

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS
UNIDADES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II DE LA LADRILLERA
MARTORELL EN RELACIÓN A LA NORMA RNE E.070 CON
FINES DE USO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD
DE TACNA”**

Tesis

Presentada por:

Bach. Verónica Elvira Caraza Salas

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

TACNA - PERÚ
2015

HOJA DE JURADO



ING. LUIS ALFARO RAVELLO
PRESIDENTE



ING. EDGAR CHURA AROCUTIPA
SECRETARIO



ING. OMAR DUEÑAS ROSPIGLIOSI
VOCAL



ING. SAMUEL AMAR ANTEZANA
ASESOR DE TESIS

“La gota de agua labra la roca...”

A mis padres y hermana,
que son mi inspiración y mi fuerza.

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	3
1.1 PROBLEMÁTICA.....	4
1.1.1 PLANTEAMIENTO.....	4
1.1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.1.3 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.2 OBJETIVOS.....	6
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	6
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES	6
1.4 ANTECEDENTES.....	7
1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	8
1.5.1 HIPÓTESIS.....	8
1.5.2 VARIABLES.....	9
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 HISTORIA DE LA ALBAÑILERÍA EN PERÚ	10
2.2 DESARROLLO DE LA ALBAÑILERÍA CONFINADA A NIVEL INTERNACIONAL.....	12
2.3 MATERIALES PREDOMINANTES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN TACNA.....	14
2.4 INDUSTRIA LADRILLERA EN TACNA	17
2.5 CONCEPTOS BÁSICOS DE ALBAÑILERÍA.....	18
2.6 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PARA MUROS PORTANTES	21
2.7 PROPIEDADES DE LA ALBAÑILERÍA	25

2.7.1	ENSAYOS EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA.....	26
2.7.2	ENSAYOS EN PILAS	30
2.7.3	ENSAYOS DE RESISTENCIA AL CORTE (MURETES).....	31
2.8	PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	32
2.9	ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL.....	33
2.9.1	SISMO MODERADO	34
2.9.2	SISMO SEVERO	35
2.10	COMPORTAMIENTO SÍSMICO	36
2.10.1	FALLAS POR CORTE	36
2.10.2	FALLA DE TRACCIÓN POR FLEXIÓN.....	37
2.10.3	INTERACCIÓN TABIQUE – PÓRTICO.....	38
2.10.4	FALLA POR PISO BLANDO	38
2.11	ACTUAL NORMA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ	39
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO		40
3.1	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.2	EVALUACIÓN DE LAS VIVIENDAS DE TACNA (MATERIALES Y SISTEMA ESTRUCTURAL)	41
3.3	EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	42
3.3.1	VARIACIÓN DIMENSIONAL Y ALABEO	44
3.3.2	PORCENTAJE DE RANURAS.....	45
3.3.3	ENSAYO DE SUCCIÓN.....	45
3.3.4	ENSAYO DE ABSORCIÓN, ABSORCIÓN MÁXIMA Y COEFICIENTE DE SATURACIÓN	46
3.3.5	ENSAYO DE DENSIDAD.....	48
3.3.6	ENSAYO DE EFLORESCENCIA	50
3.3.7	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (UNIDADES DE ALBAÑILERÍA)	51
3.4	EVALUACIÓN DE PILAS Y MURETES DE ALBAÑILERÍA.....	53
3.4.1	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL (PILAS DE ALBAÑILERÍA)	54

3.4.2	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL (MURETES DE ALBAÑILERÍA)	57
3.5	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA CON LADRILLOS HUECOS BLOCKER II.....	62
3.5.1	DATOS GENERALES.....	64
3.5.2	ANÁLISIS DE VIVIENDA ALFA – MEMORIA DE CÁLCULO	76
3.5.3	ANÁLISIS DE VIVIENDA BETA – MEMORIA DE CÁLCULO.....	97

CAPITULO IV: RECOPIACIÓN DE DATOS, RESULTADOS Y ANÁLISIS 127

4.1	EVALUACIÓN DE LAS VIVIENDAS DE TACNA	127
4.2	EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	135
4.2.1	VARIACIÓN DIMENSIONAL Y ALABEO	135
4.2.2	PORCENTAJE DE RANURAS.....	139
4.2.3	ENSAYO DE SUCCIÓN.....	140
4.2.4	ENSAYO DE ABSORCIÓN, ABSORCIÓN MÁXIMA Y COEFICIENTE DE SATURACIÓN	141
4.2.5	ENSAYO DE DENSIDAD.....	143
4.2.6	ENSAYO DE EFLORESCENCIA	144
4.2.7	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (UNIDADES DE ALBAÑILERÍA)	145
4.2.8	RESUMEN DE LA EVALUACIÓN A LAS UNIDADES.....	146
4.3	EVALUACIÓN DE PILAS Y MURETES	147
4.3.1	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL (PILAS DE ALBAÑILERÍA)	147
4.3.2	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL (MURETES DE ALBAÑILERÍA)	149
4.3.3	RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE PILAS Y MURETES	151
4.4	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE VIVIENDA	151
4.4.1	REVISIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS Y ESFUERZOS EN LOS MUROS	152

4.4.2	DISEÑO POR SISMO MODERADO, RESISTENCIA AL CORTE GLOBAL, FUERZAS INTERNAS ANTE SISMO SEVERO Y VERIFICACIÓN DEL AGRIETAMIENTO EN PISOS SUPERIORES .	152
4.4.3	RESUMEN DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE VIVIENDA.....	158
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		160
5.1	CONCLUSIONES	160
5.2	RECOMENDACIONES.....	161
BIBLIOGRAFÍA.....		163
ANEXOS		166

RESUMEN

En la presente tesis se han determinado los factores que afectan el comportamiento estructural de las viviendas de albañilería confinada construidas con ladrillos Blocker II en la ciudad de Tacna, donde se ha incrementado el uso de estas unidades.

Para tal efecto, se evaluó la magnitud de las viviendas de albañilería confinada que hacen uso de los ladrillos Blocker II en los distritos de: Gregorio Albarracín Lanchipa, Alto de la Alianza, Pocollay, y en los C.P.M. Augusto B. Leguía y La Natividad, donde se tiene que aprox. el 44% de estas viviendas hacen uso de este ladrillo.

Posteriormente se evaluó las propiedades físicas mecánicas de los ladrillos Blocker II de la ladrillera Martorell, como lo indica el RNE E.070. Como principales resultados en las unidades de albañilería se tiene: resistencia a la compresión $f'b = 46.60 \text{ kg/cm}^2$, y también para los prismas de albañilería: resistencia a la compresión axial $f'm = 45.82 \text{ kg-f/cm}^2$, resistencia a la compresión diagonal $v'm = 3.84 \text{ kg-f/cm}^2$.

Luego se hizo el análisis estructural de una vivienda modelo de las zonas periféricas de Tacna aplicando los resultados antes mencionados. Los resultados fueron desfavorables, y se comprobó que no cumplía con los requisitos del RNE.

También se hizo el análisis estructural de un diseño hipotético de una vivienda de albañilería confinada con Blocker II siguiendo los requisitos y recomendaciones del RNE E.070 para el diseño. Los resultados fueron favorables pero aún debe ser comprobado mediante ensayos, lo que daría pie a otro tema de otra investigación.

Se concluye que tanto las propiedades de la unidad de albañilería Blocker II como las características estructurales de la vivienda son factores esenciales para la construcción de las mismas, y que las viviendas autoconstruidas con Blocker II en general presentan un comportamiento estructural deficiente; se puede minorizar los efectos sísmicos en viviendas de no más de 2 niveles y con una altura de entrepiso no mayor de 2.60m.

INTRODUCCIÓN

Con frecuencia, la albañilería es considerada como un material estructural secundario respecto al concreto y al acero, lo que ha traído como consecuencia que se le reste importancia al considerarla objeto de estudios rigurosos y cálculos de ingeniería, en comparación con los otros dos materiales. Las propiedades mecánicas de la albañilería varían a lo largo del país y en Tacna no se cuenta con estudios suficientes sobre las unidades y albañilería utilizadas en la región.

Los ladrillos Blocker II de la ladrillera Martorell son las unidades de albañilería de arcilla con mayor demanda para la construcción de viviendas en la ciudad de Tacna, especialmente en las zonas periféricas, las cuales en su mayoría son viviendas autoconstruidas.

En la actualidad no existen estudios relacionados con estos ladrillos que permitan analizar su comportamiento, razón por la cual se toma este tema de tesis buscando evaluar a los ladrillos Blocker II como uno de los principales factores que determinan el comportamiento estructural de las viviendas construidas con estas unidades.

Para ello se desarrolló el siguiente trabajo que se ha ordenado en cinco capítulos, que se describirán brevemente a continuación:

Capítulo I: Generalidades

Se hace la identificación del problema, el planteamiento, la justificación, los objetivos, alcances, limitaciones, la hipótesis y las variables de la tesis.

Capítulo II: Marco Teórico

Se describe parte de la historia de la albañilería en el Perú, parte de la situación de la albañilería en Tacna, conceptos generales de la albañilería, propiedades, diseño y comportamiento sísmico.

Capítulo III: Marco Metodológico

Se indica la metodología con la que se desarrolla la investigación respecto a los diferentes puntos que son: la magnitud de viviendas que hacen uso del Blocker II, evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos Blocker II y de los prismas de albañilería, el análisis estructural de viviendas de albañilería confinada con Blocker II.

Capítulo IV: Recopilación de datos, resultados y análisis

Se presenta un análisis de los resultados que se obtuvieron de los procedimientos de la metodología.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

Se concluye la investigación con el conocimiento que se ha podido obtener, y se menciona algunas recomendaciones.

Finalmente, se espera que los resultados de esta tesis puedan dar un aporte respecto a la construcción de viviendas con los ladrillos Blocker II, pues es parte de la problemática local tacneña.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 PROBLEMÁTICA

1.1.1 PLANTEAMIENTO

Tacna está ubicada en una zona de alta actividad sísmica (zona 3, según RNE E.030), donde el 79% de las viviendas tienen como material predominante en los muros ladrillos de arcilla y bloques de concreto (según INEI, Censo Nacional 2007), eso quiere decir que el factor sísmico afectará predominantemente en el comportamiento de las viviendas y que la mayoría de estas son de albañilería estructural y no estructural.

Es así que dentro de los últimos años se ha vuelto muy popular el uso de las unidades de arcilla Blocker II de la Ladrillera Martorell, que es la mayor fábrica ladrillera en la ciudad de Tacna. Estos ladrillos tienen mayor demanda para la construcción de viviendas en los distritos de: Crnl. Gregorio Albarracín L., Ciudad Nueva, Alto de la Alianza, Pocollay, debido a su precio económico y a su rendimiento constructivo.

Principalmente es en las zonas periféricas, que se encuentran en constante crecimiento y donde los pobladores cuentan con recursos económicos limitados, donde la gran mayoría de estas viviendas son autoconstruidas, es decir que no cuentan con asesoría técnica calificada para su diseño y construcción.

Por ello es importante conocer las propiedades de las unidades de albañilería Blocker II, para entender el comportamiento estructural de las viviendas que lo usan y encontrar las recomendaciones para su uso.

1.1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Las viviendas de las zonas periféricas de Tacna en su mayoría son de albañilería confinada con ladrillos Blocker II, son autoconstruidas y las de mayor vulnerabilidad sísmica

1.1.3 JUSTIFICACIÓN

El uso de los ladrillos Blocker II va incrementándose en la ciudad de Tacna, debido a su bajo costo y mayor rendimiento en el avance constructivo, a pesar que estos ladrillos no clasifican como unidades estructurales en el RNE E.070 por ser huecos; su mayor uso se da en la construcción de viviendas en las zonas periféricas, las cuales no cuentan con la asesoría técnica necesaria para el desarrollo de su construcción, volviéndolas las más vulnerables a las fuerzas sísmicas y en un riesgo para quienes las habitan como para los transeúntes.

Por estas razones es que se ve la necesidad de hacer la siguiente investigación, ya que no existe hasta el momento estudios relacionados con las unidades huecas Blocker II que permitan analizar su comportamiento en la albañilería.

Es necesario entonces hacer un estudio de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades, que se calcularán por medio de ensayos de laboratorio; luego con estos resultados podrá evaluarse el diseño y análisis de edificaciones bajo un criterio técnico que plantee soluciones ante las deficiencias de las viviendas construidas con estos ladrillos huecos.

En tal sentido, este tema está estrechamente relacionado con la problemática local, la cual es una realidad para los que vivimos en Tacna, y es por lo que decidí realizar esta tesis, como profesional comprometida con su entorno.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- ❖ Determinar los factores que afectan el comportamiento de las viviendas construidas con ladrillos Blocker II y las recomendaciones para su uso.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la magnitud de viviendas autoconstruidas de albañilería confinada con ladrillos Blocker II en la ciudad de Tacna.
- Evaluar las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos Blocker II.
- Evaluar el comportamiento estructural de una vivienda autoconstruida de albañilería confinada con Blocker II.
- Diseñar y validar un modelo de vivienda de albañilería confinada con Blocker II, cuyo funcionamiento estructural sea seguro según el RNE E.030 y E.070.

1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

La presente investigación se enfocará en las viviendas de albañilería confinada, que en su mayoría son de las zonas periféricas de la ciudad de Tacna y no tienen asesoría técnica para su construcción.

Además, sólo se enfoca en el estudio del ladrillo Blocker II y su comportamiento estructural en viviendas de albañilería confinada; no se involucra en el estudio de otros factores que también afectan a la albañilería, como el tipo de suelo de cimentación y la disposición de las instalaciones eléctricas y sanitarias.

1.4 ANTECEDENTES

Tacna ha tenido un rápido y desordenado crecimiento demográfico en los últimos años debido a la constante migración proveniente de las zonas alto-andinas, y a la falta de planeamiento urbano debido a las invasiones en zonas poco seguras para la construcción; asimismo esta población antes mencionada cuenta con limitados recursos económicos, por lo que como resultado se tiene un incremento de viviendas autoconstruidas con material de poca calidad.

Esta situación incrementa en gran medida el riesgo de desastre sísmico en estas viviendas, ya que como se sabe, la ciudad de Tacna se encuentra en la zona sísmica 3 que es la zona más afectada por las fuerzas sísmicas en el Perú, y como lo han demostrado los eventos telúricos pasados, donde se observó que la mayor incidencia de los desastres se da en las edificaciones autoconstruidas. Muchas veces estas edificaciones se encuentran ubicadas en zonas no recomendadas para la construcción por las entidades.

Dentro del proyecto de investigación se pudo comprobar que las viviendas de las zonas periféricas son construidas en gran medida con los ladrillos Blocker II, los cuales no clasifican dentro de las unidades de albañilería para fines estructurales del RNE E.070 por ser unidades huecas, con un porcentaje de ranuras mayor al 50%, además de no ser recomendables para fines estructurales en las zonas sísmicas 2 y 3 de acuerdo al reglamento. Sin embargo, es el ladrillo de mayor demanda en la ciudad de Tacna y hasta la fecha no se tienen estudios de la unidad ni la albañilería con Blocker II.

En años pasados se ha desarrollado investigaciones respecto a la albañilería y las unidades de albañilería de Tacna, dentro de las cuales se encuentran las tesis:

- ***“Comportamiento mecánico y análisis comparativo de f'b, f'm, Em del ladrillo tipo Hércules I de la ladrillera Martorell y su relación en un trimestre de fabricación”***, en el año 2009 por los Bachilleres Hugo Pilco Pacari y Manuel

Curo Estaña. En esta tesis se concluyó que hay una gran dispersión en la calidad de los ladrillos dentro de un trimestre de fabricación y que no se ajustan a las características que debería tener un ladrillo del tipo IV, como está catalogado el ladrillo Hércules I para muros portantes, lo que indica un limitado control de calidad en la fábrica.

- ***“Ensayos para obtener el módulo de elasticidad y módulo de corte en la Bloqueta artesanal que se produce en el Cono Sur de la ciudad de Tacna”***, en el año 2010 por Paola Huertas Mory y Michell Gambetta Montalvo. En esta tesis se analizaron las bloquetas de las fabricas ARIAS, CAPLINA Y MAXX, la única que cumplió con la norma E.070 en los ensayos estándar fue la bloqueta vibroprensada MAXX, pero no superó los ensayos especiales de acuerdo a la norma, por lo que ninguna de las unidades cumplía con todos los requisitos, pero se recomienda el uso de ladrillos de arcilla resistentes para los muros portantes, y para los no portantes las bloquetas.

Para finalizar, esta tesis toma de referencia los trabajos antes realizados y busca aportar con la evaluación de las unidades Blocker II, resultados reales que favorezcan a la construcción de viviendas más seguras en la ciudad de Tacna.

1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.5.1 HIPÓTESIS

- ❖ Las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos Blocker II influyen negativamente en el comportamiento estructural de las viviendas de albañilería confinada al no contar con asesoramiento técnico en su diseño y construcción.

1.5.2 VARIABLES

❖ Variable independiente:

- Uso del ladrillo Blocker II en la construcción de viviendas.
- Propiedades físico-mecánicas de los ladrillos y la albañilería con Blocker II.

❖ Variable dependiente:

- Comportamiento estructural de las viviendas de albañilería confinada con ladrillos Blocker II

(*) Se adjunta la Matriz de Consistencia y Operacionalización de variables e indicadores en el **Anexo 4**

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 HISTORIA DE LA ALBAÑILERÍA EN PERÚ

- De “CRITERIOS PARA CONSTRUCCIONES DE LADRILLO MAS SEGURAS”, Ing. Daniel Quiun W., Pontificia Universidad Católica del Perú:

En los primeros años del siglo XX, muchas viviendas unifamiliares (casas de 1 a 3 pisos) y viviendas multifamiliares (edificios de 3 a 5 pisos) se levantaron usando albañilería simple de ladrillo macizo, tanto para muros portantes como no portantes. En estos edificios antiguos, los muros portantes tienen 0.25m de ancho independientemente del número de pisos. Los muros no portantes interiores usualmente tienen 0.25 o 0.15m de ancho y se denominaban muros de amarre. Muchos de estos edificios han soportado varios sismos, muy probablemente a que están sobre suelo de buena calidad y a que cuentan con una alta densidad de muros en las direcciones principales de la estructura (San Bartolomé, 1994).



Fig. 1: Edificios antiguos de albañilería simple en Tacna

Aproximadamente desde 1940 se introdujo las columnas de concreto como elementos de confinamiento en muros portantes, los que además funcionaban como arriostres para carga perpendicular a su plano. Este tipo de refuerzo en la

albañilería en el Perú aún carecía de estudios experimentales y de ingeniería. Luego, la necesidad de mayores espacios en construcciones urbanas llevó al uso de muros más delgados, de 0.15m o menos, reduciendo la densidad de muros (área de muros respecto al área en planta).

El terremoto de 1970 produjo algunos colapsos de edificios de 2 pisos en Chimbote, los que eran de albañilería simple (sin columnas). Este terremoto mostró claramente la necesidad de incorporar refuerzos a estas edificaciones. La albañilería confinada se volvió el sistema constructivo más popular para edificaciones de baja y mediana altura en las ciudades. Según el reglamento, éstas podían ser de hasta 5 pisos, para evitar la necesidad de incluir ascensores.

Entre 1961 y 2005, se han desarrollado cinco censos nacionales de vivienda en el Perú, además de otros más de población. Una pregunta significativa del censo de vivienda es “¿Cuál es el material predominante en las paredes?” Al comparar los 2 últimos censos de vivienda, se observa que los muros de ladrillo y de bloques han desplazado al adobe como el material predominante (Tabla 1).

Tabla 1: Material predominante en las paredes de las viviendas, como porcentaje del total (INEI 2005, 1993)

Material de la pared	1993	2005
Ladrillo y Bloques	35.7%	45.9%
Adobe o Tapia	43.3%	37.0%
Otros: Madera, paja, piedra, etc.	21.0%	17.1%

Fuente: Criterios para construcciones de ladrillo más seguras, Ing. Daniel Quiun W., PUCP

En 1982 se promulgó la primera norma moderna de diseño y construcción de albañilería (ININVI), la que tenía algo de respaldo experimental pero que adolecía aún de temas no investigados en las condiciones peruanas de materiales y mano de obra. Esta norma permitió a los ingenieros proyectar y construir edificios de hasta

5 pisos de albañilería confinada de 0.15m de ancho, además de edificios de albañilería armada.

En los últimos 30 años, el crecimiento de construcciones populares e informales han mal interpretado la manera como debe trabajar la albañilería confinada. Se piensa equivocadamente que las columnas y vigas de concreto son más importantes que el muro de albañilería, es decir se le presta cada vez menos atención a la calidad del muro (materiales y mano de obra). Tan es así, que se usan erradamente ladrillos huecos y ladrillos tubulares para muros portantes de carga vertical y de sismo.

En forma paralela, se han levantado diversas edificaciones de albañilería armada, básicamente de viviendas en Lima. Otras edificaciones que utilizan ladrillos para muros de albañilería portantes y no portantes son oficinas, hoteles, restaurantes, hospitales y centros educativos. En común, se trata de edificaciones de pocos pisos.

Los recientes terremotos han demostrado la importancia de: 1) tener una buena densidad de muros y 2) usar ladrillos macizos, para prevenir daños. Varias casas en Tacna (2001) y en Pisco (2007) han colapsado o tienen daños severos por estas causas. En Nasca (1996), Arequipa y Moquegua (2001), y Pisco e Ica (2007) se han observado daños importantes en edificios educativos y otros por la presencia de tabiques de albañilería que han interactuado con columnas de concreto.

2.2 DESARROLLO DE LA ALBAÑILERÍA CONFINADA A NIVEL INTERNACIONAL

En la 14ª Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica (14ª CMIS), Beijing, China, realizada del 12 al 17 de octubre de 2008, se reconoció, por el consenso de especialistas que habían ejecutado esta verificación en diversas regiones sísmicas

del mundo, el buen comportamiento sísmico de las viviendas de albañilería confinada.

Hubo, igualmente, consenso en que para casas de uno o dos pisos este tipo de construcción constituye la solución más económica, segura y eficiente. Al respecto, una de las contribuciones más importantes, fue la del Centro Nacional de Información de Ingeniería Sísmica del Instituto Tecnológico de Kanpur, India, que publicó, en setiembre de 2008, el manual “Construcción Sísmica de Albañilería Confinada” (Svetlana Brzev (September, 2008). Earthquake-Resistant Confined Masonry Construction. NICEE – Indian Institute of Technology Kanpur. India), que tiene 85 páginas en formato pequeño y que recoge los avances en el desarrollo de esta técnica constructiva, mencionando que el Perú es uno de los países que ha realizado importantes aportes sobre este método constructivo.

Por su parte, el Comité Ejecutivo de la Asociación Internacional de Ingeniería Sísmica, en una de sus reuniones, decidió adherirse a la Red Internacional de Albañilería Confinada, con el objetivo de tener un tratamiento unificado en el diseño, construcción y aplicación global de la construcción de albañilería confinada para edificaciones de baja y media altura.

La propuesta fue presentada por el profesor Sudhir K. Jain, del Departamento de Ingeniería Civil del Instituto de Tecnología de la India. El profesor Jain reportó, como antecedente, que en enero de 2008 se realizó en Kanpur, India, un seminario taller internacional para la promoción de la albañilería confinada, organizado por el NICEE y denominado “Enciclopedia para las Viviendas del Mundo y La Iniciativa Mundial de Seguridad Sísmica”. En esa ocasión, un grupo de expertos internacionales de la India, EE.UU., Suiza, Perú, México, China y Canadá, crearon la Red Internacional de Albañilería Confinada, con los dos objetivos siguientes:

- Mejorar la calidad del diseño y la construcción de la albañilería confinada, que actualmente se utiliza, y

- Difundir esta técnica en las diversas regiones sísmicas del mundo, como medida importante para la disminución de riesgos.

Estos y otros trabajos presentados en la 14ª CMIS corroboraron que la albañilería confinada ha dado buenos resultados a nivel mundial, porque resiste altas intensidades sísmicas sin mayores daños.

Como se ha expresado anteriormente, en el Perú se han desarrollado métodos para la reparación y reforzamiento de este tipo de viviendas entre 1970 y 1974, cuando se estudiaron los 3,500 casos de viviendas dañadas por el terremoto de Áncash del 31 de mayo de 1970. Dichos resultados constituyen un aporte nuestro país al desarrollo de la albañilería confinada a nivel internacional.

En el seminario internacional sobre Hiperbase de Datos para la Reducción de Desastres (HDR, por su sigla en inglés), realizado en Kobe, Japón, en 2006, el Dr. Charles Scawthorn, profesor e investigador de la Universidad de California, en Berkeley, para entonces en la Universidad de Kyoto, Japón, comentó al autor, en comunicación personal, que el enfoque conceptual y los métodos de reparación y reforzamiento recomendados por un panel internacional de expertos para la reconstrucción de viviendas dañadas por el terremoto de Pakistán de 2005, eran similares a los desarrollados por el Perú en los años setenta.

