUI-SA	29/09/2015	28	217.27	10.19	20.81	6032.40	18.11	21.25	9.78%
					10.19	20.83	8133.80	24.40		
DT-04	FAZ-20%-280-PLAST-C	30/09/2015	28	293.27	10.20	20.92	6682.40	19.95	18.63	6.35%
					10.19	20.93	5795.30	17.31		
DT-05	FAZ-50%-210-PLAST-C	15/09/2015	28	212.12	10.21	20.69	8083.40	24.37	24.37	11.49%
					10.21	20.69	8083.40	24.37		
DT-06	FAZ-50%-280-FLUI-SA	29/09/2015	28	251.85	10.21	20.84	8260.00	24.73	24.74	9.82%
					10.21	20.81	8254.60	24.75		
DT-07	FAZ-100%-210-PLAST-S	26/09/2015	28	201.83	10.20	20.78	5307.60	15.94	17.24	8.54%
					10.18	20.79	6165.50	18.55		
DT-08	FAZ-100%-280-SECO-CA	02/09/2015	28	304.59	10.16	20.78	8307.60	25.05	24.81	8.15%
					10.16	20.82	8165.50	24.56		
DT-09	SUP-0%-210-PLAST-SA	09/10/2015	28	224.70	10.19	20.92	7100.40	21.21	20.78	9.25%
					10.17	20.82	6764.70	20.34		
DT-10	SUP-0%-280-FLUI-CA	09/10/2015	28	335.86	10.19	20.71	9893.20	29.84	28.80	8.58%
					10.20	20.72	9211.90	27.76		
DT-11	SUP-20%-210-PLAST-C	30/09/2015	28	206.82	10.19	20.80	6008.50	18.05	19.04	9.21%
					10.19	20.79	6662.60	20.03		
DT-12	SUP-20%-280-SECO-SA	07/10/2015	28	301.83	10.17	20.89	7470.20	22.40	22.30	7.39%
					10.19	20.87	7414.20	22.21		
DT-13	SUP-50%-210-SECO-SA	15/09/2015	28	213.95	10.19	20.71	5086.70	15.36	15.36	7.18%
					10.19	20.71	5086.70	15.36		
DT-14	SUP-50%-280-PLAST-C	30/09/2015	28	306.52	10.19	20.85	7195.00	21.56	23.53	7.68%
					10.19	20.85	8510.70	25.50		
DT-15	SUP-100%-210-FLUI-CA	28/09/2015	28	182.99	10.19	20.70	6883.70	20.79	20.38	11.14%
					10.19	20.68	6606.40	19.97		
DT-16	SUP-100%-280-SECO-S	10/09/2015	28	264.72	10.18	20.71	8803.40	26.60	26.60	10.05%
					10.18	20.71	8803.40	26.60		

OBSERVACIONES:

EJECUTÓ	V°B° SUPERMIX	V°B° ASESOR
		
Fecha:	Fecha:	Fecha:
	ANDREA VANESSA SCHIAFFINO MIOVICH INGENIERA CIVIL Reg. CIP 165682	NELSON ROSA DE LA PEÑA INGENIERO QUÍMICO Reg. CIP 156996

ANEXO 7

ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA

PARA CONCRETO



ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA PARA CONCRETO

NORMA NTP 399.088


TESIS : “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA”

MATERIAL : AGUA POTABLE

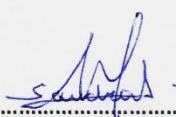
PROCEDENCIA : PLANTA DE CONCRETOS SUPERMIX

FECHA : 13 DE OCTUBRE DE 2015

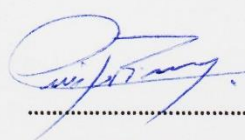
CONTENIDO DE CLORUROS

MÉTODO VOLUMÉTRICO	IMÁGEN
Volumen de prueba : 50ml Cromato de potasio : unas gotas Nitrato de plata 0.05N : 0.9ml	

CONTENIDO DE CLORUROS
$\% \text{ de cloruros} = 0.9\text{ml} \times \frac{0.05 \text{ meq}}{\text{ml}} \times \frac{35.5 \text{ mg}}{1 \text{ meq cl}} \times \frac{1\text{g}}{1000\text{mg}} \times \frac{1}{50\text{ml de muestr.}} \times 100$ $\% \text{ de cloruros} = 0.003195 \% = 31 \text{ ppm (mg/kg)}$