2.3 MATERIALES PREDOMINANTES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN TACNA

- Del “Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Tacna”, Instituto Nacional de Defensa Civil, INDECI – PNUD – PER/02/051, 2007:

Hay una incidencia importante en la vulnerabilidad de las edificaciones, por los materiales que se utilizan y los procedimientos constructivos que se acostumbran

en el lugar, donde se destaca un extenso sector de edificación relativamente nueva, localizado en el entorno del casco antiguo de la ciudad, rodeándolo totalmente, producto de la intensa inmigración proveniente mayormente de la Región de Puno.

Este sector, utiliza materiales como: la bloqueta fabricada artesanalmente, el ladrillo de fábrica y artesanal, el concreto armado, materiales que de ser utilizados convenientemente deberían de ser suficientemente resistentes a los movimientos sísmicos, pero que al contrario constituyen la vulnerabilidad más alta de las edificaciones ante esos eventos. Esto es, a causa de la mala fabricación de estos elementos constructivos, aunado a una falta ó a una mala supervisión de obra.

No existe un padrón oficial que permita identificar el número de viviendas, tipología de materiales de construcción, por lo que como medio de identificación se ha realizado un levantamiento de información lote por lote, a manera de captar una información adecuada, no solo sobre los materiales utilizados, y la forma de la construcción, sino del estado de la misma, el número de pisos y el uso de las edificaciones. Para obtener más precisión, además, se ha realizado, empleando un modelo de muestreo, por zonas seguras, medias y vulnerables, el tipo de daños sufridos ante los eventos telúricos. El trabajo de campo fue realizado entre los meses de Agosto y Setiembre del año 2005. ¹

Evidentemente de forma general, prevalece el uso de materiales basados en el sistema de albañilería y concreto armado, sin embargo, la ausencia de medidas de protección, como es una adecuada planificación de las edificaciones, una debida supervisión, y los materiales adecuados a las normas técnicas, determina que las edificaciones no presenten resistencia mayor al impacto de un sismo importante o algún grado de confiabilidad técnica o física.

¹ **Ver Anexo 02: Plano 09 - Materiales Predominantes en las Edificaciones**

Tabla 2: Material predominante en las paredes exteriores de la vivienda (Departamento)

Departamento de Tacna (viviendas particulares)		
Tipo de material	Cantidad	%
Ladrillo o Bloque de cemento	58905	73,40%
Adobe o Tapia	8865	11,05%
Madera	661	0,82%
Quincha	647	0,81%
Estera	9869	12,30%
Piedra con barro	527	0,66%
Piedra o sillar con cal o cemento	107	0,13%
Otro material	670	0,83%
Total	80251	100%

Fuente: INEI 2007

Tabla 3: Material predominante en las paredes exteriores de la vivienda (Provincia)

Provincia de Tacna (viviendas particulares)		
Tipo de material	Cantidad	%
Ladrillo o Bloque de cemento	56 730	79,28%
Adobe o Tapia	3 935	5,50%
Madera	437	0,61%
Quincha	462	0,65%
Estera	9 137	12,77%
Piedra con barro	162	0,23%
Piedra o sillar con cal o cemento	95	0,13%
Otro material	595	0,83%
Total	71 553	100%

Fuente: INEI 2007

2.4 INDUSTRIA LADRILLERA EN TACNA

En el Departamento de Tacna existían seis ladrilleras, distribuidas en los Distritos de Calana, Gregorio Albarracín y Ciudad Nueva de la Provincia de Tacna², las seis ladrilleras están debidamente identificadas y son: “Industria Ladrillera del Sur”, “Ladrillera J. Martorell S.A.”, “Ladrillera Caplina SCRL”, “Ladrillera El Rey” y “Ladrillera del Municipio de ITE”; de las cuales se mantienen en producción “Ladrillera J. Martorell S.A.”, “Ladrillera Caplina SCRL” en la actualidad.

Todas las ladrilleras tienen producción tecnificada, utilizan maquinarias para la fabricación de los ladrillos y hornos Hoffman para la cocción de los mismos.

DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE HORNO QUE EMPLEAN

En forma similar a Lima, en Tacna todas las fábricas existentes utilizan hornos Hoffman abiertos y cerrados.

ELABORACIÓN DE LOS LADRILLOS

Ladrillos son fabricados con máquinas y equipos.

Los insumos utilizados para la fabricación de ladrillos son la arcilla; procedente de las canteras de Sama Coruca, Cerro Arunta, Mina de Puquio, Sama Inclán. La tierra de chacra proveniente de la campiña de Tacna y Sección Copare y greda/lama o limo procedente de la Cantera del río Arunta y de lugares que tiene cambio de uso (urbanizaciones).

El proceso productivo se ilustra en el diagrama 1.

TIPOS DE COMBUSTIBLES QUE EMPLEAN EN LA QUEMA DE LADRILLOS.

El combustible utilizado para el proceso productivo del ladrillo es el petróleo residual R – 600, carbón de piedra, aceite orgánico y cascarilla de arroz.

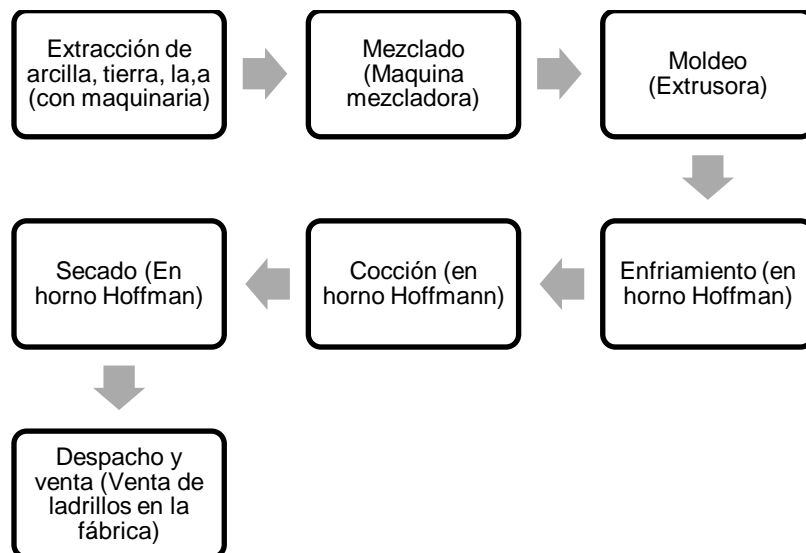
²Según ESTUDIO DIAGNÓSTICO SOBRE LAS LADRILLERAS ARTESANALES EN EL PERÚ preparado por el Programa Regional de Aire Limpio y el Ministerio de la Producción(2006)

Estos combustibles son vertidos en la parte superior de los hornos que cuentan con embudos invertidos para suministrarlos.

PROCESO DE ENCENDIDO DEL HORNO

El encendido se realiza una sola vez y la operación del horno es continua durante los 360 días del año.

Diagrama 1: Proceso de Producción en horno Hoffman



2.5 CONCEPTOS BÁSICOS DE ALBAÑILERÍA

Mortero. Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.

Unidad de Albañilería. Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular.

Unidad de Albañilería Hueca. Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza) Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta). Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento.

Ladrillo. Unidad de albañilería que se maneja con una sola mano. Materia prima: Arcilla, Concreto de cemento Pórtland, Sílice cal. Se forma mediante moldeo compactado o por extrusión. En forma artesanal es quemado en hornos a leña o carbón. En forma industrial es quemado con temperatura controlada en hornos tipo túnel.

Albañilería o Mampostería. Material estructural compuesto por unidades pegadas. El pegamento se llama mortero (cemento, arena, cal). En el caso del adobe el mortero suele ser de barro.

Otra nueva es la “albañilería de juntas secas”. Por tanto, la albañilería:

- Es un material heterogéneo y anisotrópico.
- Tiene buena resistencia a la compresión (por la unidad).
- Tiene poca resistencia a la tracción (por la adhesión entre unidades).

Albañilería Confinada. Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.

Confinamiento. Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.

Construcciones de Albañilería. Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería.

Altura Efectiva. Distancia libre vertical que existe entre elementos horizontales de arriostre. Para los muros que carecen de arriostres en su parte superior, la altura efectiva se considerará como el doble de su altura real.

Arriostre. Elemento de refuerzo (horizontal o vertical) o muro transversal que cumple la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes y no portantes sujetos a cargas perpendiculares a su plano.

Espesor Efectivo. Es igual al espesor del muro sin tarrajeo u otros revestimientos descontando la profundidad de bruñas u otras indentaciones.

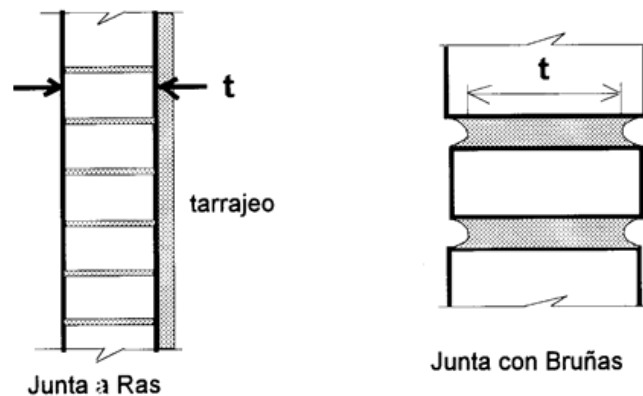


Fig. 2: Espesor efectivo

Muro No Portante. Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y los cercos.

Muro Portante. Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos

muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical.

Tabique. Muro no portante de carga vertical, utilizado para subdividir ambientes o como cierre perimetral. Sin embargo al no ser aislados de la estructura principal son portantes de carga sísmica al interactuar coplanarmente con el pórtico que lo enmarca.

2.6 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PARA MUROS PORTANTES

Para la construcción de muros portantes de albañilería confinada, los ladrillos deben ser sólidos o macizos. Se debe descartar el uso de bloques huecos y de unidades tubulares.

La unidad de albañilería sólida o maciza se ha redefinido, como aquella cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano. La norma anterior exigía que la sección transversal tenga un área igual o mayor al 75% del área bruta. Las investigaciones experimentales realizadas indican que la resistencia ante diversas sollicitaciones, en especial la resistencia al corte de la albañilería (v'm), no sufre mayores alteraciones por el incremento de área de huecos que ahora se permite hasta un 30% del área bruta (San Bartolomé 1994, 2007)

Sin embargo, en el mercado nacional predominan unidades de arcilla y de concreto (ladrillos y bloques) con mayores áreas de huecos (40% o más) que no califican como unidades aptas para muros portantes (Figura 3: imagen izquierda y central). Las fallas por corte de muros hechos de estas unidades han sido frágiles y conducen a un deterioro de la albañilería que puede llevar a reparaciones demasiado costosas. Esto se ha dado tanto en ensayos de laboratorio (San Bartolomé 1994, 2007) como en edificios reales en el sismo del 2001, en especial en la provincia de Tacna donde se siguen usando indebidamente bloques de

concreto artesanales que exhiben un 50% de huecos, para muros portantes (Figura 3: derecha).



Fig. 3: Fallas frágiles en unidades con más de 30% de huecos (izq, centro) y bloques de concreto artesanales usados en Tacna (der.)

- **INDICACIONES DEL RNE**

- a) Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.
- b) Las unidades de albañilería son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.
- c) Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.
- d) Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días, que se comprobará de acuerdo a la NTP 399.602.

- **ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD**

- a) Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.
- b) La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase P, tendrá una absorción no mayor que 12%. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%.
- c) El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.
- d) La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- e) La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.
- f) La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- g) La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

- **CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES**

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la tabla 4.

Tabla 4

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
CLASE	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)

Fuente: RNE E.070, 2009.

- **LIMITACIONES EN SU APLICACIÓN**

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 5. Las zonas sísmicas son las indicadas en el RNE E.030 Diseño Sismorresistente.

Tabla 5

Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales			
Tipo	zona sísmica 2 y 3		zona sísmica 1
	muro portante en edificio de 4 pisos a más	muro portante en edificio de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	NO	SÍ Hasta dos pisos	SÍ
Sólido industrial	SÍ	SÍ Hasta dos pisos	SÍ
Alveolar	SÍ Celdas totalmente rellena con grout	SÍ Celdas parcialmente rellenas con grout	SÍ Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	NO	NO	SÍ
Tubular	NO	NO	SÍ, hasta dos pisos

* Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Fuente: **RNE E.070, 2009.**

2.7 PROPIEDADES DE LA ALBAÑILERÍA

El conocimiento de las propiedades físico mecánicas de las unidades nos da un cierto criterio sobre la resistencia de la albañilería, así como de la durabilidad ante el intemperismo. Estos dos motivos y la relativa facilidad de los ensayos sobre las unidades hacen de ellos un indicador utilizado frecuentemente.

La resistencia de la albañilería a una sollicitación (compresión, tracción y corte) define el comportamiento estructural de la edificación. Con el propósito de determinar dichas resistencias, muchos investigadores diseñaron una serie de ensayos capaces de evaluar estructuralmente sus materiales componentes.

Tal evaluación se realiza en distintos componentes; morteros, unidades, pilas y muretes. En esta parte se obtienen todas las características de la albañilería simple.

2.7.1 ENSAYOS EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

2.7.1.1 Ensayo de variación dimensional

Las dimensiones Largo x Ancho x Altura se toman como el promedio de 4 medidas (en milímetros) hechas en la parte intermedia de las superficies correspondientes, como se muestra en la figura inferior para la altura h.

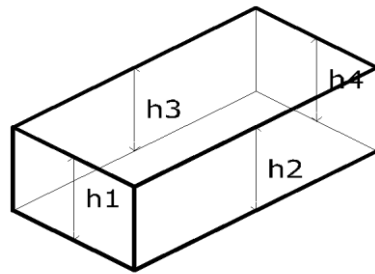
Según norma E.070, la variación dimensional (en porcentaje) de cada arista de la unidad de albañilería se obtendrá como el cociente entre la desviación estándar y el valor promedio de la muestra, multiplicado por 100 (coeficiente de variación), como se muestra en la ecuación.

$$V\% = \frac{\sigma}{x} 100$$

Donde:

σ = desviación estándar.

x = dimensión promedio.



$$h = \frac{h1 + h2 + h3 + h4}{4}$$

Fig. 4: Determinación de la altura de la unidad

2.7.1.2 Alabeo

La concavidad y convexidad se medirán con una regla y una cuña graduada como lo estipula la Norma NTP 331.018. Según la norma E.070, el alabeo de la unidad de albañilería será tomado como el valor promedio. El resultado indica si la unidad es cóncava, convexa, u horizontal.

2.7.1.3 Ensayo de compresión de la unidad ($f'_{cb}=f'_{cb}$)

El ensayo de compresión de la unidad, se desarrolla en base a las especificaciones de la norma NTP 331.018. Donde se recomienda ensayar 5 especímenes por lote.

La carga de compresión se aplica perpendicular a las caras de asiento, con una velocidad de desplazamiento entre los cabezales de la máquina de ensayos de 1.25 mm/min; o en otro caso, se controla la velocidad de carga de manera que se llegue a la rotura en unos 3 a 5 minutos.

La resistencia a la compresión ($f'_{cb} = f'_{cb}$) se determina:

$$f'_{cb} = \frac{Pu}{A}$$

Donde:

Pu: carga de rotura

A: área bruta de la unidad

La resistencia característica se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

2.7.1.4 Ensayo de tracción por flexión (f_{tb})

Constituye una medida de la calidad de la unidad. Su evaluación debería realizarse cuando se tenga un alto alabeo que pueda conducir a la unidad a una falla de tracción por flexión. Para que exista una distribución uniforme de carga se debe colocar capping de yeso.

El ensayo consiste en someter a la unidad a la acción de una carga concentrada creciente (en el centro de la unidad), a una velocidad de desplazamiento entre los cabezales de la máquina de ensayos de 1.25 mm/min; luego se calcula f_{tb} utilizando la ecuación

$$f_{tb} = \frac{3 * P * L}{2 * b * h^2}$$

Donde:

P = Es la carga máxima aplicada al espécimen.

L = Longitud de los apoyos.

b = ancho de la unidad.

h = altura de la unidad.

2.7.1.5 *Peso específico y humedad natural*

Para determinar el peso específico se aplica la ecuación

$$\gamma = \frac{P_{seco}}{V}$$

Además:

$$V = P_1 - P_2$$

Donde:

P1 = peso del espécimen saturado (3 horas en ebullición), en gramos.

P2 = peso del espécimen saturado sumergido, en gramos.

Pseco = peso del espécimen seco, en gramos.

V = volumen en centímetros cúbicos.

γ = peso específico en gramos por centímetro cúbico.

La humedad natural, se calcula con la ecuación.

$$H\% = \frac{P_0 - P_1}{P_1}$$

Donde:

Po = peso en estado natural, en gramos.

P1 = peso del espécimen seco, en gramos, después de haber sido secado en el horno.

2.7.1.6 *Succión*

La succión es una propiedad importante en las unidades de arcilla calcinada, debido a que una succión excesiva producirá uniones entre mortero y ladrillo inadecuadas. El mortero, debido a la rápida pérdida de parte del agua que es absorbida por el ladrillo, se deforma y endurece, no logrando un contacto completo con la cara del ladrillo superior. El resultado es que se tendrá un muro con una adhesión pobre e incompleta de sus unidades, dejando uniones de baja resistencia y muros permeables al agua.

El ensayo para fines de investigación se realiza con muestras secadas al horno, y para su evaluación se hace con muestras en estado natural.

Después de pesar la muestra seca (P_s) se la coloca en una bandeja con agua sobre unos soportes durante un minuto, luego se retira y se vuelve a pesar, secándola previamente con un paño (P_m), esta succión se evalúa sobre un superficie de contacto de 200 cm² (Norma NTP 331.018).

La succión es expresada por la ecuación:

$$\text{Succión}(\text{gr}/200 - \text{cm}^2 - \text{min}) = \frac{200 * (P_m - P_s)}{A}$$

Donde:

A: Área de contacto.

P_s = peso seco de la muestra

P_m = peso de la muestra húmeda, después de la succión.

2.7.1.7 Ensayos de absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación

La absorción es una medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería; la absorción máxima, es la medida de la cantidad de agua que puede contener una unidad saturada; finalmente, el coeficiente de saturación es una medida de la facilidad con que una unidad puede saturarse con agua.

El ensayo se realiza pesando medias unidades en estado seco, luego en estado saturado durante 24 horas con las superficies secadas previamente, a esta diferencia de pesos se le conoce como absorción, y cuando las unidades hierven durante 5 horas antes de pesarlas en estado saturado, recibe el nombre de absorción máxima, ambas se expresan en porcentaje, el coeficiente de saturación es la razón entre dichos porcentajes (NTP 399.604³).

³ Ver Anexo 07

2.7.2 ENSAYOS EN PILAS

Tiene tres objetivos: en el rango elástico determinar el módulo de elasticidad E_m ; en la rotura determinar la resistencia f'_m y la forma de falla.

2.7.2.1 Determinación del módulo de Elasticidad

Se calcula según RNE E.070, entre el 50% y 10% del esfuerzo máximo axial.

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \qquad E = \frac{(P_{50\%} - P_{10\%})/A}{(\delta_{50\%} - \delta_{10\%})/L_i}$$

$$K = \frac{(P_{50\%} - P_{10\%})}{(\delta_{50\%} - \delta_{10\%})} \qquad E = K \frac{L_i}{A}$$

Donde:

E = módulo de elasticidad.

$\Delta\sigma$ = incremento de esfuerzo axial.

$\Delta\varepsilon$ = incremento de deformación.

A = área de la sección transversal.

L_i = longitud inicial.

$P_{50\%}$ y $P_{10\%}$ = carga axial al 50% y al 10 %.

$\delta_{50\%}$ y $\delta_{10\%}$ = desplazamiento al 50% y al 10%

K = rigidez

2.7.2.2 Determinación de la resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión f'_m está definida como la carga máxima axial entre el área de la sección transversal. Es una de las principales propiedades de la unidad de albañilería, valores altos indican que son de buena calidad para fines estructurales y de exposición; en cambio valores bajos, indican poca resistencia y poca durabilidad. El cálculo de la resistencia en compresión f'_m , se determinó con la ecuación.

$$f'_m = C \frac{P_{m\acute{a}x}}{\text{Área}}$$

Donde C es un coeficiente de corrección por esbeltez, y toma valores según la Tabla 6

Tabla 6

FACTORES DE CORRECCIÓN DE $f'm$ POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

(*) Interpolar linealmente para valores intermedios de esbeltez.

Fuente: RNE, 2009

2.7.3 ENSAYOS DE RESISTENCIA AL CORTE (MURETES)

Tiene tres objetivos: en el rango elástico determinar el módulo de corte G_m , y en la rotura, determinar la resistencia al corte $v'm$ y la forma de falla.

2.7.3.1 Determinación del módulo de Corte (G_m)

Se calcula según la propuesta de norma entre el 50% y 10% del esfuerzo máximo de compresión diagonal. El cálculo del módulo de corte G_m , se realiza aplicando las ecuaciones:

$$G = \frac{\Delta\tau}{\Delta\gamma}$$

$$G = \frac{(P_{50\%} - P_{10\%}) / A}{[(\delta_{H50\%} - \delta_{H10\%}) / L_{Hi} + (\delta_{V50\%} - \delta_{V10\%}) / L_{Vi}]}$$

Donde:

G = módulo de corte.

$\Delta\tau$ = incremento de esfuerzo cortante.

$\Delta\gamma$ = incremento de distorsión.

A diagonal = área de la sección diagonal

LHi = longitud horizontal inicial.

LVi = longitud vertical inicial.

P50% y P10% = carga axial al 50% y al 10 %.

δ50% y δ10% = desplazamiento al 50% y al 10%

Posteriormente, se evaluará y comparará los resultados conjuntamente con el módulo de elasticidad (Em), para poder determinar el módulo de Poisson (ν).

2.7.3.2 Determinación de la resistencia al corte ($v'm$).

La resistencia al corte (por tracción diagonal) está definida como la carga máxima diagonal entre el área de la diagonal del espécimen. Es una propiedad importante por la similitud de la forma de falla del ensayo con la forma de falla que ocurre en algunos muros cuando son solicitados ante acciones sísmicas. El cálculo de la resistencia al corte por tracción diagonal, $v'm$, se determina con la ecuación:

$$v'm = \frac{P_{\text{máx. diagonal}}}{\text{Area. diagonal}}$$

2.8 PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

El artículo 10.4 de la Norma E.070 especifica el tratamiento a darle a las unidades previamente al asentado.

- Para concreto y sílico-calcáreo: pasar una brocha húmeda sobre las caras de asentado o rociarlas.
- Para arcilla: de acuerdo a las condiciones climatológicas donde se encuentra ubicadas la obra, regarlas durante media hora, entre 10 y 15 horas antes de asentarlas.

Para el asentado de la primera hilada, la superficie de concreto que servirá de asiento (losa o sobrecimiento según sea el caso), se preparará con anterioridad de

forma que quede rugosa; luego se limpiará de polvo u otro material suelto y se la humedecerá, antes de asentar la primera hilada.

Todas las juntas horizontales y verticales quedarán completamente llenas de mortero. A mayor espesor de junta, la albañilería será más débil, por lo que es importante controlar su grosor. El espesor de las juntas de mortero será como mínimo 10 mm y el espesor máximo será 15 mm. En las juntas que contengan refuerzo horizontal, el espesor mínimo de la junta será 6 mm más el diámetro de la barra.

No se asentará más de 1,30 m de altura de muro en una jornada de trabajo. En el caso de emplearse unidades totalmente sólidas (sin perforaciones), la primera jornada de trabajo culminará sin llenar la junta vertical de la primera hilada, este llenado se realizará al iniciarse la segunda jornada.

La conexión entre columnas de confinamiento y albañilería puede ser a ras o dentadas.

Las columnas de confinamiento se deben vaciar después de haber levantado el muro de albañilería. Si la sección es pequeña, los estribos tradicionales de las columnas pueden interrumpir la caída de la mezcla, entonces se sugiere para estas columnas usar estribos de 1 vuelta + $\frac{3}{4}$ vuelta, dejando el núcleo libre para el paso del concreto.

2.9 ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

La Norma E.070 establece que el diseño de los muros cubra todo su rango de comportamiento, desde la etapa elástica hasta su probable incursión en el rango inelástico, proveyendo suficiente ductilidad y control de la degradación de resistencia y rigidez. El diseño es por el método de resistencia, con criterios de desempeño. El diseño está orientado, en consecuencia a proteger a la estructura contra daños ante eventos sísmicos frecuentes (sismo moderado) y a proveer la

necesaria resistencia para soportar el sismo severo, conduciendo el tipo de falla y limitando la degradación de resistencia y rigidez con el propósito de limitar el nivel de daños en los muros, de manera que éstos sean económicamente reparables mediante procedimientos sencillos.

Los objetivos principales son:

- 1) Que ante la acción de sismos moderados la estructura se comporte en el rango elástico.
- 2) Que ante la acción de sismos severos la estructura quede en estado económicamente reparable.

Estos objetivos se logran bajo dos condiciones: 1) diseñando a los elementos de refuerzo de tal modo que puedan soportar la carga que inició la falla de los muros (V_m), para que no exista degradación de resistencia durante el sismo severo; y 2) proveyendo la suficiente resistencia y rigidez al edificio, a través de los muros ($\Sigma V_m = V$), de tal forma que permitan que la estructura se comporte elásticamente ante los sismos moderados, y sin sobrepasar su límite de reparación (fijado en una deriva de 0.005) cuando actúa el sismo severo.

La deriva máxima de 0.005 (desplazamiento inelástico dividido entre la altura del piso), proviene de múltiples experimentos hechos con ladrillos y bloques nacionales.

2.9.1 Sismo moderado

Ante el sismo moderado, los muros de albañilería no deben presentar fisuras de corte. Un muro se fisura cuando alcanza una fuerza cortante denominada V_m (ecuaciones 2a y 2b). Para efectos prácticos, el análisis estructural para cargas de sismo puede hacerse entonces con $R=6$, y obtener un juego de fuerzas internas en los muros en condiciones elásticas. En particular, la fuerza cortante en estas condiciones, V_e , debe cumplir las ecuaciones [1] [2] y [3].

$$V_e \leq 0.55 V_m \quad [1]$$

Unid. Arcilla y concreto: $V_m = 0.5 v' m \alpha L t + 0.23 P_g \quad [2a]$

Unid. Sílico calcáreas: $Vm = 0.35 v'm \alpha L t + 0.23 P g$ [2b]

Siendo $\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{Ve L}{Me} \leq 1$ [3]

El parámetro α toma en cuenta la esbeltez coplanar del muro. Investigaciones experimentales en muros a escala natural y reducida indicaron que en muros cuadrados o bajos la resistencia al corte Vm es aproximadamente la misma, mientras que en muros altos o esbeltos, la resistencia Vm se reduce.

Si el edificio cuenta con pórticos, vigas, o placas de concreto armado, estos elementos se deben diseñar a la rotura (amplificando sus fuerzas de esta etapa por 1.25). Además, en la cimentación se debe diseñar las dimensiones de zapatas y cimientos con los resultados del sismo moderado, y la armadura amplificando los esfuerzos por 1.25.

2.9.2 Sismo severo

Verificación de la resistencia al corte del edificio

Para el sismo severo, lo primero que debe verificarse es que la capacidad de los muros del edificio sea mayor que la fuerza sísmica. Esto se hace a través de la suma de fuerzas Vm en cada dirección, la cual debe ser mayor a la fuerza V (norma sísmica, con $R=3$). Esta verificación debe hacerse para cada dirección y para cada nivel del edificio.

En caso no se logre esto, algunos muros deberán aumentar su espesor o ser reemplazados por muros de concreto armado.

Amplificación de las fuerzas elásticas a la condición de rotura

Para el diseño por sismo severo en cada muro, la idea es que las columnas y vigas de confinamiento sean capaces de tomar la fuerza Vm que es la máxima capacidad del muro. La fuerza cortante de diseño Vu y el momento flector Mu se hallan amplificando los valores del análisis elástico, Ve y Me , por la relación entre las fuerzas Ec . [4]:

$$V_{ui} = V_{ei} \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \quad M_{ui} = M_{ei} \frac{V_{m1}}{V_{e1}} \quad [4]$$

Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros

Todo muro confinado cuyo cortante bajo sismo severo sea mayor o igual a su resistencia al corte ($V_u \geq V_m$), o que tenga un esfuerzo a compresión axial producido por la carga gravitacional considerando toda la sobrecarga, $\sigma_m = P_m / (L t)$, mayor o igual que $0.05 f'_m$, deberá llevar refuerzo horizontal continuo anclado a las columnas de confinamiento.

En los edificios de más de tres pisos, todos los muros portantes del primer nivel serán reforzados horizontalmente.

La cuantía del acero de refuerzo horizontal será: $\rho = A_s / (st) \geq 0.001$. Las varillas de refuerzo penetrarán en las columnas de confinamiento por lo menos 12,5 cm y terminarán con gancho a 90o vertical de 10 cm de longitud.

2.10 COMPORTAMIENTO SÍSMICO

La albañilería no confinada ni reforzada, en sismos reales y en ensayos de laboratorio, muestra: a) fallas por corte debido a fuerzas de sismo en el mismo plano del muro, y b) fallas de tracción por flexión debido a fuerzas de sismo ortogonales al plano del muro.

De otro lado, la interacción entre tabique y pórtico ha ocasionado numerosas fallas por columna corta. También se ven muchas fallas por piso blando.

2.10.1 Fallas por corte

La mayoría de las fallas registradas en los edificios de albañilería han sido por fuerza cortante. En edificios bajos, de 1 a 3 pisos, la deformación por corte es predominante y se manifiesta por grietas diagonales en el paño del muro, a partir

de ese punto el muro se desplaza manteniendo su capacidad de carga; posteriormente se trituran la región central de la albañilería y los extremos del muro, produciéndose finalmente una severa degradación de resistencia.

La resistencia al corte está proporcionada por la resistencia de la albañilería en sí.

Si las grietas atraviesan unidades y juntas de mortero en forma pareja, esto indica que la adherencia es adecuada entre las unidades, lo cual es ideal puesto que así se logra una mayor capacidad resistente del muro. Si en cambio las grietas son escalonadas, pasando básicamente por las juntas dejando las unidades enteras, la adherencia es baja, y la resistencia del muro es baja. Los ensayos en muretes pequeños ayudan a observar esta propiedad.

2.10.2 Falla de tracción por flexión

Este tipo de fallas se produce generalmente por los siguientes efectos: 1) la trituración de los talones flexocomprimidos. 2) el deslizamiento a través de la base del muro, 3) la rotura del refuerzo vertical por tracción, pandeo o cizalle.

Es posible que previamente se hayan formado pequeñas fisuras diagonales por corte en los muros (controladas por el esfuerzo horizontal), pero las grietas principales se encuentran localizadas en la parte interior del muro.

La capacidad resistente a flexión está proporcionada por: el refuerzo vertical existente en el muro, el peralte y refuerzo de las vigas de borde (coplanares y ortogonales al plano del muro en análisis), y la magnitud de la carga vertical actuante sobre el muro.

Se dan mayoritariamente en muros no portantes, tales como cercos, tabiques y parapetos. Se debe mejorar el diseño con la inclusión de arriostres más cercanos.

2.10.3 Interacción tabique – pórtico

La falla por la interacción tabique-pórtico se manifiesta con el problema de columnas cortas en edificios flexibles. Estas columnas cortas se generan al tenerse una ventana alta, con muros de albañilería que no llegan al techo. Entre las columnas y el muro de albañilería no hay junta o ésta es insuficiente.

En un sismo moderado o severo, las columnas se deben desplazar lateralmente, pero los muros lo impiden a lo largo de su altura, y la columna sólo se deforma en la parte de la ventana. Esto ocasiona grandes fuerzas y deformaciones por corte que las columnas no tienen capacidad de soportar, produciendo grietas que pueden romper el núcleo y pandear el refuerzo vertical.

Se puede obviar aumentando la rigidez de la edificación o protegiendo las columnas con una ampliación del muro.

2.10.4 Falla por piso blando

La falla por piso blando se ha visto en edificaciones en los sismos del 2001 y 2007. Se debe fundamentalmente a la falta de rigidez en una dirección principal, usualmente en el primer piso.

Otro problema que se puede identificar fue de la escasa “densidad de muros” que es la relación entre el área de muros reforzados en una dirección entre el área en planta. La norma E.070 establece una densidad mínima:

$$\frac{\text{área de corte de los muros reforzados}}{\text{área de la planta típica}} = \frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

Donde: “Z”, “U” y “S” corresponden a los factores de zona sísmica, importancia y de suelo, respectivamente, especificados en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

“N” es el número de pisos del edificio;

“L” es la longitud total del muro (incluyendo columnas, si existiesen); y,

“t” es el espesor efectivo del muro

Si la cantidad de muros no alcanza, se puede aumentar su espesor o cambiarlos por muros de concreto armado, hasta lograr una densidad superior a la mínima.

2.11 ACTUAL NORMA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ

Predecesoras:

- EL REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES aprobado por D.S. N° 039-70-VI de 1970 y N° 063-70-VI (10ma. Edición de Bonilla, 1980)
- LAS NORMAS DE DISEÑO SISMO-RESISTENTE, PARTE DEL RNC DEL MINISTERIO DE VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN (OIN 1977)
- NORMA de ALBAÑILERIA E-070 (1982)

Actual:

- NORMA de ALBAÑILERIA E-070 (2006)

Aprobado por D. S. N° 011-2006 - VIVIENDA del 5 de mayo del 2006, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) reemplaza en todas sus partes al Reglamento Nacional de Construcciones RNC de 1970 y complementos. El RNE contiene 66 Normas Técnicas, entre Habilitaciones Urbanas, Arquitectura, Estructuras, Instalaciones Sanitarias, Instalaciones Eléctricas, y otras. Entre estas nuevas normas se halla la nueva E.070 Albañilería, producto de más de 5 años de reuniones del Comité especializado, formado por SENCICO con representantes de universidades, colegios profesionales, fabricantes, constructores, etc.

La nueva Norma E.070 Albañilería (2006) contiene 10 capítulos. Respecto a la norma anterior de 1982 hay modificaciones en los materiales, procedimientos de construcción, estructuración, análisis y diseño estructural, e introduce el efecto de interacción tabique - pórtico.

El resto de este documento se refiere básicamente a lo indicado en esta norma vigente, y en mejoras que se le pueden añadir para una futura versión.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la tesis se siguió la siguiente metodología:

❖ **TIPO DE INVESTIGACIÓN**

- Básica

❖ **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

- Observacional y Prospectivo

❖ **NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

- Explicativo

❖ **POBLACIÓN**

- Viviendas de las zonas periféricas de Tacna

❖ **MUESTRA**

- Muestra no probabilística

❖ **TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

- Análisis documental
- La observación

❖ **INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

- Guía de análisis documental
- La ficha técnica de observación

Para la evaluación de los ladrillos Blocker II como uno de los principales factores en el comportamiento estructural de las viviendas construidas con estas unidades y las recomendaciones para su uso, se evaluó:

- 1) La magnitud de viviendas autoconstruidas de albañilería confinada con ladrillos Blocker II en la ciudad de Tacna
- 2) Las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos Blocker II
- 3) El comportamiento estructural de una vivienda autoconstruida de albañilería confinada con Blocker II.

Con estas evaluaciones se hizo el

- 4) Análisis a un diseño tentativo de una vivienda de albañilería confinada con Blocker II estructuralmente funcional y segura.

Seguidamente se explica de manera más amplia la metodología y procedimientos empleados en la recolección y procesamiento de datos.

3.2 EVALUACIÓN DE LAS VIVIENDAS DE TACNA (MATERIALES Y SISTEMA ESTRUCTURAL)

- ❖ Para la evaluación de los materiales de construcción y sistema estructural de las viviendas se hizo un muestreo no probabilístico de 5 cuadras representativas de diferentes distritos de las zonas periféricas de la ciudad de Tacna, para hacer un cálculo estimado del uso de las unidades Blocker II y del sistema de albañilería confinada.
- ❖ Por medio de la observación se calificó el material y sistema predominante de las viviendas, información que fue recabada en fichas técnicas de observación.
- ❖ Las zonas estudiadas del área periférica de la ciudad de Tacna fueron:

- A. Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa (Fotografía 1-5)⁴
- B. Centro Poblado Mayor Augusto B. Leguía (Fotografía 7-9)⁵
- C. Centro Poblado La Natividad (Fotografía 6)⁶
- D. Distrito Ciudad Nueva (Fotografía 11-12)⁷
- E. Distrito Alto de la Alianza (Fotografía 13-14)⁸
- F. Distrito Pocollay

- ❖ Los materiales y herramientas que se utilizaron fueron:
 - ✓ RNE E.030, E.070
 - ✓ Ficha técnica de observación
 - ✓ Cámara fotográfica
 - ✓ Movilidad

3.3 EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

El conocimiento de las propiedades físicas mecánicas de las unidades nos da un cierto criterio sobre la resistencia de la albañilería, así como de la durabilidad ante el intemperismo.

- ❖ Para la obtención de resultados respecto a las propiedades físico-mecánicas de las unidades Blocker II, se utiliza la norma NTP 331.019⁹ para el muestreo de los ladrillos. Los demás ensayos son descritos posteriormente con mención de las normas utilizadas para su desarrollo.
- ❖ El desarrollo de los ensayos se realiza en las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Rocas y Laboratorio de Suelos y Concreto de la Facultad de

⁴ Ver **Anexo 05**: Panel Fotográfico

⁵ Ver **Anexo 05**: Panel Fotográfico

⁶ Ver **Anexo 05**: Panel Fotográfico

⁷ Ver **Anexo 05**: Panel Fotográfico

⁸ Ver **Anexo 05**: Panel Fotográfico

⁹ Ver **Anexo 07**

Ingeniería de la UNJBG, el uso de los equipos y herramientas del laboratorio fue gratuito, siendo yo la responsable de los procedimientos realizados en el laboratorio durante mi permanencia.

- ❖ Todos los materiales utilizados en estos ensayos fueron comprados y conseguidos por mí, a excepción del agua que proporcionó el laboratorio.
- ❖ Para los ensayos de las unidades de albañilería se utilizó los siguientes materiales:
 - ✓ Agua, Cemento y Yeso (capeo).
 - ✓ Ladrillos MAXX – BLOCKER II

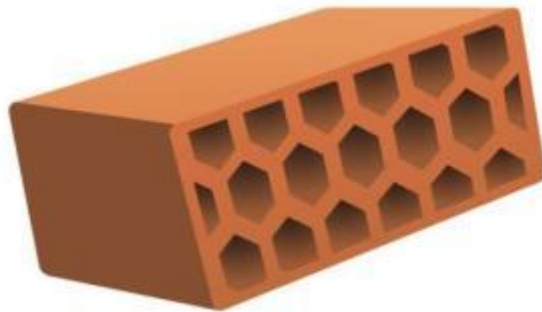


Fig. 5: Ladrillo Maxx - Blocker II

Especificaciones del fabricante:

- Medidas: 12 x 17 x 29 cm
 - Rendimiento: Soga 17
 - Uso: Para cercos perimétricos recintos amurallados, y muros livianos.
- ❖ Los ladrillos fueron comprados en la Ladrillera Martorell, un total de 100 unidades. Debido a las lloviznas de invierno, hubieron muchos ladrillos que en estado fresco estuvieron expuestos a mucha humedad, teniendo poco tiempo para secar antes de ingresar al horno, por lo cual se les terminaba de secar dentro del horno, viéndose afectada su calidad (declaración de personal de la ladrillera). Se descartó algunos de los ladrillos por no cumplir con las condiciones.

3.3.1 VARIACIÓN DIMENSIONAL Y ALABEO

- ❖ Se siguió los procedimientos especificados en la NTP 331.018¹⁰
- ❖ El efecto de imperfecciones geométricas en la construcción de albañilería se manifiesta en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes.
- ❖ Las imperfecciones geométricas del ladrillo (variación dimensional y alabeo), inciden en la resistencia de la albañilería, por lo que a mayores imperfecciones menor resistencia de la albañilería.



Fig. 6 , Fig. 7: Ensayo de Variación dimensional y ensayo de Alabeo en ladrillos Blocker II

¹⁰ Ver **Anexo 07**

3.3.2 PORCENTAJE DE RANURAS.

- ❖ Se siguió los procedimientos especificados en la NTP 331.018 ¹¹
- ❖ En el cálculo de la resistencia a compresión antiguamente (Norma E.070 de 1982) se trabajaba con el área neta de la unidad, ello daba cabida a que las fábricas produzcan ladrillos con grandes perforaciones, lo cual elevaba la resistencia a compresión. Actualmente, la resistencia se calcula con el área bruta, con lo cual esas unidades clasifican en un rango inferior.
- ❖ El porcentaje de ranuras de un ladrillo está directamente relacionado con la resistencia a la compresión de este. Cabe remarcar que las unidades huecas son muy frágiles.



Fig. 8 Ensayo de Porcentaje de ranuras en unidades Blocker II

3.3.3 ENSAYO DE SUCCIÓN

- ❖ Se siguió los procedimientos especificados en la NTP 331.018¹²
- ❖ En la albañilería está demostrado que habiendo una succión excesiva de las unidades se genera una mala unión con el mortero, debido a la rápida pérdida

¹¹ Ver **Anexo 07**

¹² Ver **Anexo 07**

del agua que es absorbida por el ladrillo, se deforma y endurece no logrando un contacto completo con la cara del siguiente ladrillo.



Fig. 9 Ensayo de succión de agua en los Blocker II

3.3.4 ENSAYO DE ABSORCIÓN, ABSORCIÓN MÁXIMA Y COEFICIENTE DE SATURACIÓN

- ❖ Se siguió los procedimientos especificados en la NTP 331.018¹³
- ❖ La resistencia al intemperismo asegura la adecuada durabilidad de la construcción de albañilería en condiciones de uso e intemperismo particularmente exigentes.
- ❖ Una forma para calcular la resistencia al intemperismo es mediante el coeficiente de saturación, que es la relación entre la absorción del ladrillo y la absorción máxima del ladrillo. A mayor coeficiente de saturación mayor la cantidad de agua que absorbe rápidamente el ladrillo y menor su resistencia a la intemperie.

¹³ Ver **Anexo 07**



Fig. 10 Ensayo de absorción: se colocan los ladrillos en remojo por 24 horas



Fig. 11 Ensayo de absorción máxima: los ladrillos saturados se ponen a cocción para mayor saturación

3.3.5 ENSAYO DE DENSIDAD

- ❖ Se siguió los procedimientos especificados en la NTP 331.018¹⁴
- ❖ Existe una relación estrecha entre la densidad de un ladrillo y sus otras propiedades. A mayor densidad mejores propiedades de resistencia y de perfección geométrica.
- ❖ Por el tamaño de los ladrillos y la indisponibilidad del equipo, para el peso sumergido se utilizó un recipiente lleno de agua y un dispositivo para la pesada, juntos pesaban más de 20 kg, por lo que no se pudo hacer la pesada en la balanza de precisión de 0.5 g sino en una de 0.1 kg.



Fig. 12 Ensayo de densidad: Ladrillos Blocker II dejados en ebullición para saturación máxima



Fig. 13 Ensayo de densidad: Medición del peso sumergido de los ladrillos saturados con agua



Fig. 14 Ensayo de densidad: Articulo para poder calcular el peso sumergido de los ladrillos saturados

3.3.6 ENSAYO DE EFLORESCENCIA

- ❖ Se siguió los procedimientos especificados en la NTP 331.018¹⁵
- ❖ El principal problema con la eflorescencia es su efecto en la apariencia de la albañilería, sin embargo, también puede ocurrir si las sales que se cristalizan se encuentran en cantidad importante, que la presión que estos ejercen al crecer causen rajaduras y disgregación de la albañilería.
- ❖ El horno disponible en el laboratorio no podía estar encendido y sin vigilancia por el periodo de 24 h, por lo que se tuvo que dejar los ladrillos en el horno por periodos de 8 horas/día hasta completar las 24 horas especificadas.



Fig. 15, Fig. 16: Ensayo de Eflorescencia: Secado de los ladrillos en horno por 24 horas, la eflorescencia de los ladrillos Blocker II se hace perceptible a la vista.

¹⁵ Ver **Anexo 07**

3.3.7 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (UNIDADES DE ALBAÑILERÍA)

- ❖ Se siguió los procedimientos especificados en la NTP 331.018¹⁶
- ❖ La resistencia a la compresión de la albañilería ($f'm$) define el nivel de su calidad estructural y el nivel de su resistencia a la intemperie.
- ❖ Se estima que la resistencia a la compresión de la albañilería, representada por la prueba a rotura de un prisma normalizado es del 25% al 50% de la resistencia a compresión del ladrillo.
- ❖ El capeo se hizo con una mezcla 1:1 de cemento y yeso sobre las superficies huecas de las unidades.



Fig. 17 Capeo de las unidades Blocker II para el ensayo de Resistencia a la compresión

¹⁶ Ver **Anexo 07**



Fig. 18 Ensayo de resistencia a compresión de las unidades Blocker II



Fig. 19 Falla de la unidad Blocker II por compresión

3.4 EVALUACIÓN DE PILAS Y MURETES DE ALBAÑILERÍA

- La resistencia de la albañilería a una sollicitación (compresión, tracción y corte) define el comportamiento estructural de la edificación. Con el propósito de determinar dichas resistencias, muchos investigadores diseñaron una serie de ensayos capaces de evaluar estructuralmente sus materiales componentes.

- ❖ Para los ensayos de las unidades de albañilería se utilizó los siguientes materiales:
 - ✓ LADRILLOS MAXX – BLOCKER II
Para los ensayos especiales se utilizaron los ladrillos del muestreo ya mencionados en 3.1.

 - ✓ CEMENTO SOL (PÓRTLAND TIPO I)
Especificaciones del fabricante:
Norma técnica: ASTM C-150 y Norma Técnica Peruana 334.009.
Marca comercial: SOL.
Presentación: bolsas de 42.5 kg / granel.

 - ✓ AGREGADOS
La arena gruesa fue comprada en una ferretería local. Los agregados usados en la ciudad de Tacna generalmente provienen de la Cantera del Cerro Arunta.

 - ✓ OTROS
Yeso, agua.

- ❖ Todos los materiales utilizados en estos ensayos fueron comprados y conseguidos por mí, a excepción del agua que proporcionó el laboratorio.

- ❖ La elaboración de los prismas y muretes fue encargado a un albañil de la localidad, bajo mi supervisión. Los cuales fueron construidos en la misma fecha

en la ciudad de Tacna, en las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Rocas de la UNJBG, y bajo las mismas condiciones de calidad que se observarían en la construcción de una vivienda común de la ciudad.

3.4.1 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL (PILAS DE ALBAÑILERÍA)

- Se siguió los procedimientos especificados en la NTP 399.605¹⁷
- Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 2, f'm será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m² de área techada.
- Para la elaboración de las pilas se usó un mortero de mezcla 1:5 con espesor de junta de 1.5 cm. Se procuró que la pila estuviera a plomo por sus 4 costados.
- El capeo se hizo con una mezcla 1:1 de cemento y yeso sobre las superficies huecas de las unidades de los extremos superior e inferior de las pilas.
- Para el desarrollo de la compresión axial de las pilas, se hizo uso de las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Rocas de la Facultad de Ingeniería, el uso de los equipos y herramientas del laboratorio fue gratuito, siendo yo la responsable de los procedimientos realizados en el laboratorio durante mi permanencia.

¹⁷ Ver **Anexo 07**

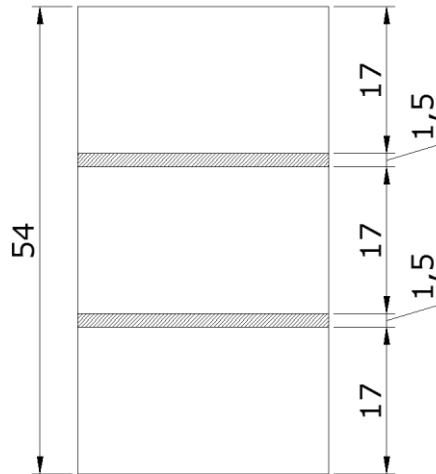


Fig. 20: Modelo aproximado de la pila para ensayo de compresión axial



Fig. 21 Albañil preparando materiales para construcción los prismas de albañilería



Fig. 22 Pilas y muretes de ladrillos Blocker II terminados



Fig. 23 Disposición para ensayo de compresión axial de pilas de ladrillo



Fig. 24 Falla de la pila por compresión axial

3.4.2 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL (MURETES DE ALBAÑILERÍA)

- ❖ Se siguió los procedimientos especificados en la NTP 399.621.¹⁸
- ❖ Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 2, $v'm$ será verificado con ensayos de tres muretes por cada 1000 m² de área techada.
- ❖ Para el desarrollo de la compresión diagonal de muretes, se coordinó con el Laboratorio de Concreto de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa y el encargado de este, el Ing. Fernando Peralta.