Sandra E. Anquise Huayhua
Bachiller en Ingeniería Civil



Lic. Alfredo Quispe Rivera
Especialista en Lab. de Química





ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA PARA CONCRETO

NORMA NTP 399.088

TESIS : “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA”

MATERIAL : AGUA POTABLE

PROCEDENCIA : PLANTA DE CONCRETOS SUPERMIX

FECHA : 13 DE OCTUBRE DE 2015

CONTENIDO DE SALES TOTALES

INFORMACIÓN PREVIA	IMÁGEN
Volumen de evaporación : 50ml	
Peso de vaso vacío : 51.0491 gr	
Peso de vaso + sales : 51.0680 gr	
Peso de sal encontrado en : 0.01890 gr	
50ml de agua	

CONTENIDO DE SALES TOTALES

$$\% \text{ de sales} = \frac{0.0189g}{50g} \times 100 = 0.0378\% = 378 \text{ ppm}$$

Sandra E. Anquise Huayhua
Bachiller en Ingeniería Civil

Lic. Alfredo Quispe Rivera
Especialista en Lab. de Química





ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA PARA CONCRETO

NORMA NTP 399.088

TESIS : “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA”

MATERIAL : AGUA POTABLE

PROCEDENCIA : PLANTA DE CONCRETOS SUPERMIX

FECHA : 13 DE OCTUBRE DE 2015

CONTENIDO DE SULFATOS

MÉTODO GRAVIMÉTRICO	IMÁGEN
Volumen de prueba : 100ml	
Cloruro de bario : unas gotas	
Naranja de metilo : unas gotas	
Peso del papel filtro : 1.6034 gr	
Peso del papel filtro + sulfatos : 1.6359 gr	

CONTENIDO DE SUFATOS	
233.33g BaSO4 ____ 96g de SO4	
0.0325g Ba SO4 ____ x= 0.0133	$\% \text{ de sulfatos} = \frac{0.0133 \text{ g}}{100\text{ml de muestra}} \times 100$ $= 0.0133 \% = 133\text{ppm (mg/kg)}$

.....
Sandra E. Anquise Huayhua
 Bachiller en Ingeniería Civil

.....
Lic. Alfredo Quispe Rivera
 Especialista en Lab. de Química





ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUA PARA CONCRETO

NORMA NTP 399.088

TESIS : “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA”

MATERIAL : AGUA POTABLE

PROCEDENCIA : PLANTA DE CONCRETOS SUPERMIX

FECHA : 13 DE OCTUBRE DE 2015

P.H. DEL AGUA

INFORMACIÓN PREVIA	PH
Volumen de prueba : 100ml	PH : 7.64
Temperatura : 20.1°C	



.....
Sandra E. Anquise Huayhua
 Bachiller en Ingeniería Civil

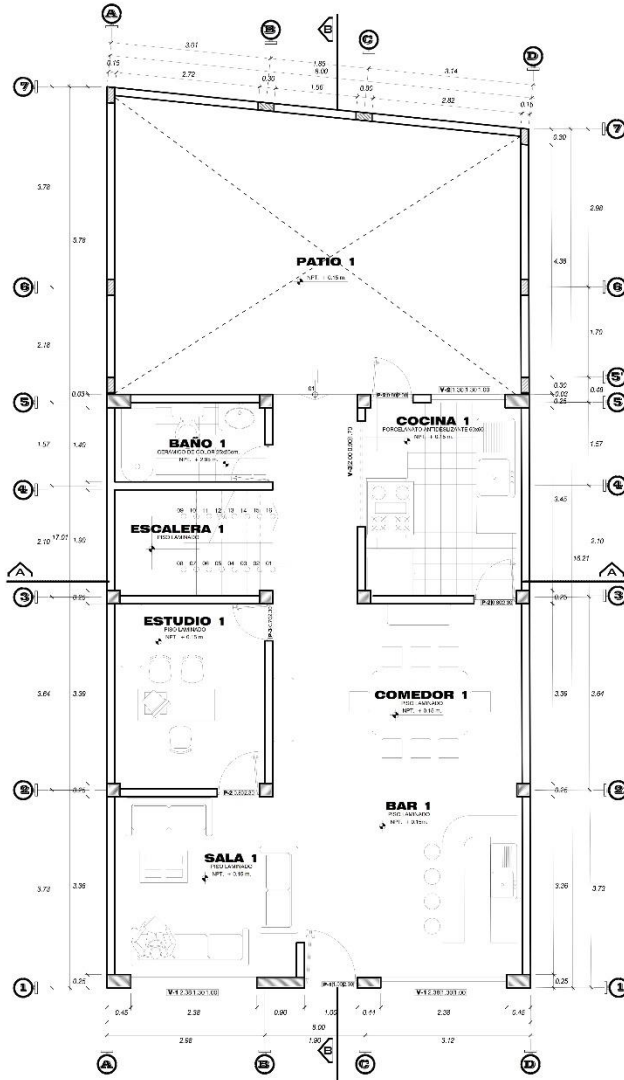
.....
Lic. Alfredo Quispe Rivera
 Especialista en Lab. de Química



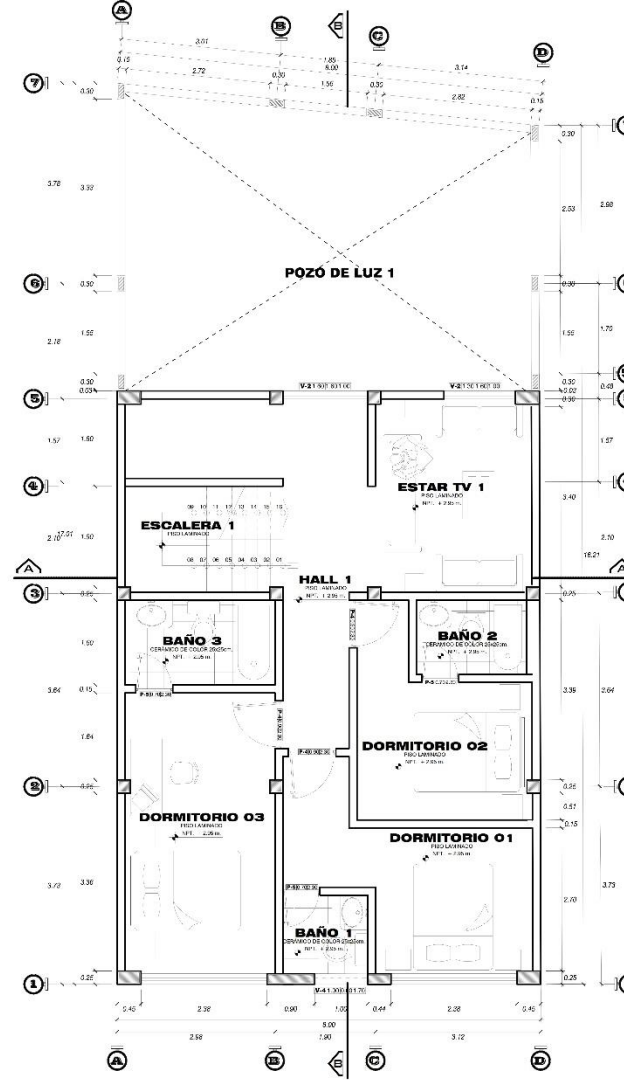
ANEXO 8

PLANOS DE VIVIENDA UNIFAMILIAR

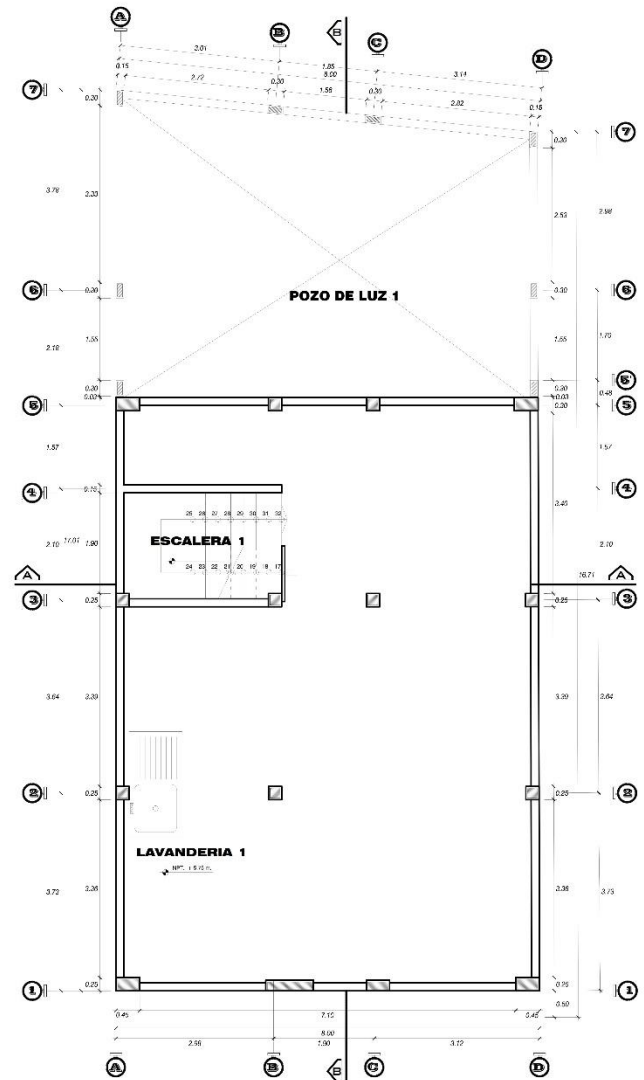
ARQUITECTURA



PRIMER NIVEL
ESC. 1/50



SEGUNDO NIVEL
ESC. 1/50



TERCER NIVEL
ESC. 1/50

CUADRO DE VANOS (VENTANAS / MAMPARA)					
VANO	ANCHO	ALTURA	ALFEIZER	CANTIDAD	OBSERVACIONES
V-1	2.38 m.	1.30 m.	1.00 m.	04	Ventana de vidrio doble 6mm.
V-2	1.30 m.	1.30 m.	1.00 m.	02	Ventana de vidrio doble 6mm.
V-3	2.00 m.	0.90 m.	1.70 m.	01	Ventana de vidrio doble 6mm.
V-4	1.00 m.	0.60 m.	1.70 m.	01	Ventana de vidrio doble 6mm.

VANO	ANCHO	ALTURA	CANTIDAD	OBSERVACIONES