¹⁸ Ver **Anexo 07**

- ❖ El equipo de ensayo de compresión de la UNSA tiene como máximo la capacidad de 1m entre los cabezales de apoyo para el ensayo de muretes. En vista de ésta situación se dedujo que la distancia entre los vértices de un murete de 4 hiladas con unidades Blocker II no cabría en el equipo.
- ❖ Para solucionar esto, y con el asesoramiento del Ing. Fernando Peralta, a los ladrillos de dimensiones: largo (27.7 – 28cm) x ancho (11.6 – 12) x alto (16.9 – 17.2cm), se les tuvo que recortar 1cm de altura a todos los ladrillos que se usarían para hacer los muretes, y así lograr un funcionamiento homogéneo de la albañilería.
- ❖ El corte de los ladrillos se hizo con un esmeril, la terminación de los ladrillos cortados fue lisa y sin resquebrajaduras.
- ❖ Para la elaboración de los muretes se usó un mortero de mezcla 1:5 con espesor de junta de 1.5 cm, procurando que las dimensiones no pasaran de 70.5 x 70.5 cm y esté a plomo.
- ❖ Como son unidades huecas, antes de aplicar el capping, se taponeó con mortero 1:3 los vértices que se apoyarían en los cabezales angulares metálicos, a fin de que no falle localmente por concentración de esfuerzos.
- ❖ Para el ensayo se tuvo que trasladar los 4 muretes (se hizo uno de contingencia, pero todos los muretes llegaron en excelentes condiciones) hasta el mismo laboratorio de la UNSA en Arequipa, para lo cual se hizo un embalaje especial de cada uno de ellos y se transportaron en bus hasta Arequipa, luego en auto hasta la universidad, donde finalmente se desembalaron y se dejaron para la elaboración del capping y su posterior ensayo.
- ❖ Los muretes se ensayaron a los 32 días, el retraso se debió a una huelga de personal administrativo de la UNSA, por lo que no se pudo hacer ingreso de los muretes al Laboratorio de Concreto en la fecha coordinada; pasado el imprevisto se ingresaron los muretes y se ensayaron al día siguiente.

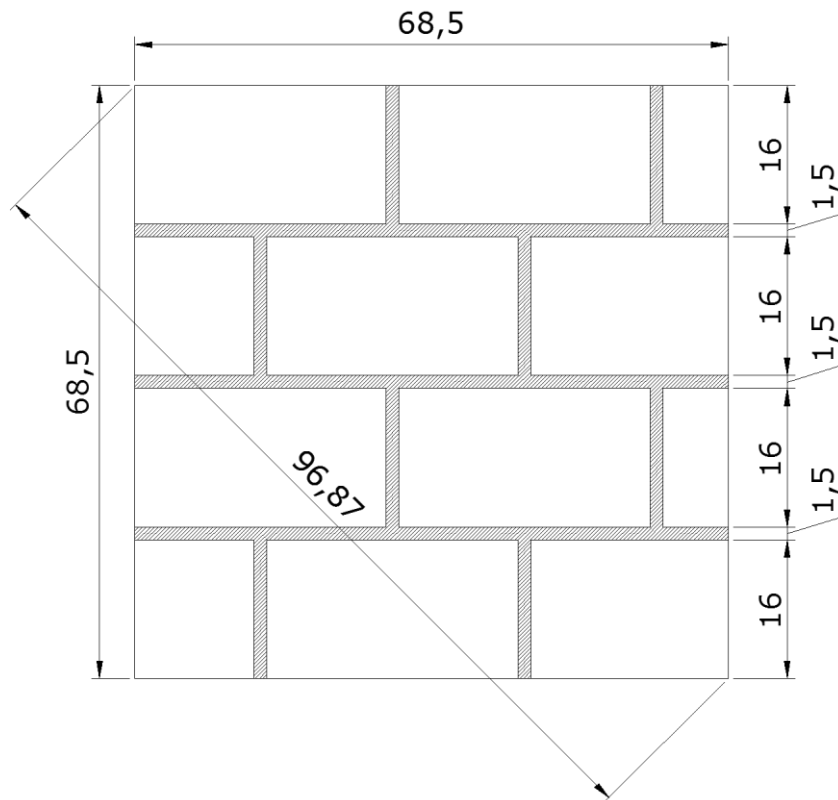


Fig. 25: Modelo aproximado del murete de albañilería para ensayo de compresión diagonal



Fig. 26 Cortado de los ladrillos para construcción del murete de Blocker II



Fig. 27 Taponeo con mortero 1:3 de los vértices del murete de albañilería



Fig. 28 Embalaje de muretes para transporte a lugar de ensayo



Fig. 29 Abordaje de los prismas embalados para ensayos en la UNSA



Fig. 30 Capeado de vértices de muretes en laboratorio UNSA



Fig. 31 Disposición del murete para ensayo de compresión diagonal



Fig. 32 Falla por compresión diagonal del murete con Blocker II

3.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA CON LADRILLOS HUECOS BLOCKER II

- ❖ Se trabajó con dos modelos de vivienda para hacer el análisis estructural. La primera (**alfa**), es una vivienda autoconstruida con vigas, columnas y losa de concreto armado, con muros de albañilería confinada, muy común en las zonas periféricas de Tacna. La segunda (**beta**), es una vivienda de albañilería confinada que ha sido diseñada considerando las recomendaciones de la norma E.070, la cual podría servir como alternativa.
- ❖ Para el desarrollo se dibujó los planos de arquitectura, con los cuales se obtienen las longitudes y alturas con las que se trabaja en los cálculos. Los planos de la vivienda Alfa son A-1 y D-1, de la vivienda Beta son los planos A-2, E-2 y D-1, que se encuentran el **anexo 6**.

- ❖ Asimismo, se necesitó los datos de los ensayos de laboratorio para poder aplicarlos a los modelos de análisis.
- ❖ También se necesita los espectros de pseudo-aceleración sísmica con los que se trabajarán las viviendas alfa y beta.
- ❖ El análisis de estas viviendas es un análisis sísmico elástico¹⁹, donde se utiliza métodos elásticos y se tiene en cuenta los efectos causados por las cargas muertas, las cargas vivas y el sismo.
- ❖ El análisis se hace ante la acción de sismo moderado y sismo severo.
- ❖ Para el análisis estructural se necesitará de las siguientes herramientas y materiales:
 - ✓ Reglamento Nacional de Edificaciones
 - ✓ Programa de hojas de cálculo Microsoft EXCEL 2010
 - ✓ Programa de diseño asistido por computadora AUTOCAD 2012
 - ✓ Programa de análisis estructural ETABS v9.5.0
 - ✓ Modelo de vivienda alfa de las zonas periféricas de la ciudad de Tacna.
 - ✓ Modelo de vivienda beta con aplicación de las recomendaciones del RNE.

OBSERVACIÓN:

Para el análisis estructural de las viviendas con software se ha ubicado hipotéticamente al modelo de vivienda en un suelo intermedio. Como se menciona en el punto 1.3 Limitaciones: no se considerará el factor de suelo de cimentación en la investigación.

Para cualquier caso, se recomienda que la construcción de edificaciones con albañilería sea solo en zonas aptas para la construcción, de lo contrario se sufrirán

¹⁹ RNE E.070, Cap 10, Art. 33.5

posibles daños a la estructura o se necesitaría una costosa cimentación especial, como es el caso de los distritos de Ciudad Nueva y Alto de la Alianza.

La construcción de viviendas de albañilería confinada en suelos como los de Ciudad Nueva sería otro tema de investigación que no será analizado en esta tesis.

3.5.1 DATOS GENERALES

3.5.1.1 Descripción de las viviendas en estudio

Primero se hizo un modelo arquitectónico de las viviendas, plano A-1 y E-1 para la vivienda **Alfa**²⁰ (vivienda autoconstruida de zona periférica) y plano A-2 para la vivienda **Beta**²¹ (vivienda construida con recomendaciones del RNE).

Información General:

- Ubicación: Tacna, suelo intermedio.
- Uso: Vivienda
- Sistema de techado: Losa aligerada armada en un solo sentido
- Espesor de losa: $t = 20$ cm.
- Azotea: No utilizable
- Altura de piso a techo: (Alfa) $h = 2.60$ m (Beta) $h = 2.40$ m
- Altura de alféizares: $h = 1.10$ m (excepto en ss.hh. donde $h = 1.95$ m)
- Irregularidad en planta: Alfa = Si Beta = No
- Irregularidad en altura: Alfa = No Beta = No

3.5.1.2 Características de los materiales:

Para la construcción de estas viviendas se está usando las propiedades reales de la albañilería con Blocker II.

²⁰ Los planos se ven en el **Anexo 06**

²¹ Los planos se ven en el **Anexo 06**

A. Propiedades de la albañilería con Blocker II (Ladrillos huecos)

1. Mortero tipo P2: cemento-arena 1:4, espesor de junta: 1.5 cm
2. Dimensiones de ladrillo (para cálculo): 28x12x17 cm
3. Volumen por ladrillo: 0.0046619 m³
4. Peso promedio por unidad Blocker II: 4.57 kg
5. Resistencia a la compresión: $f'm = 45,82 \text{ kg-f/cm}^2$
6. Resistencia al corte puro: $v'm = 3.84 \text{ kg-f/cm}^2$
7. Módulo de elasticidad: $Em = 22\ 910 \text{ kg/cm}^2$
8. Módulo de corte: $9\ 164 \text{ kg/cm}^2$

B. Propiedades del Concreto

1. Resistencia nominal a compresión: $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$
2. Módulo de elasticidad: $Ec = 198,431.35 \text{ kg/cm}^2$
3. Módulo de Poisson: $\nu = 0.15$

C. Acero de refuerzo

Acero corrugado, ASTM A 615 Grado 60 y la Norma Técnica Peruana NTP 341.031 2001

Esfuerzo de fluencia = $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2 = 4.2 \text{ t/cm}^2$

3.5.1.3 Cargas Unitarias:**A. Pesos Volumétricos**

Concreto: 2.4 t/m³

Tarrajeo: 2.0 t/m³

Albañilería:

1. Cantidad de ladrillo por m² de muro (aparejo de soga):

$$C = 10000 / (28+1.5)(12+1.5)$$

$$C = 25 \text{ und/m}^2$$

Cantidad de ladrillo por m² de muro (aparejo de cabeza):

$$C = 10000 / (17+1.5)(12+1.5)$$

$$C = 40 \text{ und/m}^2$$

2. Cantidad de mortero por m^2 de muro (aparejo de sogá):

$$M = 0.12 - 25 \times 0.0046619 \text{ m}^3 = 0.0034525 \text{ m}^3$$

$$M = 0.0034525 + 50\% = 0.005179 \text{ m}^3 \text{ para juntas}$$

- Cantidad de mortero por m^2 de muro (aparejo de cabeza):

$$M = 0.28 - 40 \times 0.0046619 \text{ m}^3 = 0.093524 \text{ m}^3$$

$$M = 0.093524 + 50\% = 0.1403 \text{ m}^3 \text{ para juntas}$$

3. Peso volumétrico de muros

Peso específico de muro con aparejo de sogá

$$\text{Ladrillos } 25 \times 4.57 = 80.98 \text{ kg}$$

$$\text{Mortero } 0.005179 \times 2300 = 11.91 \text{ kg}$$

$$\text{Tarrajeo } 0.03 \times 2000 = \underline{60.00 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{152.89 \text{ kg/m}^2}$$

$$\text{e de muro} = \mathbf{0.15m} \rightarrow 152.89 / 0.15 = \mathbf{1019.27 \text{ kg/m}^3}$$

Peso específico de muro con aparejo de cabeza

$$\text{Ladrillos } 40 \times 4.57 = 182.80 \text{ kg}$$

$$\text{Mortero } 0.1403 \times 2300 = 322.69 \text{ kg}$$

$$\text{Tarrajeo } 0.03 \times 2000 = \underline{60.00 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{565.49 \text{ kg/m}^2}$$

$$\text{e de muro} = \mathbf{0.30m} \rightarrow 565.49 / 0.30 = \mathbf{1884.97 \text{ kg/m}^3}$$

B. Techos

Peso propio de la losa de techo: 0.3 t/m^2

Sobrecarga (incluso en escalera): 0.2 t/m^2 ; azotea: 0.1 t/m^2

Acabados: 0.1 t/m^2

3.5.1.4 Espectros de pseudo-aceleración

“Los objetivos de la Norma E.070 son fundamentalmente dos: 1) que ante la acción de sismos moderados la estructura se comporte en el rango elástico; y 2) que ante la acción de sismos severos la estructura quede en estado económicamente reparable.” (Ángel San Bartolomé, Comentarios a la Norma E.070 Albañilería, 2006, pág. 89)

Para el cumplimiento de la norma, primero se obtuvo los espectros para el análisis dinámico de los modelos de vivienda, en caso de sismo severo y sismo moderado.

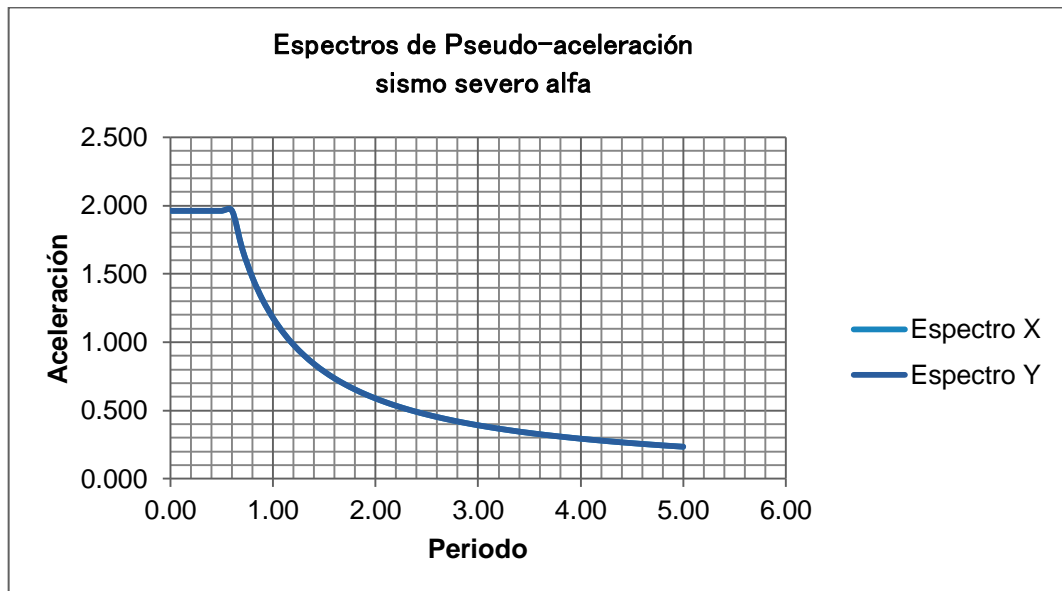
Para aclarar, se tiene los siguientes conceptos:

- a) **Sismo severo:** es aquél proporcionado por la RNE E.030 diseño sismoresistente, empleando un coeficiente de reducción de la sollicitación sísmica $R=3$
- b) **Sismo moderado:** es aquél que proporciona fuerzas de inercia equivalente a la mitad de los valores producidos por el “sismo severo”, empleando un coeficiente de reducción de la sollicitación sísmica $R=6$

- 1) Espectros de pseudo-aceleración a usarse para sismo **severo**:

Vivienda Alfa (autoconstruida):

PARAMETROS		
Zona	Z	0.4 (Tacna zona 3)
Uso	U	1.0 (edificación común)
Suelo	S	1.2 (suelo intermedio)
Period. Suelo	Tp	0.6 seg
Reducción X	Rx	2.25 (3 x 0.75 albañilería, irregular)
Reducción Y	Ry	2.25 (3 x 0.75 albañilería, irregular)



Espectros de Pseudo-aceleración sismo severo alfa

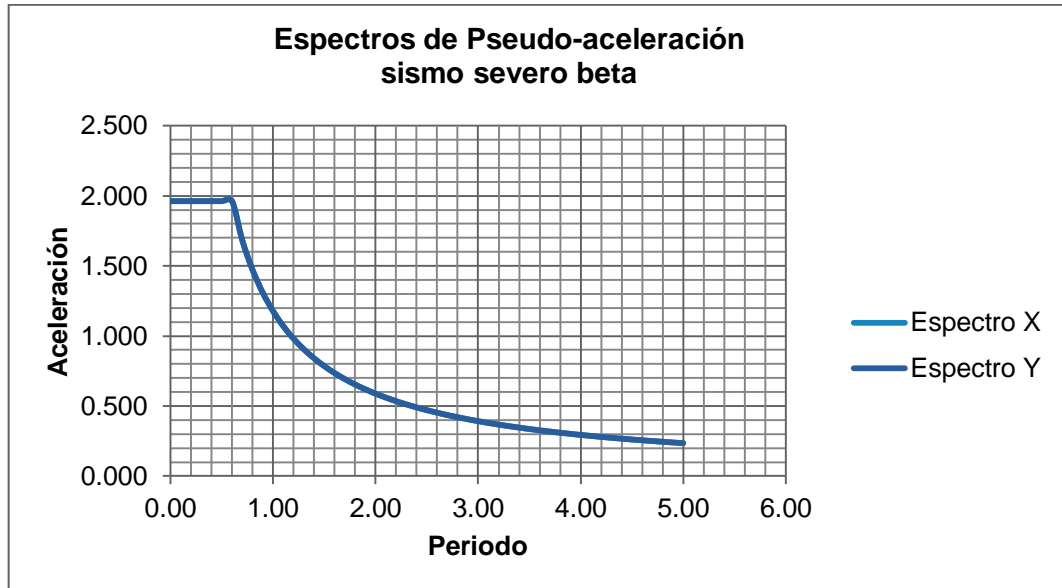
T	C	Sa-x	Sa-y
0.01	2.50	5.232	5.232
0.10	2.50	5.232	5.232
0.20	2.50	5.232	5.232
0.30	2.50	5.232	5.232
0.40	2.50	5.232	5.232
0.50	2.50	5.232	5.232
0.60	2.50	5.232	5.232
0.70	2.14	4.485	4.485
0.80	1.88	3.924	3.924
0.90	1.67	3.488	3.488
1.00	1.50	3.139	3.139
1.10	1.36	2.854	2.854

T	C	Sa-x	Sa-y
1.20	1.25	2.616	2.616
1.30	1.15	2.415	2.415
1.40	1.07	2.242	2.242
1.50	1.00	2.093	2.093
1.60	0.94	1.962	1.962
1.70	0.88	1.847	1.847
1.80	0.83	1.744	1.744
1.90	0.79	1.652	1.652
2.00	0.75	1.570	1.570
2.10	0.71	1.495	1.495
2.20	0.68	1.427	1.427
2.30	0.65	1.365	1.365
2.40	0.63	1.308	1.308
2.50	0.60	1.256	1.256
2.60	0.58	1.207	1.207
2.70	0.56	1.163	1.163
2.80	0.54	1.121	1.121
2.90	0.52	1.082	1.082
3.00	0.50	1.046	1.046
3.10	0.48	1.013	1.013
3.20	0.47	0.981	0.981
3.30	0.45	0.951	0.951
3.40	0.44	0.923	0.923
3.50	0.43	0.897	0.897
3.60	0.42	0.872	0.872

T	C	Sa-x	Sa-y
3.70	0.41	0.848	0.848
3.80	0.39	0.826	0.826
3.90	0.38	0.805	0.805
4.00	0.38	0.785	0.785
4.10	0.37	0.766	0.766
4.20	0.36	0.747	0.747
4.30	0.35	0.730	0.730
4.40	0.34	0.713	0.713
4.50	0.33	0.698	0.698
4.60	0.33	0.682	0.682
4.70	0.32	0.668	0.668
4.80	0.31	0.654	0.654
4.90	0.31	0.641	0.641
5.00	0.30	0.628	0.628

Vivienda Beta (recomendada):

PARAMETROS		
Zona	Z	0.4 (Tacna zona 3)
Uso	U	1.0 (edificación común)
Suelo	S	1.2 (suelo intermedio)
Period. Suelo	Tp	0.6 seg
Reducción X	Rx	3 (albañilería, regular)
Reducción Y	Ry	3 (albañilería, regular)



Espectros de Pseudo-aceleración sismo severo beta

T	C	Sa-x	Sa-y
0.01	2.50	3.924	3.924
0.10	2.50	3.924	3.924
0.20	2.50	3.924	3.924
0.30	2.50	3.924	3.924
0.40	2.50	3.924	3.924
0.50	2.50	3.924	3.924
0.60	2.50	3.924	3.924
0.70	2.14	3.363	3.363
0.80	1.88	2.943	2.943
0.90	1.67	2.616	2.616
1.00	1.50	2.354	2.354
1.10	1.36	2.140	2.140
1.20	1.25	1.962	1.962

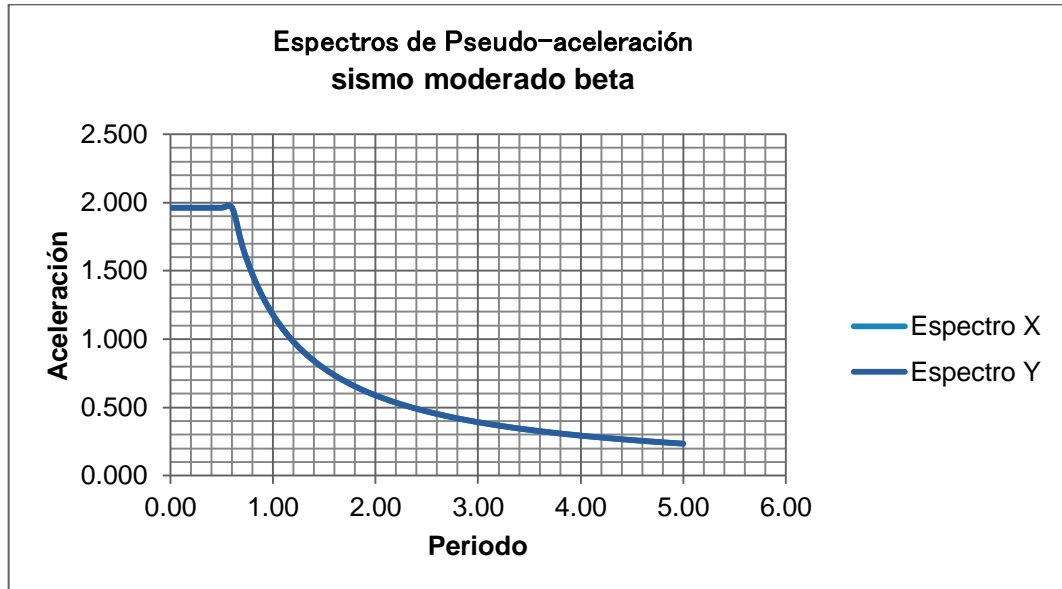
T	C	Sa-x	Sa-y
1.30	1.15	1.811	1.811
1.40	1.07	1.682	1.682
1.50	1.00	1.570	1.570
1.60	0.94	1.472	1.472
1.70	0.88	1.385	1.385
1.80	0.83	1.308	1.308
1.90	0.79	1.239	1.239
2.00	0.75	1.177	1.177
2.10	0.71	1.121	1.121
2.20	0.68	1.070	1.070
2.30	0.65	1.024	1.024
2.40	0.63	0.981	0.981
2.50	0.60	0.942	0.942
2.60	0.58	0.906	0.906
2.70	0.56	0.872	0.872
2.80	0.54	0.841	0.841
2.90	0.52	0.812	0.812
3.00	0.50	0.785	0.785
3.10	0.48	0.759	0.759
3.20	0.47	0.736	0.736
3.30	0.45	0.713	0.713
3.40	0.44	0.692	0.692
3.50	0.43	0.673	0.673
3.60	0.42	0.654	0.654
3.70	0.41	0.636	0.636

T	C	Sa-x	Sa-y
3.80	0.39	0.620	0.620
3.90	0.38	0.604	0.604
4.00	0.38	0.589	0.589
4.10	0.37	0.574	0.574
4.20	0.36	0.561	0.561
4.30	0.35	0.548	0.548
4.40	0.34	0.535	0.535
4.50	0.33	0.523	0.523
4.60	0.33	0.512	0.512
4.70	0.32	0.501	0.501
4.80	0.31	0.491	0.491
4.90	0.31	0.480	0.480
5.00	0.30	0.471	0.471

2) Espectros de pseudo-aceleración a usarse para sismo **moderado**:

Vivienda Beta:

PARAMETROS		
Zona	Z	0.4 (Tacna zona 3)
Uso	U	1.0 (edificación común)
Suelo	S	1.2 (suelo intermedio)
Period. Suelo	Tp	0.6 seg
Reducción X	Rx	6 (albañilería, regular)
Reducción Y	Ry	6 (albañilería, regular)



Espectros de Pseudo-aceleración sismo moderado beta

T	C	Sa-x	Sa-y
0.01	2.50	1.962	1.962
0.10	2.50	1.962	1.962
0.20	2.50	1.962	1.962
0.30	2.50	1.962	1.962
0.40	2.50	1.962	1.962
0.50	2.50	1.962	1.962
0.60	2.50	1.962	1.962
0.70	2.14	1.682	1.682
0.80	1.88	1.472	1.472
0.90	1.67	1.308	1.308
1.00	1.50	1.177	1.177
1.10	1.36	1.070	1.070

T	C	Sa-x	Sa-y
1.20	1.25	0.981	0.981
1.30	1.15	0.906	0.906
1.40	1.07	0.841	0.841
1.50	1.00	0.785	0.785
1.60	0.94	0.736	0.736
1.70	0.88	0.692	0.692
1.80	0.83	0.654	0.654
1.90	0.79	0.620	0.620
2.00	0.75	0.589	0.589
2.10	0.71	0.561	0.561
2.20	0.68	0.535	0.535
2.30	0.65	0.512	0.512
2.40	0.63	0.491	0.491
2.50	0.60	0.471	0.471
2.60	0.58	0.453	0.453
2.70	0.56	0.436	0.436
2.80	0.54	0.420	0.420
2.90	0.52	0.406	0.406
3.00	0.50	0.392	0.392
3.10	0.48	0.380	0.380
3.20	0.47	0.368	0.368
3.30	0.45	0.357	0.357
3.40	0.44	0.346	0.346
3.50	0.43	0.336	0.336
3.60	0.42	0.327	0.327

T	C	Sa-x	Sa-y
3.70	0.41	0.318	0.318
3.80	0.39	0.310	0.310
3.90	0.38	0.302	0.302
4.00	0.38	0.294	0.294
4.10	0.37	0.287	0.287
4.20	0.36	0.280	0.280
4.30	0.35	0.274	0.274
4.40	0.34	0.268	0.268
4.50	0.33	0.262	0.262
4.60	0.33	0.256	0.256
4.70	0.32	0.250	0.250
4.80	0.31	0.245	0.245
4.90	0.31	0.240	0.240
5.00	0.30	0.235	0.235

3.5.2 ANÁLISIS DE VIVIENDA ALFA – MEMORIA DE CÁLCULO

El análisis se hace siguiendo los planos A-1 y E-1 del **anexo 06**, donde se observan las medidas y los nombres asignados de los muros, así como el achurado de los muros portantes.

3.5.2.1 Estructuración

Muros

La estructura está compuesta en sus 2 direcciones principalmente por muros confinados. Se tiene muros de soga con poca rigidez y columnas cuadradas como usualmente se ven en estas viviendas.

Escaleras

Los descansos de la escalera se apoyan sobre muros y sobre una viga.

Alfeizar

Los alféizares de ventana no están aislados de la estructura principal.

3.5.2.2 Predimensionamiento

- 1) Espesor efectivo de muro "t"

ESPESOR EFECTIVO			
$t = \frac{h}{20}$	h =	2.6 m	
	t =	0.13 m	

Donde "h" es la altura libre de la albañilería. Con lo cual, se utilizará muros en aparejo de sogá con espesor efectivo igual a 13 cm (15 cm tarrajados).

- 2) Densidad mínima de muros

DENSIDAD MÍNIMA DE MUROS CONFINADOS			
$\frac{\sum L t}{A_p} \geq \frac{Z U S N}{56} =$			0.0171

Z =	0.4	Zona 3	
U =	1	Edificaciones Comunes	
S2 =	1.2	Suelos Intermedios	
N =	2		(Núm de pisos)
A _p =	112.35	m ²	(Área de planta)

En la tabla 7 se indica la longitud de los muros, su área de corte ($A_c = L t$), el número de muros de iguales características (N_m) y además se verifica que la densidad de muros que presenta el edificio en cada dirección excede al valor mínimo reglamentario (0.0171)

Tabla 7

1ER PISO**DIRECCION Y-Y**

Ladrillo de	Material	Muro	L (m)	t (m)	h (m)	A muro (m ²)
soga	Albañilería	Y1	4.5	0.12	2.6	0.54
soga	Albañilería	Y2	3.9	0.12	2.6	0.468
soga	Albañilería	Y3	3.25	0.12	2.6	0.39
soga	Albañilería	Y4	5.25	0.12	2.6	0.63
soga	Albañilería	Y8	3.25	0.12	2.6	0.39
soga	Albañilería	Y10	5.25	0.12	2.6	0.63
soga	Albañilería	Y11	4.5	0.12	2.6	0.54
soga	Albañilería	Y12	3.9	0.12	2.6	0.468
Σ =						4.056

2DO PISO**DIRECCION Y-Y**

Ladrillo de	Material	Muro	L (m)	t (m)	h (m)	A muro (m ²)
soga	Albañilería	Y1	4.5	0.12	2.6	0.54
soga	Albañilería	Y2	3.9	0.12	2.6	0.468
soga	Albañilería	Y3	3.25	0.12	2.6	0.39

soga	Albañilería	Y10	5.25	0.12	2.6	0.63
soga	Albañilería	Y11	4.5	0.12	2.6	0.54
soga	Albañilería	Y12	3.9	0.12	2.6	0.468
$\Sigma =$						3.036

Luego se comprueba si cumple con las condiciones:

Tabla 8

Densidad de Muros reforzados				
Dirección X-X				
		$\Sigma(Ac)$	$\Sigma(Ac)/Ap$	$> z_{usn}/56$
1º PISO		0.00	0.000	NO
2º PISO		0.00	0.000	NO

Dirección Y- Y				
		$\Sigma(Ac)$	$\Sigma(Ac)/Ap$	$> z_{usn}/56$
1º PISO		4.06	0.036	OK
2º PISO		3.04	0.027	OK

Ac : área de corte de muro

Se cumple con la densidad mínima solo en la dirección Y-Y, no se tiene muros confinados en la dirección X-X

3) Verificación del Esfuerzo Axial por Cargas de Gravedad

La resistencia admisible (F_a) a compresión en los muros de albañilería es:

VERIFICACIÓN DE CARGA AXIAL MÁXIMA POR CARGAS DE GRAVEDAD	
$\sigma_m = \frac{P_m}{L t} \leq F_a = 0.2 f' m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right] \leq 0.15 f' m$	
$f' m = 458.2 \text{ t/m}^2$	$h = 2.6 \text{ m} \quad t = 0.12 \text{ m}$

$$0.2 f' m [1-(\quad)] \leq 0.15 f' m$$

$$F_a = \quad \mathbf{61.72 \text{ t/m}^2} \leq 68.73 \text{ t/m}^2 \quad \mathbf{OK}$$

Revisando la zona central del muro más esforzado (Y4) y contemplando al 100% de sobrecarga, se tiene:

P_m de muro más esforzado

P_m : PD + PL (Carga axial de servicio con sobrecarga)

Muro esforzado = Y4

$$L = 5.25 \text{ m} \quad t = 0.12 \text{ m}$$

Ancho tributario = 2.575 m

PD y PL	carga unit	acabados	S/C	T/m	N	Total
Azotea	0.3	0.1	0.1	0.5	1	0.5
Entrepiso	0.3	0.1	0.2	0.6	1	0.6
PP muro	1.098	x	5.25	5.764	2	11.529
						12.629

$$\begin{array}{rcl}
 \mathbf{Pm} = & 12.629 & \times \mathbf{AT} = & \mathbf{32.52} & \mathbf{T/m} \\
 & \mathbf{Pm}/(\mathbf{L.t}) & \leq & \mathbf{Fa} & \\
 & 51.62 & \leq & 61.72 & \mathbf{OK} \\
 & \mathbf{T/m^2} & & \mathbf{T/m^2} &
 \end{array}$$

En consecuencia, por carga vertical, es posible emplear muros en aparejo de sogá ($t = 13 \text{ cm}$) en el sentido Y-Y, pero el sentido X-X no cumple con los requisitos mínimos.

3.5.2.3 *Metrado de cargas*

Las cargas actuantes en cada muro se obtienen sumando las cargas directas (peso propio, peso de soleras, dinteles, ventanas y alféizares) más las cargas indirectas (provenientes de la losa del techo: peso propio, acabados y sobrecarga).

✓ *Cargas Directas e Indirectas*

Para obtener las cargas directas e indirectas se determinará las cargas repartidas por unidad de longitud en cada sección vertical típica (Fig. 33) y se aplican las cargas provenientes de la losa del techo en un modelo de ETABS, empleando las cargas unitarias de 3.3.4.3.

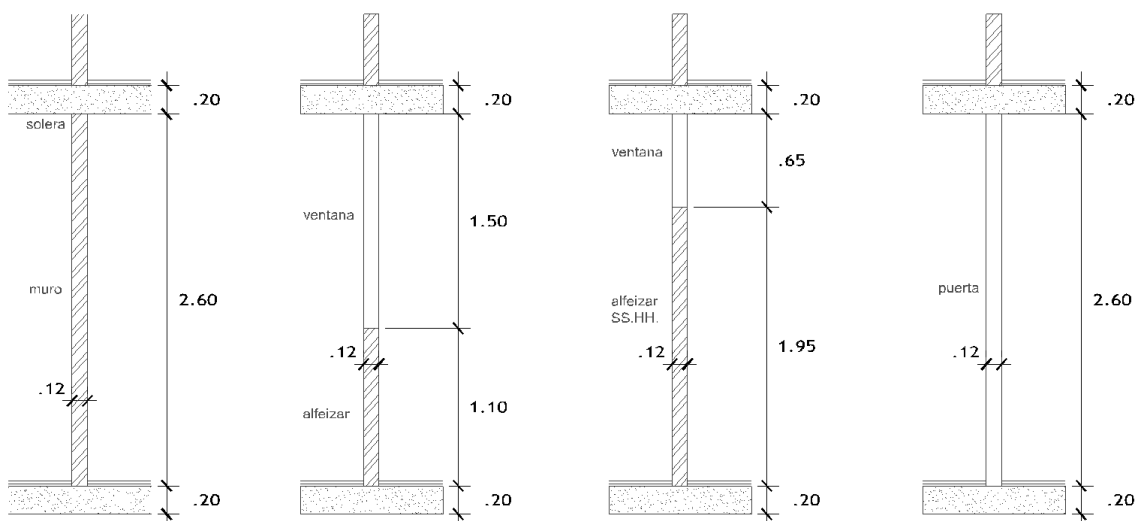


Fig. 33: peso propio de los muros de albañilería

- ✓ El edificio presenta una escalera cuyos tramos se apoyan en el muro Y11 y en el eje B'. El peso de esta escalera y las reacciones se muestran en la Fig. 34.

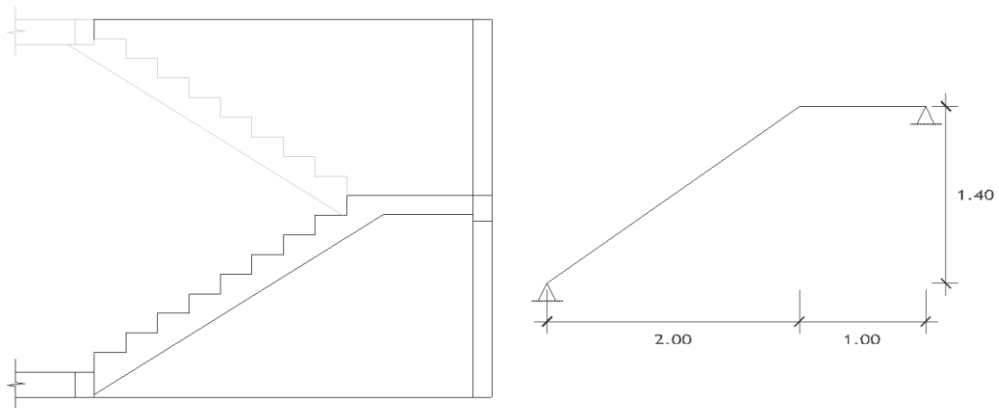
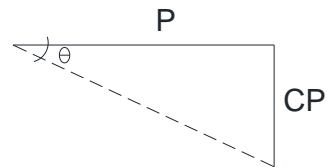


Fig. 34: escalera de vivienda Alfa

Ancho de losa: $b = 1\text{m}$
 Espesor de Losa: $t = 0.15\text{m}$
 Paso = 0.25m
 Contrapaso = 0.155m



FUERZAS EN ESCALERA

TRAMO INCLINADO

$$PP = 2.4 \times b \times \left(\frac{cp}{2} + t \sqrt{1 + \left(\frac{cp}{p} \right)^2} \right)$$

Carga Muerta

Peso Propio	0.61 t/ml
acabado	0.1 t/ml
WD	0.71 t/ml

Carga Viva	WL	0.2 T/ml
-------------------	-----------	-----------------

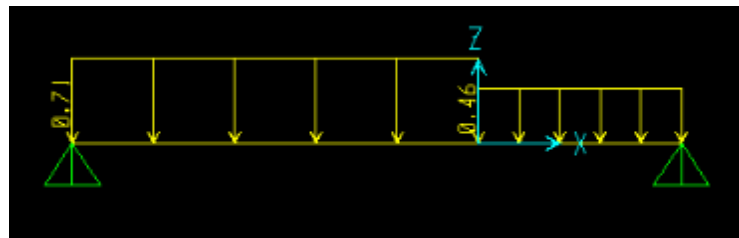
TRAMO HORIZONTAL

$$PP = b \times t \times 2.4$$

Carga Muerta

Peso Propio	0.36 T/ml
acabado	0.1 T/ml
WD	0.46 T/ml

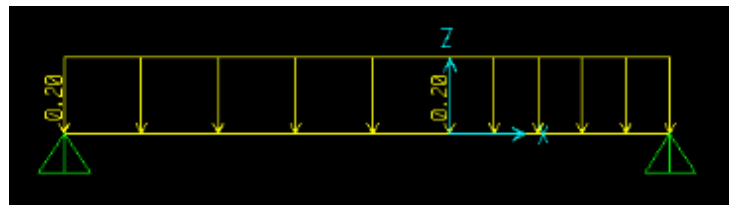
Carga Viva	WL	0.2 T/ml
-------------------	-----------	-----------------



$$RA = 1.07 \text{ t}$$

$$RB = 0.91 \text{ t}$$

Fig. 35 : Carga Muerta en escalera



$$RA = 0.28 \text{ t}$$

$$RB = 0.28 \text{ t}$$

Fig. 36 : Carga Viva en escalera

Para los metrados de cargas se diseñó un modelo en ETABS con las dimensiones y materiales que se indican de la vivienda alfa, calculándose el peso total de la estructura y las cargas en los muros de los diferentes niveles. (Fig. 37)

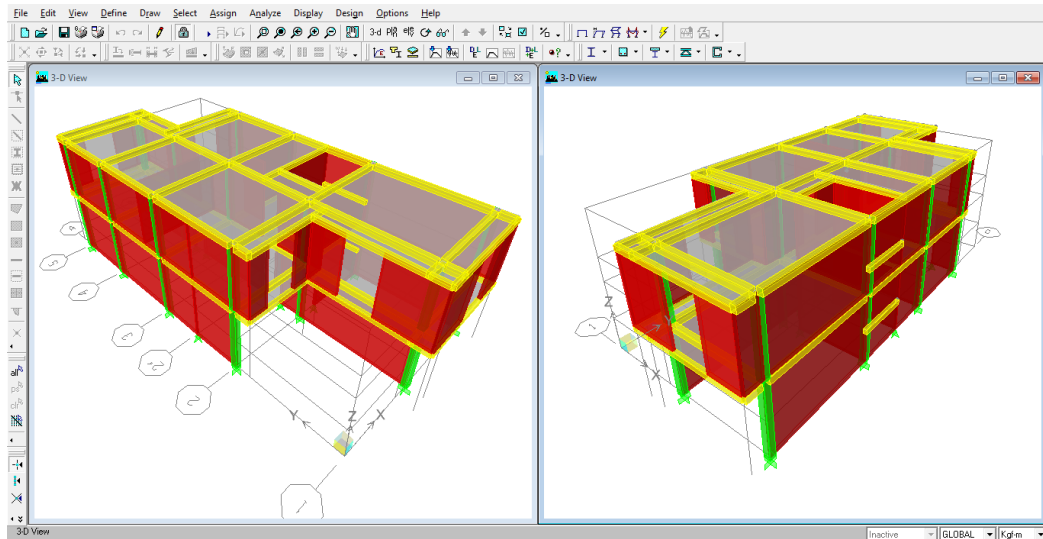


Fig. 37 : modelo para peso total de la estructura (vivienda alfa)

3.5.2.4 *Análisis ante sismo severo*

Para el análisis y diseño ante sismo se trabaja solo con los muros, portantes y no portantes, y no con los elementos de arriostre.

Primero se hará el análisis dinámico con sismo severo para comprobar que no sobrepasa su límite de reparación fijado en una deriva de 0.005

La aplicación de las cargas será con el 25% de la sobrecarga:

$$P_g = PD + 0.25PL.$$

(Fig. 38 y 39)

Luego se hace el análisis de los resultados para verificar su cumplimiento con la norma (Tabla 9)

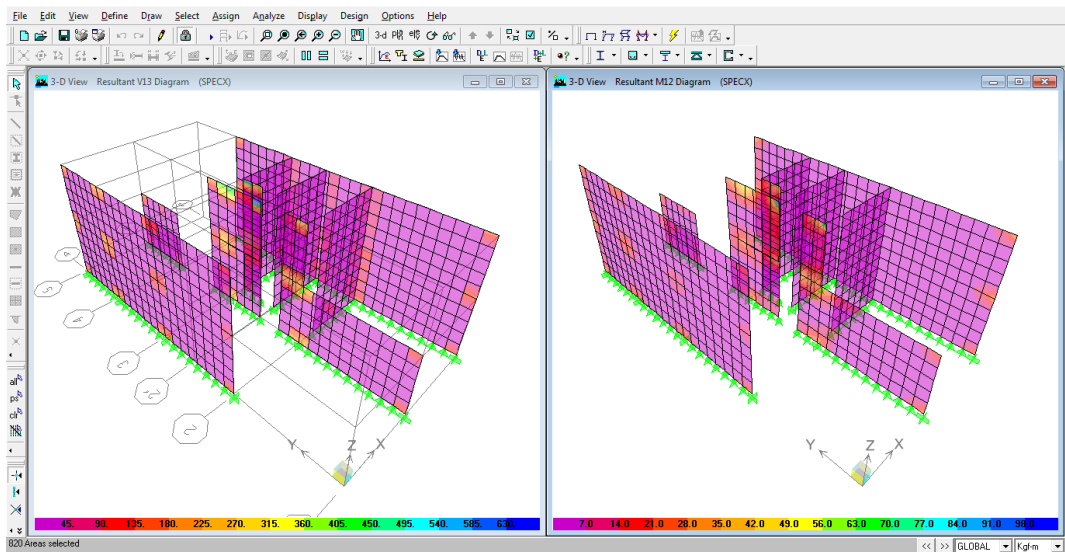


Fig. 38 : resultante de las fuerzas de corte y momento aplicándose el sismo severo en el sentido X-X (vivienda alfa)

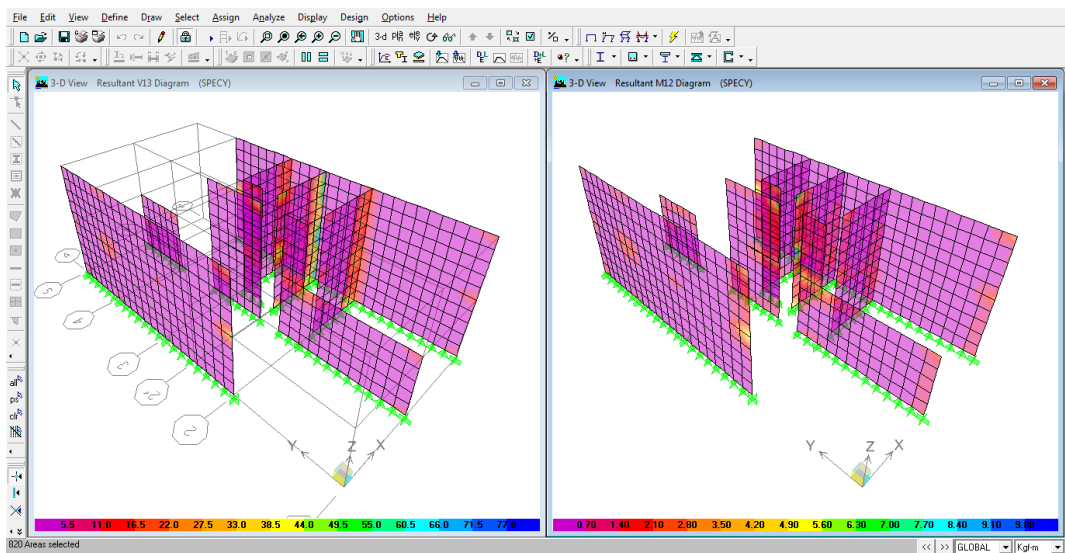


Fig. 39 : resultante de las fuerzas de corte y momento aplicándose el sismo severo en el sentido Y-Y (vivienda alfa)

Tabla 9

DESPLAZAMIENTOS						
Story	Diaphragm	Load	Desp. Inelastica		Desp. Elastica	
			UX	UY	UX	UY
STORY2	D2	SPECX	1.038	0.009	2.335	0.019
STORY2	D2	SPECY	0.007	0.192	0.016	0.433
STORY1	D1	SPECX	0.504	0.002	1.135	0.004
STORY1	D1	SPECY	0.006	0.098	0.014	0.221

Unidad: cm

Tabla 10

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	Dist. Inelastica		Dist. Elastica	
							DriftX	DriftY	DriftX	DriftY
STORY2	Diaph D2 X	SPECX	32	4.475	16.625	5.8	0.002113		0.004754	
STORY2	Diaph D2 Y	SPECX	113	0	13.9	5.8		0.000129		0.000290
STORY2	Diaph D2 X	SPECY	36	3.025	-0.725	5.8	0.000100		0.000225	
STORY2	Diaph D2 Y	SPECY	116	0	15.4	5.8		0.000357		0.000803
STORY1	Diaph D1 X	SPECX	22	0	15.9	3	0.001946		0.004379	
STORY1	Diaph D1 Y	SPECX	99	0	5.531	3		0.000148		0.000333
STORY1	Diaph D1 X	SPECY	22	0	15.9	3	0.000120		0.000270	
STORY1	Diaph D1 Y	SPECY	161	7.75	12.379	3		0.000359		0.000808

La distorsión máxima tolerable es 0.005, como se observa ningún resultado lo sobrepasa, entonces se tiene muros reparables en caso de sismo severo.

Ahora se hace el cálculo de la Fuerza Cortante Basal Estática y Dinámica, con los cuales se calcula el Factor de Escala de Diseño que se aplicará en el análisis por sismo moderado. Este factor de escala se calcula para cumplir con la Fuerza Cortante Mínima en la Base de acuerdo a la norma E.030.

Tabla 11

METRADO DE CARGAS						
Story	Diaphragm	MassX	MassY	MMI	XM	YM
STORY2	D2	6.71	6.71	207.089	4.034	8.182
STORY1	D1	8.72	8.72	262.164	4.172	8.143
		9.807	15.42			
		PESO	151.26	T-f		

Tabla 12

CORTANTE BASAL ESTATICA		
	100%	90%
Vx	80.6721	72.605
Vy	80.672	72.605

Z =	0.40
U =	1.00
C =	2.50
S =	1.20
Rx=	2.25
Ry=	2.25

Tabla 13

CORTANTE BASAL DINAMICA								
Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
STORY2	SPECX	Top	0	43.13	0.74	371.83	0.00	0.00
STORY2	SPECX	Bottom	0	43.13	0.74	371.84	2.08	121.10
STORY2	SPECY	Top	0	1.27	42.89	179.22	0.00	0.00
STORY2	SPECY	Bottom	0	1.27	42.89	179.22	120.18	3.56
STORY1	SPECX	Top	0	72.03	1.25	622.81	2.08	121.10
STORY1	SPECX	Bottom	0	72.03	1.25	622.82	5.71	333.66
STORY1	SPECY	Top	0	1.25	72.99	336.74	120.18	3.56
STORY1	SPECY	Bottom	0	1.25	72.99	336.74	335.36	2.78

Tabla 14

FACTOR DE ESCALA PARA DISEÑO			
CALCULADO		FINAL	
fr.x	1.0049815	fr.x	1.00
fr.y	0.9947241	fr.y	1.00

Entonces no se tendrá que escalar los resultados en el análisis por sismo moderado.

3.5.2.5 *Análisis ante sismo moderado*

Para el análisis y diseño ante sismo se trabaja solo con los muros, portantes y no portantes, y no con los elementos de arriostre.

La aplicación de las cargas será con el 25% de la sobrecarga:

$$P_g = PD + 0.25PL.$$

Se hace el análisis ante sismo moderado para el diseño y verificación de la resistencia y rigidez de la estructura a través de los muros, para que permitan que la estructura se comporte elásticamente ante los sismos moderados.