P-1	1.00 m.	2.30 m.	01	Puerta (hoja simple) carpint. de madera
P-2	0.80 m.	2.30 m.	03	Puerta (hoja simple) carpint. de madera
P-3	0.70 m.	2.30 m.	01	Puerta (hoja simple) carpint. de madera
P-4	0.90 m.	2.30 m.	03	Puerta (hoja simple) carpint. de madera
P-5	0.70 m.	2.30 m.	03	Puerta (hoja simple) carpint. de madera

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA
CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA

PROTOTIPO DE VIVIENDA UNIFAMILIAR CON CONCRETO RECICLADO

PLANO DE DISTRIBUCION

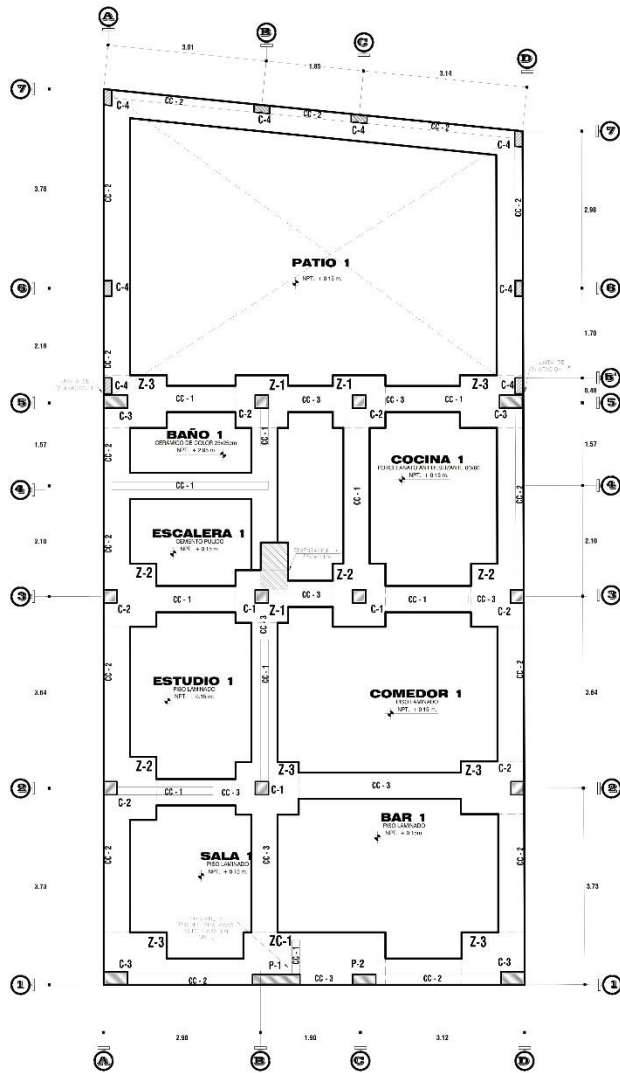
ELABORADO: - EDDSON ANTHONY CARZABALE LAURENTE
- SANDRA ELIZABETH ANQUISE HUAYHUA

DEPARTAMENTO: TACNA DISTRITO: TACNA REGION: TACNA

FECHA: 11/11/2015
SEAH INDICADA NOV. 2015

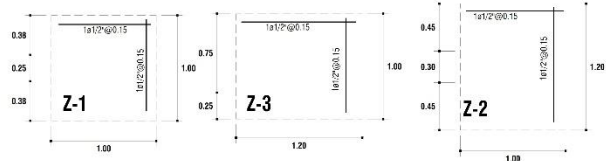
A-01

CIMENTACIONES

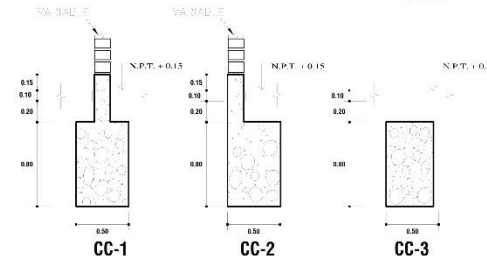


CIMENTACION

DETALLE DE ZAPATAS



CIMENTO CORRIDO



DETALLE DE COLUMNA

C-1 0.25 x 0.25	C-2 0.25 x 0.25	C-3 0.25 x 0.25	C-4 0.15 x 0.15	P-1 0.23 x 0.33	P-2 0.23 x 0.33
ESTRIBOS Ø10* 7 @ 0.10 5 @ 0.13 1 @ 0.15 RMB. @ 0.20	ESTRIBOS Ø10* 7 @ 0.10 5 @ 0.13 1 @ 0.15 RMB. @ 0.20	ESTRIBOS Ø10* 7 @ 0.10 5 @ 0.13 1 @ 0.15 RMB. @ 0.20	ESTRIBOS Ø10* 7 @ 0.10 5 @ 0.13 1 @ 0.15 RMB. @ 0.20	ESTRIBOS Ø10* 7 @ 0.10 5 @ 0.13 1 @ 0.15 RMB. @ 0.20	ESTRIBOS Ø10* 7 @ 0.10 5 @ 0.13 1 @ 0.15 RMB. @ 0.20
48 5/8"	48 5/8"	48 5/8"	48 1/2"	48 1/2"	48 5/8"
0.25	0.25	0.25	0.15	0.20	0.20
0.25	0.25	0.25	0.15	0.20	0.20