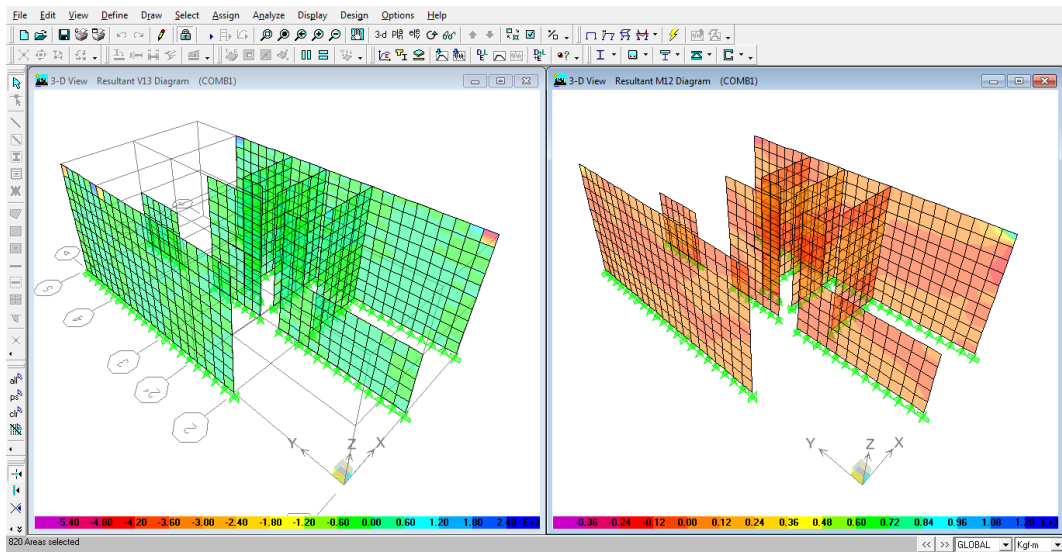


Fig. 40 : resultante de las fuerzas de corte y momento aplicándose las cargas directas e indirectas en los muros (vivienda alfa)

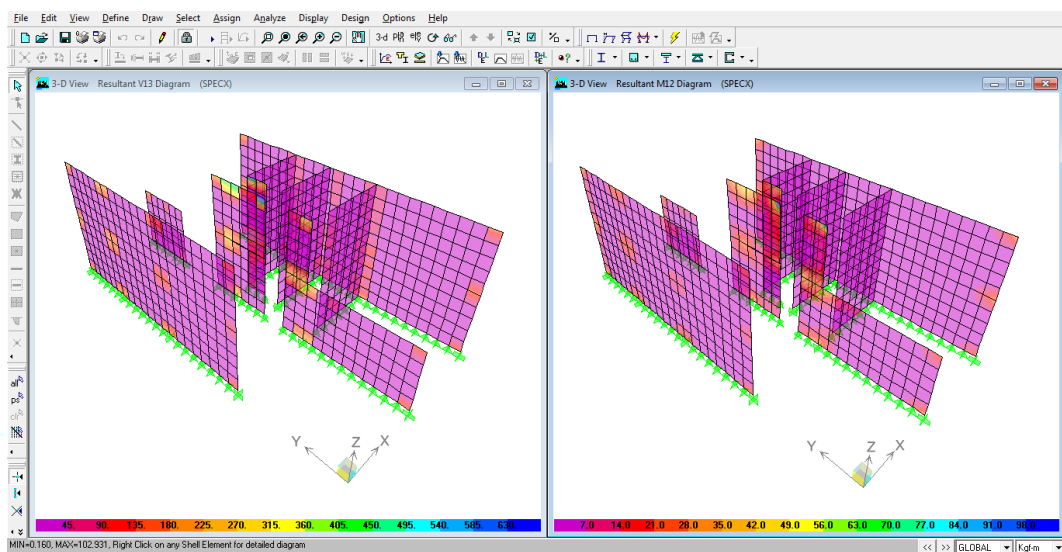


Fig. 41 : resultante de las fuerzas de corte y momento el sismo moderado en el sentido X-X (vivienda alfa)

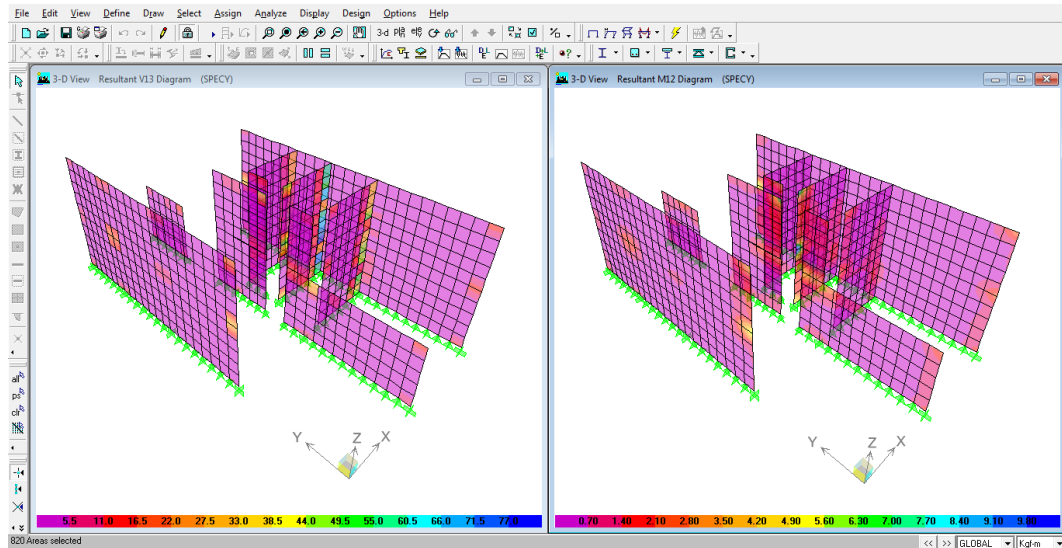


Fig. 42 : resultante de las fuerzas de corte y momento el sismo moderado en el sentido Y-Y (vivienda alfa)

Y se tienen las siguientes fuerzas internas en los muros:

V_e = fuerza cortante (t) producida por el sismo moderado

M_e = momento flector (t-m) producido por el sismo moderado

Tabla 15

1ER PISO

DIRECCION X-X

Muro	L	t	Pg (t)	V_e (t)	M_e (t-m)
X1'	3.2	0.12	9.33	21.11	40.777
X2'	3.2	0.12	7.75	21.79	42.797
X3'	3.2	0.12	7.48	28.24	36.735

1ER PISO

DIRECCION Y-Y

Muro	L	t	Pg (t)	V_e (t)	M_e (t-m)
Y1	4.5	0.12	-14.48	7.81	12.536
Y2	3.9	0.12	-12.73	7.65	4.593
Y3	3.25	0.12	-12.93	5.26	6.479
Y4	5.25	0.12	-18.42	10.11	17.469

Y8	3.25	0.12	-13.92	3.29	9.359
Y10	5.25	0.12	-15.96	12.22	18.818
Y11	4.5	0.12	-10.11	12.66	6.05
Y12	3.9	0.12	-11.95	8.27	10.955

2DO PISO**DIRECCION X-X**

Muro	L	t	Pg (t)	Ve (t)	Me (t-m)
X1'	3.2	0.12	6.33	12.24	13.687
X2'	3.2	0.12	2.36	11.09	13.362
X3'	3.2	0.12	4.37	18.92	13.5

2DO PISO**DIRECCION Y-Y**

Muro	L	t	Pg (t)	Ve (t)	Me (t-m)
Y1	4.5	0.12	-7.18	6.57	5.243
Y2	3.9	0.12	-6.23	8.45	3.838
Y3	3.25	0.12	-7.47	3.82	2.358
Y10	5.25	0.12	-7.91	7.59	6.195
Y11	4.5	0.12	-4.93	10.94	4.524
Y12	3.9	0.12	-6.25	4.53	2.76

3.5.2.6 Diseño de la albañilería confinada

Con todos los datos recolectados se procederá al diseño de los muros, este es un trabajo iterativo en donde se verifica que se cumpla los márgenes para el control de fisuración, la resistencia al agrietamiento diagonal y resistencia al corte. En caso de no cumplirse con los márgenes se debe rediseñar la distribución, espesor o material de los muros portantes.

Cuando se ha terminado de rediseñar los muros se procede a verificar la necesidad de refuerzo horizontal en el muro, la verificación del agrietamiento diagonal en los entresijos superiores y el diseño de los elementos de confinamiento.

La nomenclatura que se emplea es similar a RNE E.070:

- L = longitud total del muro (m)
- P_g = carga axial de gravedad = $PD + 0.25PL$ (ver Tabla 15 y 24)
- V_e, M_e = fuerza cortante y momento flector por sismo moderado (ver las Tablas 15 y 24)
- $1/3 \leq \alpha = V_e L / M_e \leq 1.0$ factor de reducción de la resistencia al corte por esbeltez
- $V_m = 0.5 v' m a t L + 0.23 P_g$ = resistencia a fuerza cortante
- $V_m = 0.5 \times 81 \times a \times 0.13 \times L + 0.23 P_g = 5.265 a L + 0.23 P_g$ (para el edificio en análisis)
- $t = 0.13$ m = espesor efectivo de los muros
- $v' m$ = resistencia a corte puro de los muretes de albañilería = 3.84 kg/cm^2 (ver la sección 4.3.2)
- $2.0 \leq V_{m1} / V_{e1} \leq 3.0$ factor de amplificación para pasar a condición de sismo severo
- $V_u = V_e (V_{m1} / V_{e1})$ = fuerza cortante última ante sismo severo
- $M_u = M_e (V_{m1} / V_{e1})$ = momento flector último ante sismo severo
- V_E = cortante de entresijo ante sismo severo (ver Tabla 13 y 22)

Cabe resaltar que el factor de carga " V_{m1}/V_{e1} " se calcula sólo para el primer piso de cada muro.

Una vez realizados los cálculos (Tablas 50 a 53), deberá verificarse lo siguiente:

- ✓ Ningún muro debe agrietarse ante el sismo moderado: $V_e \leq 0.55V_m$. De no cumplirse esta expresión, donde puede aceptarse hasta 5% de error, deberá cambiarse la calidad de la albañilería, el espesor del muro, o convertirlo en placa de concreto armado; en los dos últimos casos, deberá reanalizarse el edificio.

- ✓ En cualquier piso, la resistencia global a fuerza cortante (ΣV_m) deberá ser mayor o igual a la fuerza cortante producida por el sismo severo (V_E). De no cumplirse esta expresión, deberá cambiarse en algunos muros la calidad de la albañilería, su espesor, o convertirlos en placas de concreto armado, reanalizando al edificio en los 2 últimos casos. Cuando se tenga exceso de resistencia ($\Sigma V_m > V_E$), se podrá dejar de confinar algunos muros internos.
- ✓ Cuando $\Sigma V_m > 3 V_E = R V_E$, culmina el diseño y se coloca refuerzo mínimo. Esta expresión indica que todos los muros del edificio se comportarán elásticamente ante el sismo severo.
- ✓ Todo muro de un piso superior que tenga $V_u \geq V_m$, se agrietará por corte, y se diseñará como un muro del primer piso. En esta expresión puede admitirse hasta 5% de error.
- ✓ En cada entrepiso superior al primero, deberá verificarse para cada muro confinado que $V_m > V_u$
- ✓ Todo muro confinado donde $V_u \geq V_m$, o que tenga $\sigma_m = P_m / (L_t) \geq 0.05 f'_m$, requerirá refuerzo horizontal continuo anclado en las columnas de confinamiento.

Tabla 16

Sismo en X-X, PISO 1

Muro	L (m)	t	Pg (t)	Ve (t)	Me (t-m)	α	Vm (t)	0.55 Vm	Vm1/ Ve1	Vu (t)	Mu (t-m)	Pm (t)	σ m
X1'	3.2	0.12	9.330	21.1100	40.777	1.000	9.519	5.235	2.00	42.220	81.554	10.560	27.500
X2'	3.2	0.12	7.750	21.7900	42.797	1.000	9.155	5.035	2.00	43.580	85.594	8.820	22.969
X3'	3.2	0.12	7.480	28.2400	36.735	1.000	9.093	5.001	2.00	56.480	73.470	8.480	22.083

Sismo en Y-Y, PISO 1

Muro	L (m)	t	Pg (t)	Ve (t)	Me (t-m)	α	Vm (t)	0.55 Vm	Vm1/ Ve1	Vu (t)	Mu (t-m)	Pm (t)	σ m
Y1	4.5	0.12	14.480	7.810	12.536	1.000	13.698	7.534	1.75	13.698	21.988	16.580	30.704
Y2	3.9	0.12	12.730	7.650	4.593	1.000	11.914	6.552	1.56	11.914	7.153	14.590	31.175
Y3	3.25	0.12	12.930	5.260	6.479	1.000	10.462	5.754	1.99	10.462	12.886	14.780	37.897
Y4	5.25	0.12	18.420	10.110	17.469	1.000	16.333	8.983	1.62	16.333	28.221	21.490	34.111
Y8	3.25	0.12	13.920	3.290	9.359	1.000	10.690	5.879	3.00	9.870	28.077	16.270	41.718
Y10	5.25	0.12	15.960	12.220	18.818	1.000	15.767	8.672	1.29	15.767	24.280	18.220	28.921
Y11	4.5	0.12	10.110	12.660	6.050	1.000	12.693	6.981	1.00	12.693	6.066	11.400	21.111
Y12	3.9	0.12	11.950	8.270	10.955	1.000	11.734	6.454	1.42	11.734	15.544	13.580	29.017

Tabla 17

Sismo en X-X, PISO 2

Muro	L (m)	t	Pg (t)	Ve (t)	Me (t-m)	α	Vm (t)	0.55 Vm	Vm1/ Ve1	Vu (t)	Mu (t-m)	Pm (t)	σ m
X1'	3.2	0.12	6.330	12.240	13.687	1.000	8.829	4.856	2.00	24.480	27.374	7.190	18.724
X2'	3.2	0.12	2.360	11.090	13.362	1.000	7.916	4.354	2.00	22.180	26.724	2.640	6.875
X3'	3.2	0.12	4.370	18.920	13.500	1.000	8.378	4.608	2.00	37.840	27.000	4.970	12.943

Sismo en Y-Y, PISO 2

Muro	L (m)	t	Pg (t)	Ve (t)	Me (t-m)	α	Vm (t)	0.55 Vm		Vu (t)	Mu (t-m)	Pm (t)	σ m
Y1	4.5	0.12	7.180	6.570	5.243	1.000	12.019	6.611	1.75	11.523	9.196	7.960	14.741
Y2	3.9	0.12	6.230	8.450	3.838	1.000	10.419	5.730	1.56	13.159	5.977	6.940	14.829
Y3	3.25	0.12	7.470	3.820	2.358	1.000	9.206	5.063	1.99	7.598	4.690	8.350	21.410
Y10	5.25	0.12	7.910	7.590	6.195	1.000	13.915	7.653	1.29	9.793	7.993	8.670	13.762
Y11	4.5	0.12	4.930	10.940	4.524	1.000	11.502	6.326	1.00	10.969	4.536	5.470	10.130
Y12	3.9	0.12	6.250	4.530	2.760	1.000	10.423	5.733	1.42	6.428	3.916	6.850	14.637

* Se ha resaltado las casillas con los resultados que no corresponden con las condiciones aceptadas para el diseño

3.5.3 ANÁLISIS DE VIVIENDA BETA – MEMORIA DE CÁLCULO

3.5.3.1 Estructuración

Muros

La estructura está compuesta en sus 2 direcciones principalmente por muros confinados. Se tiene dos muros de cabeza para compensar rigideces y columnas en L para evitar problemas de torsión.

Escaleras

Los descansos de la escalera se apoyan sobre muros y sobre una viga.

Alfeizar

Los alféizares de ventana serán aislados de la estructura principal.

3.5.3.2 Predimensionamiento

- 1) Espesor efectivo de muro "t"

ESPESOR EFECTIVO		
$t = \frac{h}{20}$	h =	2.4 M
	t =	0.12 m

Donde "h" es la altura libre de la albañilería. Con lo cual, se utilizará muros en aparejo de sogá con espesor efectivo igual a 13 cm (15 cm tarrajados).

- 2) Densidad mínima de muros

DENSIDAD MÍNIMA DE MUROS CONFINADOS		
$\frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{ZUSN}{56} =$		0.0171

$$Z = 0.4 \quad \text{Zona 3}$$

U =	1	Edificaciones Comunes
S2 =	1.2	Suelos Intermedios
N =	2	Núm de pisos
Ap =	101.6 m ²	Área de planta

En la tabla 16 se indica la longitud de los muros, su área de corte ($A_c = L t$), el número de muros de iguales características (Nm) y además se verifica que la densidad de muros que presenta el edificio en cada dirección exceda al valor mínimo (0.0171)

Tabla 18

1ER PISO**DIRECCION X-X**

Ladrillo de	Material	Muro	L (m)	t (m)	h (m)	A muro (m ²)
cabeza	Albañilería	X3	4	0.30	2.4	1.20
soga	Albañilería	X4	3	0.12	2.4	0.36
soga	Albañilería	X5	3	0.12	2.4	0.36
cabeza	Albañilería	X6	3	0.30	2.4	0.90
Σ =						2.82

1ER PISO**DIRECCION Y-Y**

Ladrillo de	Material	Muro	L (m)	t (m)	h (m)	Amuro (m ²)
soga	Albañilería	Y1	2.85	0.12	2.4	0.342
soga	Albañilería	Y2	2.80	0.12	2.4	0.336
soga	Albañilería	Y3	2.30	0.12	2.4	0.276
soga	Albañilería	Y4	2.45	0.12	2.4	0.294
soga	Albañilería	Y5	2.30	0.12	2.4	0.276
soga	Albañilería	Y6	2.30	0.12	2.4	0.276

soga	Albañilería	Y8	2.80	0.12	2.4	0.336
soga	Albañilería	Y13	2.85	0.12	2.4	0.342
soga	Albañilería	Y14	2.80	0.12	2.4	0.336
soga	Albañilería	Y15	2.3	0.12	2.4	0.276
soga	Albañilería	Y16	2.45	0.12	2.4	0.294
soga	Albañilería	Y17	2.3	0.12	2.4	0.276
$\Sigma =$						3.66

2DO PISO

DIRECCION X-X

Ladrillo de	Material	Muro	L (m)	t (m)	h (m)	Amuro (m2)
cabeza	Albañilería	X3	4	0.3	2.4	1.2
soga	Albañilería	X4	3	0.12	2.4	0.36
soga	Albañilería	X5	3	0.12	2.4	0.36
cabeza	Albañilería	X6	3	0.3	2.4	0.9
$\Sigma =$						2.82

2DO PISO

DIRECCION Y-Y

Ladrillo de	Material	Muro	L (m)	t (m)	h (m)	Amuro (m2)
soga	Albañilería	Y1	2.85	0.12	2.4	0.342
soga	Albañilería	Y2	2.8	0.12	2.4	0.336
soga	Albañilería	Y3	2.3	0.12	2.4	0.276
soga	Albañilería	Y4	2.45	0.12	2.4	0.294
soga	Albañilería	Y5	2.3	0.12	2.4	0.276
soga	Albañilería	Y6	0	0.12	2.4	0
soga	Albañilería	Y8	1.55	0.12	2.4	0.186
soga	Albañilería	Y13	2.85	0.12	2.4	0.342

soga	Albañilería	Y14	2.8	0.12	2.4	0.336
soga	Albañilería	Y15	2.3	0.12	2.4	0.276
soga	Albañilería	Y16	2.45	0.12	2.4	0.294
soga	Albañilería	Y17	2.3	0.12	2.4	0.276
Σ =						3.234

Luego se comprueba si cumple con las condiciones

Tabla 19

Densidad de Muros confinados			
Dirección X-X			
	$\Sigma(Ac)$	$\Sigma(Ac)/Ap$	$> z_{usn}/56$
1º PISO	2.82	0.028	OK
2º PISO	2.82	0.028	OK
Dirección Y-Y			
	$\Sigma(Ac)$	$\Sigma(Ac)/Ap$	$> z_{usn}/56$
1º PISO	3.66	0.036	OK
2º PISO	3.23	0.032	OK

Ac : área de corte de muro

Se cumple con la densidad mínima tanto en la dirección X-X y Y-Y

3) Verificación del Esfuerzo Axial por Cargas de Gravedad

La resistencia admisible (Fa) a compresión en los muros de albañilería es:

VERIFICACIÓN DE CARGA AXIAL MAXIMA POR CARGAS DE GRAVEDAD

$$\sigma_m = \frac{Pm}{Lt} \leq Fa = 0.2 f'm \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15 f'm$$

$$f'm = 458.2 \text{ T/m}^2 \quad h = 2.4 \text{ m} \quad t = 0.12 \text{ m}$$

$$0.2 f'm [1-(\quad)] \leq 0.15 f'm$$

$$Fa = \quad \mathbf{61.72} \leq 68.73 \quad \mathbf{OK}$$

$$\text{T/m}^2 \quad \text{T/m}^2$$

Revisando la zona central del muro más esforzado (Y11) y contemplando al 100% de sobrecarga, se tiene:

Pm de muro más esforzado

Muro = Y11 = D 5-6

Ancho Tributario (AT) = 3.10 m (de cocina y estudio)

Pm : PD + PL (Carga axial de servicio con sobrecarga)

	carga unit	acabados	S/C	t/m	N	carga axial total
Azotea	0.3	0.1	0.1	0.5	1	0.5
Entrepiso	0.3	0.1	0.2	0.6	1	0.6
PP muro	0.1529	x	2.4	0.36696	2	0.734
						1.834

$$Pm = 1.834 \times AT$$

$$Pm = \mathbf{5.685 \text{ t/m}}$$

$$L = 2.3 \text{ m}$$

$$t = 0.12 \text{ m}$$

$$Pm/Lt \leq Fa$$

$$\mathbf{20.60} \leq 61.72 \quad \mathbf{OK}$$

$$\text{t/m}^2 \quad \text{t/m}^2$$

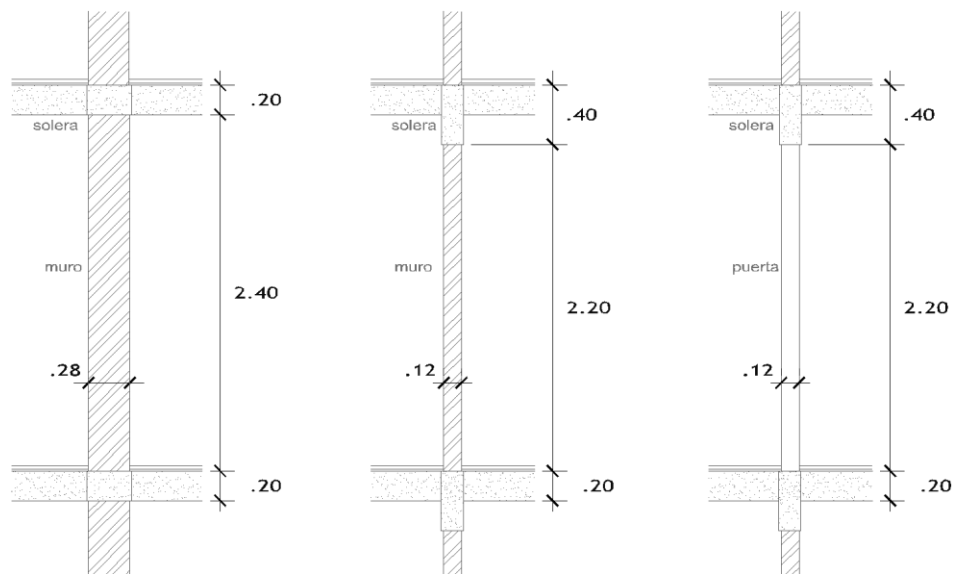
Es posible emplear muros de soga $t = 0.12 \text{ m}$ y una albañilería de calidad intermedia con $f'm = 45.82 \text{ kg/cm}^2$

3.5.3.3 *Metrado de cargas*

Las cargas actuantes en cada muro se obtienen sumando las cargas directas (peso propio, peso de soleras, dinteles, ventanas y alféizares) más las cargas indirectas (provenientes de la losa del techo: peso propio, acabados y sobrecarga).

✓ *Cargas Directas e Indirectas*

Para obtener las cargas directas e indirectas se determinará las cargas repartidas por unidad de longitud en cada sección vertical típica (Fig. 43) y se aplican las cargas provenientes de la losa del techo en un modelo de ETABS, empleando las cargas unitarias de 3.3.4.3.



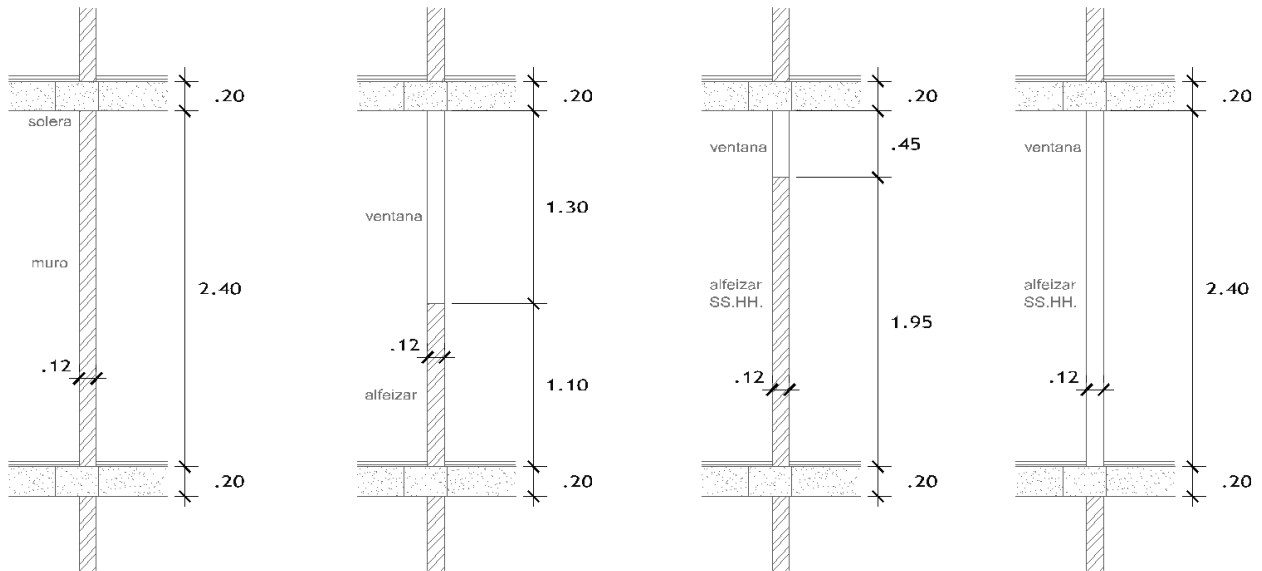


Fig. 43: secciones verticales típicas de muros

El edificio presenta una escalera cuyos tramos apoyan en el muro E 2-3 y en el eje D. El peso de esta escalera y las reacciones se muestran en la Fig. 44.

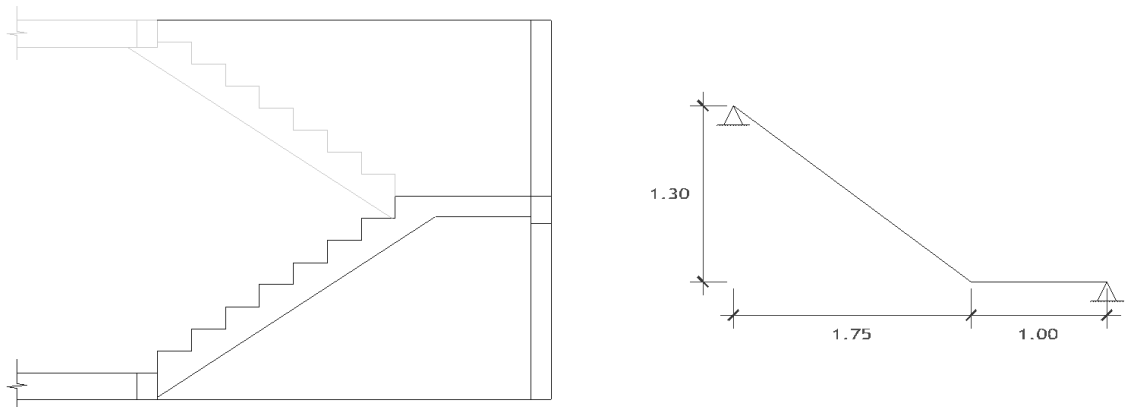
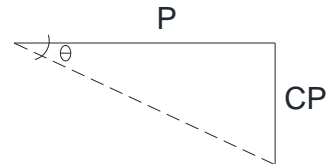


Fig. 44: escalera de vivienda Beta

Ancho de losa: $b = 1\text{m}$
 Espesor de Losa: $t = 0.15\text{m}$
 Paso = 0.25m
 Contrapaso = 0.1625m



FUERZAS EN ESCALERA

TRAMO INCLINADO

$$PP = 2.4 \times b \times \left(\frac{cp}{2} + t \sqrt{1 + \left(\frac{cp}{p} \right)^2} \right)$$

Carga Muerta

Peso Propio	0.62 t/ml
acabado	0.1 t/ml
WD	0.72 t/ml

Carga Viva **WL** **0.2 T/ml**

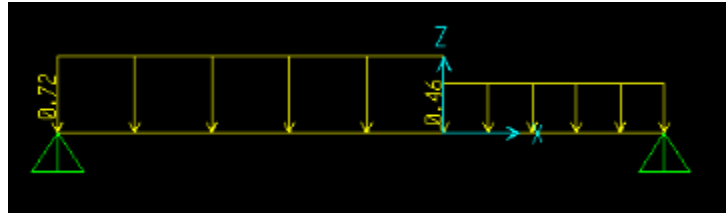
TRAMO HORIZONTAL

$$PP = b \times t \times 2.4$$

Carga Muerta

Peso Propio	0.36 T/ml
acabado	0.1 T/ml
WD	0.46 T/ml

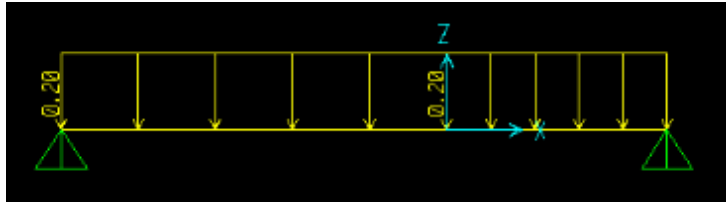
Carga Viva **WL** **0.2 T/ml**



$$R_A = 0.99 \text{ T}$$

$$R_B = 0.82 \text{ T}$$

Fig. 45 : Carga Muerta



$$R_A = 0.28 \text{ T}$$

$$R_B = 0.28 \text{ T}$$

Fig. 46 : Carga Viva

Para los metrados de cargas se diseñó un modelo en ETABS con las dimensiones y materiales que se indican de la vivienda beta, calculándose el peso total de la estructura y las cargas en los muros de los diferentes niveles (Fig 47)

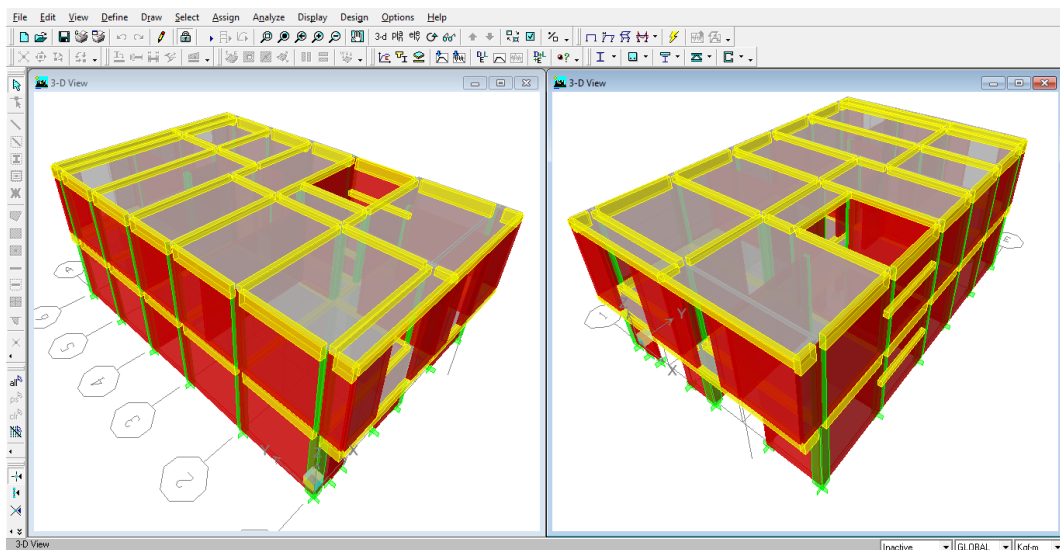


Fig. 47: modelo para peso total de la estructura (vivienda beta)

3.5.3.4 Análisis ante sismo severo

Para el análisis y diseño ante sismo se trabaja solo con los muros, portantes y no portantes, y no con los elementos de arriostre.

Primero se hará el análisis dinámico con sismo severo para comprobar que no sobrepasa su límite de reparación fijado en una deriva de 0.005

La aplicación de las cargas será con el 25% de la sobrecarga:

$$P_g = PD + 0.25PL.$$

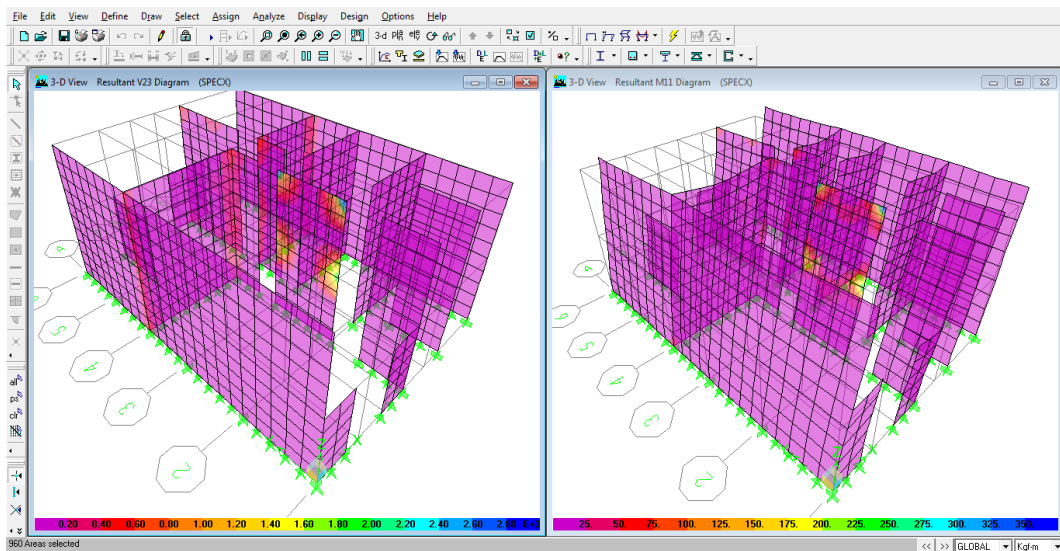


Fig. 48 : resultante de las fuerzas de corte y momento aplicándose el sismo severo en el sentido X-X (vivienda beta)

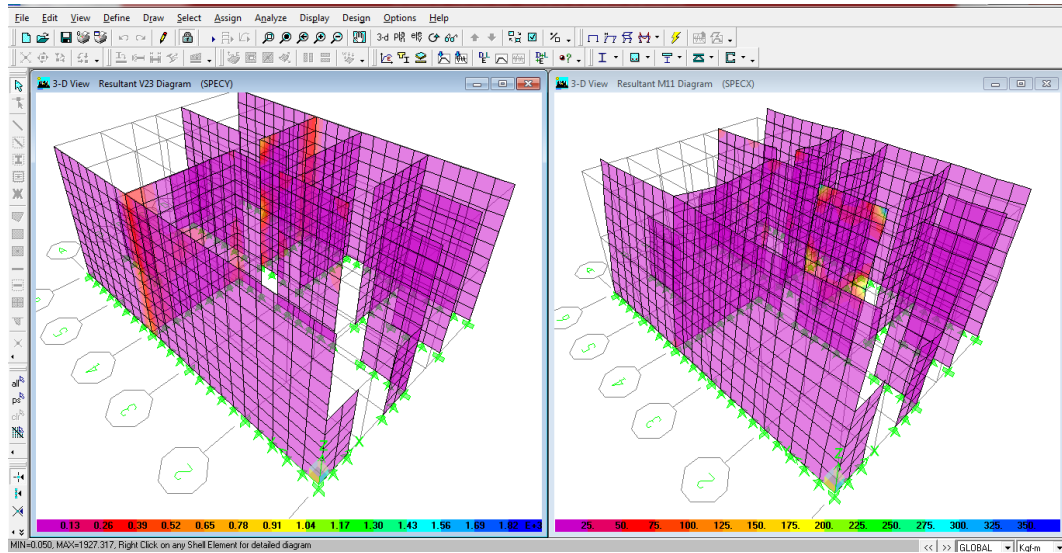


Fig. 49 : resultante de las fuerzas de corte y momento aplicándose el sismo severo en el sentido Y-Y (vivienda beta)

Luego se hace el análisis de los resultados para verificar su cumplimiento con la norma

Tabla 20

DESPLAZAMIENTOS						
Story	Diaphragm	Load	Desp. Inelastica		Desp. Elastica	
			UX	UY	UX	UY
STORY2	D2	SPECX	0.262	0.003	0.590	0.007
STORY2	D2	SPECY	0.003	0.122	0.007	0.275
STORY1	D1	SPECX	0.121	0.002	0.273	0.003
STORY1	D1	SPECY	0.001	0.062	0.003	0.140

Tabla 21

Story	Item	Load	Point	X	Y	Z	Dist. Inelastica		Dist. Elastica	
							DriftX	DriftY	DriftX	DriftY
STORY2	Diaph D2 X	SPECX	315	2.675	-0.6	5.2	0.00068		0.00153	
STORY2	Diaph D2 Y	SPECX	127	7.85	10.84	5.2		0.00010		0.00023
STORY2	Diaph D2 X	SPECY	315	2.675	-0.6	5.2	0.00001		0.00003	
STORY2	Diaph D2 Y	SPECY	149	0	2.104	5.2		0.00024		0.00053
STORY1	Diaph D1 X	SPECX	295	3.288	0	2.6	0.00057		0.00128	
STORY1	Diaph D1 Y	SPECX	18	7.85	11.36	2.6		0.00009		0.0002
STORY1	Diaph D1 X	SPECY	295	3.288	0	2.6	0.00001		0.00002	
STORY1	Diaph D1 Y	SPECY	141	7.85	4.63	2.6		0.00024		0.00054

La distorsión máxima tolerable es 0.005, como se observa ningún resultado lo sobrepasa, entonces se tiene muros reparables en caso de sismo severo.

Ahora se hace el cálculo de la Fuerza Cortante Basal Estática y Dinámica, con los cuales se calcula el Factor de Escala de Diseño que se aplicará en el análisis por sismo moderado. Este factor de escala se calcula para cumplir con la Fuerza Cortante Mínima en la Base de acuerdo a la norma E.030.

Tabla 22

METRADO DE CARGAS						
Story	Diaphragm	MassX	MassY	MMI	XM	YM
STORY2	D2	6.93	6.93	151.85	3.96	5.75
STORY1	D1	9.49	9.49	204.71	4.07	5.77
		9.807	16.42			
		PESO	160.99	T-f		

Tabla 23

CORTANTE BASAL ESTATICA		
	100%	80%
Vx	64.397	51.518
Vy	64.397	51.518

Z =	0.40
U =	1.00
C =	2.50
S =	1.20
Rx=	3.00
Ry=	3.00

Tabla 24

CORTANTE BASAL DINAMICA								
Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
STORY2	SPECX	Top	0	32.23	0.51	161.836	0	0
STORY2	SPECX	Bottom	0	32.23	0.51	161.832	1.32	83.889
STORY2	SPECY	Top	0	0.58	33.04	134.078	0	0
STORY2	SPECY	Bottom	0	0.58	33.04	134.078	85.954	1.499
STORY1	SPECX	Top	0	52.10	0.82	264.493	1.32	83.889
STORY1	SPECX	Bottom	0	52.10	0.82	264.492	3.247	216.862
STORY1	SPECY	Top	0	0.82	55.16	224.081	85.954	1.499
STORY1	SPECY	Bottom	0	0.82	55.16	224.081	226.849	3.361

Tabla 25

FACTOR DE ESCALA PARA DISEÑO			
CALCULADO		FINAL	
fr.x	0.98883	fr.x	1.00
fr.y	0.93397	fr.y	1.00

Entonces no se tendrá que escalar los resultados en el análisis por sismo moderado.

3.5.3.5 *Análisis ante sismo moderado*

Para el análisis y diseño ante sismo se trabaja solo con los muros, portantes y no portantes, y no con los elementos de arriostre.

La aplicación de las cargas será con el 25% de la sobrecarga:

$$P_g = PD + 0.25PL.$$

Se hace el análisis ante sismo moderado para el diseño y verificación de la resistencia y rigidez de la estructura a través de los muros, para que permitan que la estructura se comporte elásticamente ante los sismos moderados.

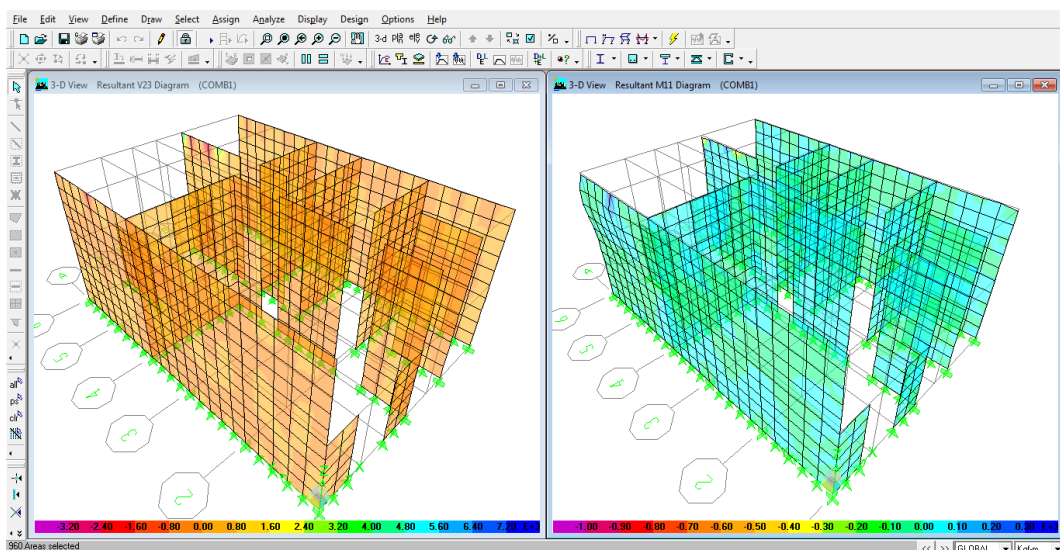


Fig. 50 : resultante de las fuerzas de corte y momento aplicándose las cargas directas e indirectas en los muros (vivienda beta)

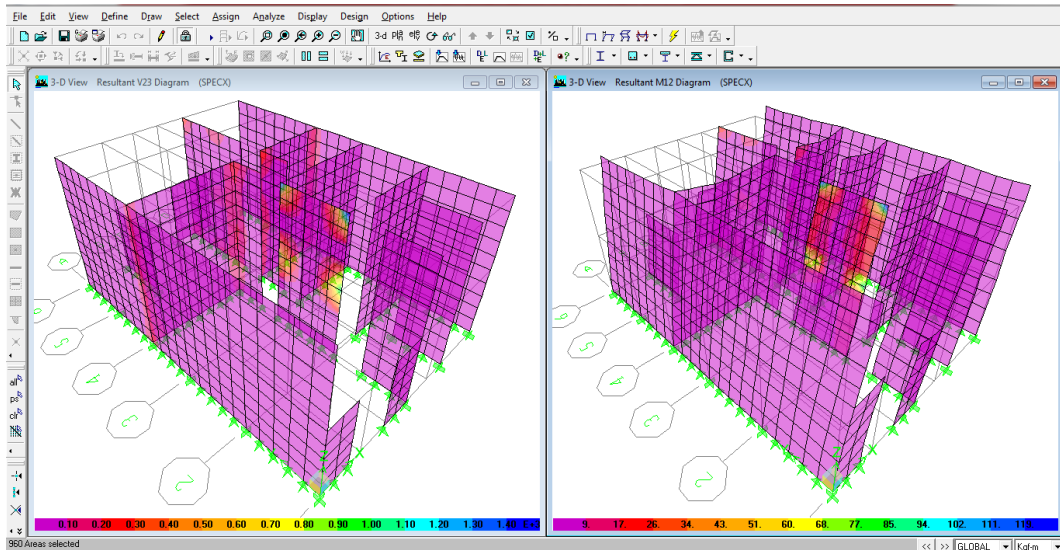


Fig. 51 : resultante de las fuerzas de corte y momento el sismo moderado en el sentido X-X (vivienda beta)

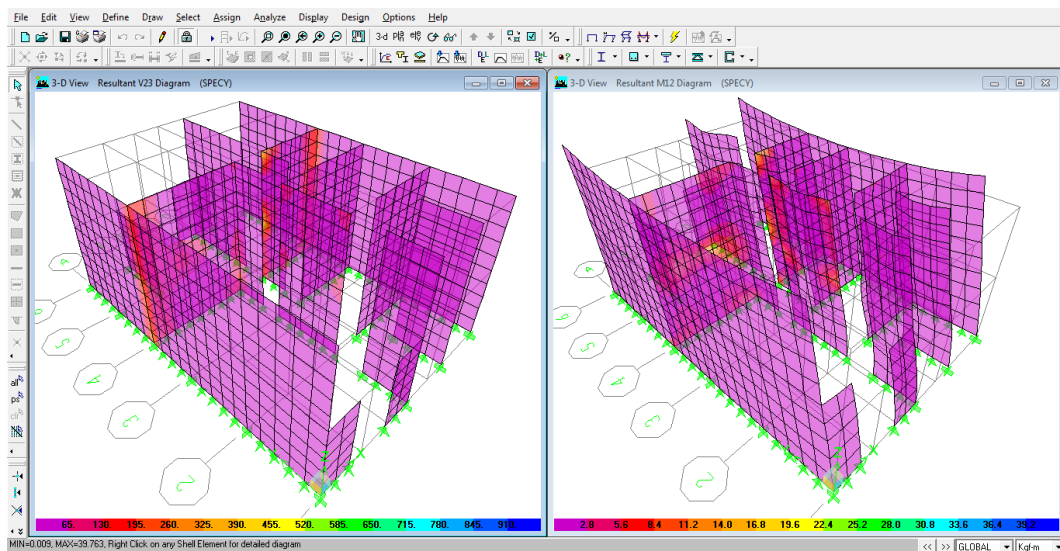


Fig. 52 : resultante de las fuerzas de corte y momento el sismo moderado en el sentido Y-Y (vivienda beta)

Y se tienen las siguientes fuerzas internas en los muros:

V_e = fuerza cortante (t) producida por el sismo moderado

M_e = momento flector (t-m) producido por el sismo moderado

Tabla 26

1ER PISO**DIRECCION X-X**

Muro	L	t	Ve (t)	Me (t-m)
X3	4	0.3	10.9	20.134
X4	3	0.12	3.4	5.734
X5	3	0.12	3	5.389
X6	3	0.3	6.94	11.134

1ER PISO**DIRECCION Y-Y**

Muro	L	t	Ve (t)	Me (t-m)
Y1	2.85	0.12	1.05	0.331
Y2	2.8	0.12	0.71	0.405
Y3	2.3	0.12	0.55	0.69
Y4	2.45	0.12	1.15	0.505
Y5	2.3	0.12	0.83	0.473
Y6	2.3	0.12	0.14	0.336
Y8	2.5	0.3	0.09	0.09
Y11	2.15	0.3	0.17	0.354
Y13	2.85	0.12	0.5	1.191
Y14	2.8	0.12	0.83	0.35
Y15	2.3	0.12	0.69	0.329
Y16	2.45	0.12	1.26	0.44
Y17	2.3	0.12	0.85	0.497

2DO PISO**DIRECCION X-X**

Muro	L	t	Ve (t)	Me (t-m)
X3	4	0.3	7.95	7.703
X4	3	0.12	2.08	2.023
X5	3	0.12	1.61	1.859
X6	3	0.3	4.11	3.747

2DO PISO**DIRECCION Y-Y**

Muro	L	t	Ve (t)	Me (t-m)
Y1	2.85	0.12	0.64	0.768
Y2	2.8	0.12	0.57	0.262
Y3	2.3	0.12	0.82	0.193
Y4	2.45	0.12	1.74	0.439

Y5	2.3	0.12	0.7	0.235
Y8	2.5	0.3	0.23	0.223
Y11	2.15	0.3	0.04	0.062
Y13	2.85	0.12	0.45	0.208
Y14	2.8	0.12	0.84	0.328
Y15	2.3	0.12	0.68	0.188
Y16	2.45	0.12	1.76	0.47
Y17	2.3	0.12	0.7	0.235

3.5.3.6 Diseño de la albañilería confinada

Con todos los datos recolectados se procederá al diseño de los muros, este es un trabajo iterativo en donde se verifica que se cumpla los márgenes para el control de fisuración, la resistencia al agrietamiento diagonal y resistencia al corte. En caso de no cumplirse con los márgenes se debe rediseñar la distribución, espesor o material de los muros portantes.