TRASLAPES Y EMPALMES

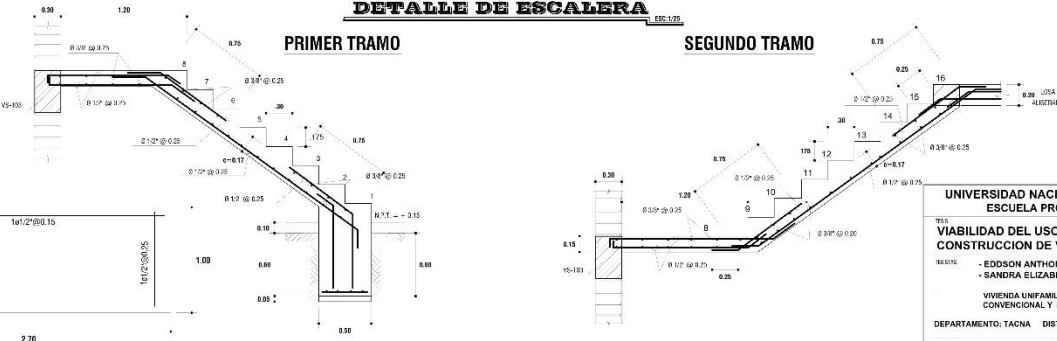
Ø	LOSAS, COLUM. VIGAS (cm)		EN COLUMNAS
	LOSAS Y VIGAS	EN COLUMNAS	
6mm	30		
3/8"	40		
1/2"	50		
5/8"	60	50	

No se permitirán empalmes del refuerzo superior (negativo) en una longitud de 1/4 de luz de la losa o viga a cada lado de la columna de apoyo.

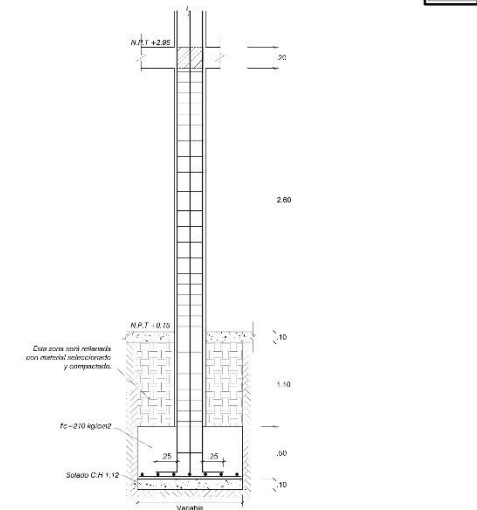
Los empalmes L se ubicarán en el tercio central. No empalmar más del 50% del área total de una misma sección.

Ø	L	Rmin.
6mm	10cm	1.5cm
3/8"	15cm	2.0cm

DETALLE DE ESCALERA



DETALLE DE COLUMNA



ESPECIFICACIONES GENERALES

CONCRETO CICLOPEO:
CONCRETO CICLOPEO 1:10 (Cemento Hormigón) más de 20% de piedra grande de tamaño máximo de 8"

SOBRECIMENTOS:
CONCRETO CICLOPEO A:8 (Cemento Hormigón) más de 25% de Piedra Mediana de Tamaño Máximo 3"

CONCRETO ARMADO:
CONCRETO: Fc 218 Kg/cm² en todo C.Armado
ACERO DE REFUERZO: Fy: 4209 Kg/Cm²

RECURSIVAMENTE:
ZAPATAS: 1.5 cm
MURDOS: 4.00 cm (en caras con contacto con agua o terreno)
2.50 cm (en caras secas)
COLUMNAS Y VIGAS: 4.00 cm
ALIGERADOS Y VIGAS CHATAS: 2.50 cm

ALBANILERIA:
Unidad de Albañilería : Todas las unidades de albañilería de muros se fabricarán con las dimensiones mínimas indicadas en este plano, podrán ser de concreto acrílico o silico calcáreo. Deberán clasificarse como mínimo con el tipo IV de la Norma Correspondiente, Medidas (A:14cm L:24cm H:10cm

MORTERO:
1:1:4 (Cemento Cal Normalizada-Arena, para la elección del tipo de cemento a usar en la cimentación .

ALBANILERIA:
Fm=45 Kg/cm²

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TÍTULO:
VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA

REGISTRO:
- EDDSON ANTHONY CARIZALE LAURENTE
- SANDRA ELIZABETH ANQUISE HUAYHUA

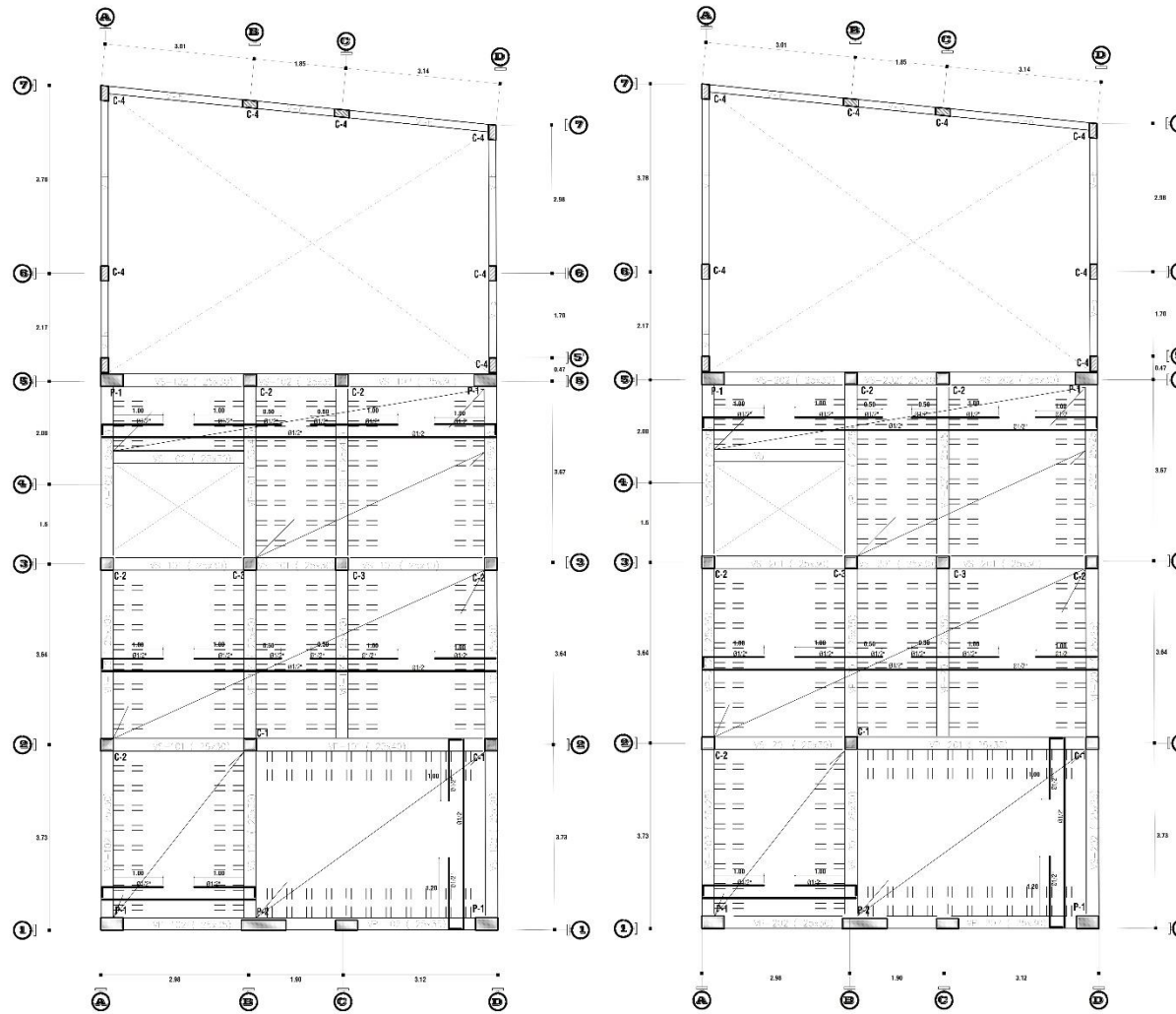
VIVIENDA UNIFAMILIAR CON CONCRETO CONVENCIONAL Y RECICLADO

DEPARTAMENTO: TACNA DISTRITO: TACNA REGION: TACNA

E-01

FECHA: SEAH LOCAL: INDICADA 1,2,3,4 NOV-2015

ALIGERADOS



PRIMERA PLANTA

SEGUNDA PLANTA



EMPALMES TRASLAPADOS PARA VIGAS, LOSAS Y ALIGERADOS
ESCALA 5/8

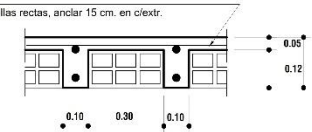
VALORES DE m

Ø	REFUERZO INFERIOR		REFUERZO SUPERIOR	
	H : CUALQUIERA	H < 0.30	H < 0.30	H ≥ 0.30
3/8"	0.40 m	0.30 m	0.45 m	
1/2"	0.40 m	0.35 m	0.50 m	
5/8"	0.50 m	0.40 m	0.60 m	
3/4"	0.60 m	0.55 m	0.75 m	

CORTE TÍPICO DE ALIGERADO - "A"

ESQ: 1/10

Acero de temperatura Ø 1/4" @ 0.25 m.
usar varillas rectas, anclar 15 cm. en c/estr.



DISEÑO PARA EL PRIMER NIVEL:

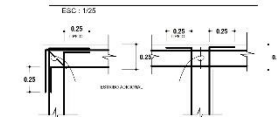
VP-101 0.25 x 0.40	VP-102 0.25 x 0.30	VS-101 0.25 x 0.50	VS-102 0.25 x 0.50	V-b
ESTRIBOS Ø8@1 1 @ 0.05 4 @ 0.10 Razo. @ 0.20	ESTRIBOS Ø8@1 1 @ 0.05 4 @ 0.10 Razo. @ 0.20	ESTRIBOS Ø8@1 1 @ 0.05 5 @ 0.10 Razo. @ 0.20	ESTRIBOS Ø8@1 1 @ 0.05 5 @ 0.10 Razo. @ 0.20	ESTRIBOS Ø8@1 1 @ 0.14 @ 0.30

DISEÑO PARA EL SEGUNDO NIVEL:

VP-201 0.25 x 0.35	VP-202 0.25 x 0.25	VS-201 0.25 x 0.50	VS-202 0.25 x 0.50	V-b
ESTRIBOS Ø8@1 1 @ 0.05 4 @ 0.10 Razo. @ 0.20	ESTRIBOS Ø8@1 1 @ 0.05 4 @ 0.10 Razo. @ 0.20	ESTRIBOS Ø8@1 1 @ 0.05 5 @ 0.10 Razo. @ 0.20	ESTRIBOS Ø8@1 1 @ 0.05 5 @ 0.10 Razo. @ 0.20	ESTRIBOS Ø8@1 1 @ 0.14 @ 0.30

DETALLE DE VIGA

**EN PLANTA
DETALLE DE ENCUESTROS**



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

CONCRETO ARMADO

LOSA ALIGERADA: $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
VIGAS PERALTADAS: $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

RECUBRIMIENTO

LOSA ALIGERADA: $e = 2.5 \text{ cm.}$
VIGAS PERALTADAS: $e = 3.0 \text{ cm.}$
VIGAS: $e = 2.5 \text{ cm.}$

DESECOFRADO

LOSA ALIGERADA
V.P.V.S., V.A., V.b
 $= 17 \text{ DIAS}$

CURADO DEL CONCRETO:

- PARA CONCRETO EN GENERAL 7 DIAS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONCRETO RECICLADO

- DOSIFICACION CONCRETO EN PESO

$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ 1:3.6:2.7 + 33.15 Lts + 0.5% (Para una bolsa)
PARA FABRICAR UN M3 DE CONCRETO:
CEMENTO: 285 Kg
ARENA NATURAL: 1015 Kg
PIEDRA RECICLADA: 764 Kg
AGUA: 222 Kg
ADITIVO PLASTIFICANTE: 1.43 kg (0.5% del peso de cemento)

- DOSIFICACION CONCRETO EN VOLUMEN

$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ 1:4.1:3.2 + 33.15 Lts + 0.5% (Para una bolsa)
PARA FABRICAR UN M3 DE CONCRETO:
CEMENTO: 0.095 M3
ARENA NATURAL: 0.387 M3
PIEDRA RECICLADA: 0.388 M3
AGUA: 222 Kg
ADITIVO PLASTIFICANTE: 1.43 kg (0.5% del peso de cemento)

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS
VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE TACNA RECICLADO

PROTOTIPO DE VIV. UNIFAMILIAR CON CONCRETO CONVENCIONAL Y RECICLADO

PLANO DE ALIGERADOS

TES 8702: EDOSON ANTHONY CARZALE LAURENTE

SANDRA ELIZABETH ANOURBE HUAYHUJA

DEPARTAMENTO: TACNA DISTRITO: TACNA REGION: TACNA

DE/DIC: SEAH ESCALA: INDICADA FECHA: NOV 2015

E-02