Cuando se ha terminado de rediseñar los muros se procede a verificar la necesidad de refuerzo horizontal en el muro, la verificación del agrietamiento diagonal en los entrepisos superiores y el diseño de los elementos de confinamiento.

La nomenclatura que se emplea es similar a RNE E.070:

- L = longitud total del muro (m)
- P_g = carga axial de gravedad = $PD + 0.25PL$
- V_e , M_e = fuerza cortante y momento flector por sismo moderado (ver las Tabla 26)
- $1/3 \leq \alpha = V_e L / M_e \leq 1.0$ factor de reducción de la resistencia al corte por esbeltez
- $V_m = 0.5 \sqrt{m} a t L + 0.23 P_g$ = resistencia a fuerza cortante
- $V_m = 0.5 \times 81 \times a \times 0.13 \times L + 0.23 P_g = 5.265 a L + 0.23 P_g$ (para el edificio en análisis)
- $t = 0.13$ m = espesor efectivo de los muros

- $f'm$ = resistencia a corte puro de los muretes de albañilería = 3.84 kg/cm^2 (ver la sección 4.3.2)
- $2.0 \leq Vm1 / Ve1 \leq 3.0$ factor de amplificación para pasar a condición de sismo severo
- $Vu = Ve (Vm1 / Ve1)$ = fuerza cortante última ante sismo severo
- $Mu = Me (Vm1 / Ve1)$ = momento flector último ante sismo severo
- VE = cortante de entrepiso ante sismo severo (ver Tabla 24)

Cabe resaltar que el factor de carga " $Vm1/Ve1$ " se calcula sólo para el primer piso de cada muro.

Una vez realizados los cálculos (Tablas 27 y 28), deberá verificarse lo siguiente:

- ✓ Ningún muro debe agrietarse ante el sismo moderado: $Ve \leq 0.55Vm$. De no cumplirse esta expresión, donde puede aceptarse hasta 5% de error, deberá cambiarse la calidad de la albañilería, el espesor del muro, o convertirlo en placa de concreto armado; en los dos últimos casos, deberá reanalizarse el edificio.
- ✓ En cualquier piso, la resistencia global a fuerza cortante (ΣVm) deberá ser mayor o igual a la fuerza cortante producida por el sismo severo (VE). De no cumplirse esta expresión, deberá cambiarse en algunos muros la calidad de la albañilería, su espesor, o convertirlos en placas de concreto armado, reanalizando al edificio en los 2 últimos casos. Cuando se tenga exceso de resistencia ($\Sigma Vm > VE$), se podrá dejar de confinar algunos muros internos.
- ✓ Cuando $\Sigma Vm > 3 VE = R VE$, culmina el diseño y se coloca refuerzo mínimo. Esta expresión indica que todos los muros del edificio se comportarán elásticamente ante el sismo severo.
- ✓ Todo muro de un piso superior que tenga $Vu \geq Vm$, se agrietará por corte, y se diseñará como un muro del primer piso. En esta expresión puede admitirse hasta 5% de error.
- ✓ En cada entrepiso superior al primero, deberá verificarse para cada muro confinado que $Vm > Vu$
- ✓ Todo muro confinado donde $Vu \geq Vm$, o que tenga $\sigma_m = Pm/(Lt) \geq 0.05 f'm$, requerirá refuerzo horizontal continuo anclado en las columnas de confinamiento.

Tabla 27

Sismo en X-X, PISO 1

Muro	L (m)	t	Pg (t)	Ve (t)	Me (t-m)	α	Vm (t)	0.55 Vm	Vm1/ Ve1	Vu (t)	Mu (t-m)	Pm (t)	σ m
X3	4	0.3	16.150	10.900	20.134	1.000	26.755	14.715	2.45	26.755	49.420	18.040	15.033
X4	3	0.12	7.250	3.400	5.734	1.000	8.580	4.719	2.52	8.580	14.469	8.230	22.861
X5	3	0.12	7.590	3.000	5.389	1.000	8.658	4.762	2.89	8.658	15.552	8.680	24.111
X6	3	0.3	11.300	6.940	11.134	1.000	19.879	10.933	2.86	19.879	31.892	12.610	14.011

Sismo en Y-Y, PISO 1

Muro	L (m)	t	Pg (t)	Ve (t)	Me (t-m)	α	Vm (t)	0.55 Vm	Vm1/ Ve1	Vu (t)	Mu (t-m)	Pm (t)	σ m
Y1	2.85	0.12	6.960	1.050	0.331	1.000	8.167	4.492	3.00	3.150	0.993	7.960	23.275
Y2	2.8	0.12	6.690	0.710	0.405	1.000	7.990	4.394	3.00	2.130	1.215	7.670	22.827
Y3	2.3	0.12	4.740	0.550	0.690	1.000	6.389	3.514	3.00	1.650	2.070	5.380	19.493
Y4	2.45	0.12	4.850	1.150	0.505	1.000	6.760	3.718	3.00	3.450	1.515	5.410	18.401
Y5	2.3	0.12	5.380	0.830	0.473	1.000	6.537	3.595	3.00	2.490	1.419	5.920	21.449
Y6	2.3	0.12	7.410	0.140	0.336	0.958	6.783	3.730	3.00	0.420	1.008	8.850	32.065
Y8	2.5	0.3	16.050	0.090	0.090	1.000	18.092	9.950	3.00	0.270	0.270	18.340	24.453
Y11	2.15	0.3	19.470	0.170	0.354	1.000	16.862	9.274	3.00	0.510	1.062	22.170	34.372
Y13	2.85	0.12	6.280	0.500	1.191	1.000	8.011	4.406	3.00	1.500	3.573	7.000	20.468
Y14	2.8	0.12	5.850	0.830	0.350	1.000	7.797	4.288	3.00	2.490	1.050	6.620	19.702
Y15	2.3	0.12	3.630	0.690	0.329	1.000	6.134	3.374	3.00	2.070	0.987	4.050	14.674
Y16	2.45	0.12	3.660	1.260	0.440	1.000	6.487	3.568	3.00	3.780	1.320	4.040	13.741
Y17	2.3	0.12	4.330	0.850	0.497	1.000	6.295	3.462	3.00	2.550	1.491	4.800	17.391

* Se ha resaltado las casillas con los resultados que no corresponden con las condiciones adecuadas para el diseño

Tabla 28

Sismo en X-X, PISO 2

Muro	L (m)	t	Pg (t)	Ve (t)	Me (t-m)	α	Vm (t)	0.55 Vm	Vm1/ Ve1	Vu (t)	Mu (t-m)	Pm (t)	σ m
X3	4	0.3	8.190	7.950	7.703	1.000	24.924	13.708	2.45	19.514	18.907	9.000	7.500
X4	3	0.12	3.740	2.080	2.023	1.000	7.772	4.275	2.52	5.249	5.105	4.190	11.639
X5	3	0.12	3.680	1.610	1.859	1.000	7.758	4.267	2.89	4.646	5.365	4.120	11.444
X6	3	0.3	5.870	4.110	3.747	1.000	18.630	10.247	2.86	11.773	10.733	6.430	7.144

Sismo en Y-Y, PISO 2

Muro	L (m)	t	Pg (t)	Ve (t)	Me (t-m)	α	Vm (t)	0.55 Vm	Vm1/ Ve1	Vu (t)	Mu (t-m)	Pm (t)	σ m
Y1	2.85	0.12	4.200	0.640	0.768	1.000	7.532	4.143	3.00	1.920	2.304	4.620	13.509
Y2	2.8	0.12	2.930	0.570	0.262	1.000	7.125	3.919	3.00	1.710	0.786	3.220	9.583
Y3	2.3	0.12	2.260	0.820	0.193	1.000	5.819	3.200	3.00	2.460	0.579	2.440	8.841
Y4	2.45	0.12	3.140	1.740	0.439	1.000	6.367	3.502	3.00	5.220	1.317	3.500	11.905
Y5	2.3	0.12	3.660	0.700	0.235	1.000	6.141	3.378	3.00	2.100	0.705	4.030	14.601
Y8	2.5	0.3	7.630	0.230	0.223	1.000	16.155	8.885	3.00	0.690	0.669	8.430	11.240
Y11	2.15	0.3	10.110	0.040	0.062	1.000	14.709	8.090	3.00	0.120	0.186	11.190	17.349
Y13	2.85	0.12	2.880	0.450	0.208	1.000	7.229	3.976	3.00	1.350	0.624	3.120	9.123
Y14	2.8	0.12	3.000	0.840	0.328	1.000	7.141	3.928	3.00	2.520	0.984	3.390	10.089
Y15	2.3	0.12	1.540	0.680	0.188	1.000	5.653	3.109	3.00	2.040	0.564	1.620	5.870
Y16	2.45	0.12	1.810	1.760	0.470	1.000	6.061	3.334	3.00	5.280	1.410	1.950	6.633
Y17	2.3	0.12	1.550	0.700	0.235	1.000	5.656	3.111	3.00	2.100	0.705	1.610	5.833

* Se ha resaltado las casillas con los resultados que no corresponden con las condiciones adecuadas para el diseño

3.5.3.7 Diseño de elementos de confinamiento (vigas y soleras)

Solo se realizará el diseño para la vivienda **Beta**²², que es la que se está proponiendo. La vivienda **Alfa**²³ es un modelo de verificación de las deficiencias típicas de viviendas autoconstruidas.

Se procede al diseño de los elementos de confinamiento y refuerzo horizontal de los muros.

Parámetros comunes:

$$f'c = 0.175 \text{ t/cm}^2$$

$$t = 13 \text{ cm} = \text{espesor efectivo}$$

$$h = 2.40 \text{ m}$$

$$\text{Estribos } \square \text{ } \frac{1}{4}": A_v = 0.64 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 4.2 \text{ t/cm}^2$$

$$t = 13 - 4 = 9 \text{ cm} = \text{espesor del núcleo confinado}$$

$$\mu = 1.0 = \text{coeficiente de fricción en junta rayada}$$

$$\text{Recubrimiento} = 2 \text{ cm}$$

Nomenclatura, Fórmulas y Secuencia del Diseño de Columnas de Confinamiento:

1) $P_g = PD + 0.25 PL = \text{carga de gravedad acumulada (t, ver tablas 27 y 28)}$

2) $V_m = \text{cortante de agrietamiento diagonal (t, ver tablas 27 y 28)}$

3) $M_u = \text{momento flector ante sismo severo (t-m, ver tablas 27 y 28)}$

4) $L = \text{longitud total del muro (m), incluyendo columnas de confinamiento}$

5) $L_m = \text{longitud del paño mayor o } \frac{1}{2} L, \text{ lo que sea mayor (m). En muros de 1 paño: } L_m = L$

6) $N_c = \text{número de columnas de confinamiento en el muro en análisis}$

²² Ver los planos A-2, E-2, D-1 en **Anexo 6**

²³ Ver los planos A-1, E-1 en **Anexo 6**

- 7) $M = M_u - \frac{1}{2} V_m h$ (t-m)
- 8) $F = M / L$ = fuerza axial producida por "M" en una columna extrema (t)
- 9) $P_c = P_g / N_c$ = carga axial producida por "Pg" en una columna (t)
- 10) P_t = carga tributaria proveniente del muro transversal a la columna en análisis, puede emplearse: el 25% de la sección transversal del muro ortogonal o 6 veces su espesor, el mayor (t).
- 11) C = compresión en columna (t): extrema: $C = P_c + F$
interna: $C = P_c - \frac{1}{2} V_m h / L$
- 12) T = tracción en columna (t): extrema: $T = F - P_c - P_t$
interna: $T = V_m h / L - P_c - P_t$
- 13) V_c = cortante en columna (t): extrema: $V_c = 1.5 V_m L_m / (L (N_c + 1))$
interna: $V_c = V_m L_m / (L (N_c + 1))$
- δ = factor de confinamiento:
 $\delta = 0.8$ para columnas sin muros transversales
 $\delta = 1.0$ para columnas con muros transversales
- 14) $A_s = (T + V_c/m) / (f_y f) =$ área de acero vertical requerida
(cm², mín 4 ϕ 8 mm), usar $\phi = 0.85$
- 15) A_s = área de acero vertical colocada (cm²)
- 16) $A_n = A_s + (C / \phi - A_s f_y) / (0.85 \delta f'c) =$ área del núcleo de concreto
(cm²), usar $\phi = 0.7$
- 17) $A_{cf} = V_c / (0.2 f'c \phi) \geq 15 t \geq A_c =$ área de la columna por corte-fricción
(cm²), usar $\phi = 0.85$
- 18) Dimensiones de la columna a emplear (cm x cm)
- 19) A_c = área de concreto de la columna definitiva (cm²)
- 20) A_n = área del núcleo de la columna definitiva (cm²)
- 21) $A_{s \text{ mín}} = 0.1 f'c A_c / f_y =$ área de acero vertical mínima (cm²), o 4 ϕ 8 mm
- 22) $s_1 = A_v f_y / (0.3 t f'c (A_c / A_n - 1)) =$ espaciamiento de estribos por compresión (cm)
- 23) $s_2 = A_v f_y / (0.12 t f'c) =$ espaciamiento de estribos por compresión (cm)
- 24) $s_3 = \frac{1}{4} d$ o 5 cm, lo que sea mayor = espaciamiento de estribos por compresión (cm)
- 25) $s_4 = 10$ cm = espaciamiento máximo de estribos por compresión

26) Zona a confinar en los extremos de la columna: 45 cm o 1.5 d (cm)

27) s = espaciamiento a utilizar en la zona de confinamiento (cm)

Notas: - Estribaje mínimo: $\square \phi \frac{1}{4}$ ", 1 @ 5, 4 @ 10, r @ 25 cm

- En columnas L, T o irregular, usar $d = A_c / t$ en los pasos 24 y 26.

Nomenclatura, Fórmulas y Secuencia del Diseño de Vigas Soleras:

28) $T_s = \frac{1}{2} V_m L_m / L =$ tracción en la solera (t)

39) $A_s = T_s / (f f_y) =$ área de acero horizontal requerida (cm²), usar $f = 0.9$

30) Acero longitudinal a utilizar

Notas: - $A_s \text{ mín} = 0.1 f'c A_{sol} / f_y$ o 4 ϕ 8 mm. En este ejemplo: $A_{sol} = 20 \times 12 = 240 \text{ cm}^2 \rightarrow A_s \text{ mín} = 0.1 \times 0.175 \times 240 / 4.2 = 1 \text{ cm}^2 \rightarrow$ usar como mínimo 4 ϕ 8 mm

- En la solera se usa estribaje mínimo: $\square f \frac{1}{4}$ ", 1 @ 5, 4 @ 10, r @ 25 cm

1) **Diseño de los elementos de confinamiento de los muros del primer piso**

Se hace el diseño para los muros agrietados

Tabla 29

Muros agrietados en X-X, Piso 1

Muro	X3		X4	X5	X6	
Columna	4-A	4-C	2-E	3-E	4-D	4-E
ubicación	extrema	interna	interna	interna	interna	extrema
1 Pg	16.15		7.25	7.59	11.3	
2 Vm	26.7545		8.5795	8.6577	19.879	
3 Mu	49.42		14.47	15.55	31.89	
4 L	4		3	3	3	
5 Lm	4		3	3	3	
6 Nc	2		2	2	2	
7 M	14.64		3.32	4.30	6.05	
8 F	3.66		1.11	1.43	2.02	
9 Pc'	8.08		3.63	3.80	5.65	
10 Pt	Y3,Y4	Y8'	Y13, Y14	Y14, Y15	Y9'	Y15, Y16
	2.40	0.52	3.03	2.37	0.60	1.82
11 C	14.13	-0.10	-0.09	0.04	-2.36	9.49
12 T	-6.81	8.79	0.78	1.34	10.98	-5.46
13 Vc	13.38	8.92	2.86	2.89	6.63	9.94

	δ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
14	As	1.84	4.96	1.02	1.18	4.93	1.26
15	As a usar	4 ϕ 8mm	4 ϕ 1/2"	4 ϕ 8mm	4 ϕ 8mm	4 ϕ 1/2"	4 ϕ 8mm
		2.00	5.16	2.00	2.00	5.16	2.00
16	An	81.25	-139.60	-53.58	-54.05	-117.83	36.66
17	Acf	449.66	299.77	96.13	97.01	222.73	334.10
18	usar	30 x 20	25 x 13	15 x 13	15 x 13	20 x 13	30 x 13
19	Ac	600.00	325.00	195.00	195.00	260.00	390.00
20	An	416.00	189.00	99.00	99.00	144.00	234.00
21	As min	2.50	1.35	0.81	0.81	1.08	1.63
22	s1	12.86	7.91	5.87	5.87	7.06	8.53
23	s2	14.22	14.22	14.22	14.22	14.22	14.22
24	s3	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	7.50
25	s4	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
26	zona c	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00
27	s [1/4"	1 @ 5, 6 @ 8	1 @ 5, 7 @ 6	9 @ 5	9 @ 5	9 @ 5	1 @ 5, 6 @ 7
	soleras	4-A	4-C	2-E	3-E	4-D	4-E
28	Ts	13.38	13.38	4.29	4.33	9.94	9.94
29	As	3.54	3.54	1.13	1.15	2.63	2.63
30	As a usar	6 ϕ 3/8"	6 ϕ 3/8"	4 ϕ 8mm	4 ϕ 8mm	4 ϕ 3/8"	4 ϕ 3/8"

Tabla 30

Muros agrietados en Y-Y, Piso 1

Muro		Y1		Y6		Y8		Y11	
Columna		1-A	2-A	5-B	6-B	2-C	3-C	5-D	6-D
ubicación		extrema	interna	interna	interna	interna	interna	interna	extrema
1	Pg	6.96		7.41		16.05		19.47	
2	Vm	8.167		6.7827		18.0915		16.8621	
3	Mu	0.993		1.008		0.27		1.062	
4	L	11.5		3.35		2.5		3.35	
5	Lm	2.85		2.3		2.5		2.15	
6	Nc	6		2		2		2	
7	M	-9.62		-7.81		-23.25		-20.86	
8	F	0.837		2.331		9.300		6.226	
9	Pc'	3.480		3.705		8.025		9.735	
10	Pt	X1'	-	-	-	-	-	X3'	X6'
		0.635	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.030	2.870
11	C	4.95	2.56	1.07	1.07	-1.38	-1.38	6.22	18.83
12	T	-3.28	-1.63	1.56	1.56	10.79	10.79	0.32	-6.38
13	Vc	0.43	0.29	1.55	1.55	6.03	6.03	3.61	5.41
	δ	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	1.00	1.00
14	As	-0.80	-0.36	0.98	0.98	5.13	5.13	1.10	-0.27

15	As a usar	4 φ 8mm	4 φ 8mm	4 φ 8mm	4 φ 8mm	4 φ 1/2"	4 φ 1/2"	4 φ 8mm	4 φ 8mm
		2.00	2.00	2.00	2.00	5.16	5.16	2.00	2.00
16	An	-9.14	-37.89	-55.71	-55.71	-193.56	-193.56	6.10	157.48
17	Acf	14.58	9.72	52.18	52.18	202.71	202.71	121.25	181.88
18	usar	15 x 13	EL valor de C, T, Vc son pequeños. Se usará la sección y cuantía mínima de la norma como X1'	EL valor de C, T, Vc son pequeños. Se usará la sección y cuantía mínima de la norma como X1'	EL valor de C, T, Vc son pequeños. Se usará la sección y cuantía mínima de la norma como X1'	20 x 13	20 x 13	EL valor de C, T, Vc son pequeños. Se usará la sección y cuantía mínima de la norma como X1'	EL valor de C, T, Vc son pequeños. Se usará la sección y cuantía mínima de la norma como X1'
19	Ac	195.00				260.00	260.00		
20	An	99.00				144.00	144.00		
21	As min	0.81				1.08	1.08		
22	s1	5.87				7.06	7.06		
23	s2	14.22				14.22	14.22		
24	s3	5.00				5.00	5.00		
25	s4	10.00				10.00	10.00		
26	zona c	45.00				45.00	45.00		
27	s [1/4"	9 @ 5				9 @ 5	9 @ 5		
	soleras	A-1	A-2	B-5	B-6	C-2	C-3	D-5	D-6
28	Ts	1.01	1.01	2.33	2.33	9.05	9.05	5.41	5.41
29	As	0.27	0.27	0.62	0.62	2.39	2.39	1.43	1.43
30	As a usar	4 φ 8mm	4 φ 8mm	4 φ 8mm	4 φ 8mm	4 φ 3/8"	4 φ 3/8"	4 φ 8mm	4 φ 8mm

2) **Diseño de los elementos de confinamiento de los muros no agrietados de pisos superiores**

Solo se diseñan las columnas extremas de los pisos superiores, los demás elementos son similares a los del primer piso

Tabla 31

Muros no agrietados en X-X, Piso 2			Muros no agrietados en Y-Y, Piso 2		
Muro	X3	X6		Y1	Y11
Columna	4-A	4-E		1-A	6-D
ubicación	extrema	extrema		extrema	extrema
Pg	8.19	5.87		4.2	10.11
Vm	24.924	18.630		7.532	14.709
Mu	18.907	10.733		18.907	0.186
L	4	3		11.5	3.35
Lm	4	3		2.85	2.15
Nc	2	2		6	2
F	4.73	3.58		1.644	0.056
Pc'	4.10	2.94		2.100	5.055
Pt	Y3,Y4	Y15, Y16		X1'	X6'
	2.40	1.82		0.635	2.870
C	11.22	8.34		4.38	7.98
T	-1.77	-1.18		-1.09	-7.87
$\bar{\delta}$	1.00	1.00		1.00	1.00
As	-0.47	-0.31		-0.29	-2.08
As a usar	4 ϕ 8mm	4 ϕ 8mm		4 ϕ 8mm	4 ϕ 8mm
	2.00	2.00		2.00	2.00
An	53.28	25.58		-16.02	27.22

usar	20 x 13	20 x 13		20 x 13	20 x 13
Ac	260.00	260.00		260.00	260.00
An	144.00	144.00		144.00	144.00
As min	1.08	1.08		1.08	1.08
soleras	4-A	4-E		A-1	D-6
Ts	12.46	9.32		0.93	4.72
As	3.30	2.46		0.25	1.25
As a usar	6 ϕ 3/8"	4 ϕ 3/8"		4 ϕ 8mm	4 ϕ 8mm

3.5.3.8 Reducción de columnas y soleras

Con la finalidad de facilitar la construcción, debe reducirse al máximo el número de columnas, para ello se siguieron los siguientes criterios:

- Unificar aquellas columnas que presentan poca variación en su refuerzo y sección transversal.
- El peralte mínimo que deben tener las columnas para aquellas soleras que pierden continuidad está dado por la longitud de anclaje L_{dg} más el recubrimiento.
- En la columna de la intersección entre 2 muros ortogonales, se utiliza el mayor refuerzo y la mayor sección proveniente del diseño independiente de estos muros.

De este modo, las columnas se reducen a los siguientes tipos:

C-4: columna 4-A,

20 x 30 cm, con $4\phi 1/2" + 2\phi 3/8"$, $9 \square 1/4" @ 5\text{cm}$

C-3: columna 1-A, 1-C, 1-E, 6-A, 6-E,

en forma de L, 13 x 25 cm, con $5\phi 1/2" + 3\phi 3/8"$, $9 \square 1/4" @ 5\text{cm}$

C-2: 2-C, 3-C, 4-C, 4-D, 4-E, 5-D, 6-D

13 x 30 cm, con $4\phi 1/2" + 2\phi 3/8"$, $9 \square 1/4" @ 5\text{cm}$

C-1: 1-D', 2-A, 2-D, 2-E, 3-A, 3-D, 3-E, 5-A, 5-B, 5-E, 6-B
13 x 25 cm, con 4 ϕ 3/8", 9 \square 1/4" @ 5cm

Y las vigas soleras, se reducen a los siguientes tipos:

V-3: muro Y7', Y8, Y8', Y10', Y11

con 6 ϕ 3/8", \square 1/4" 1 @ 5 y 4 @ 10 cm

V-2: X1', X2', X4, X5

con 4 ϕ 3/8", \square 1/4" 1 @ 5 y 4 @ 10 cm

V-1: Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y13, Y14, Y15, Y16, Y17

con 4 ϕ 3/8", \square 1/4" 1 @ 5 y 4 @ 10 cm

v-b: con 4 ϕ 3/8", \square 1/4" 1 @ 5 y 4 @ 10 cm

3.5.3.9 Refuerzo horizontal de muros agrietados

De acuerdo a la Norma E.070, en todo muro agrietado (donde $V_u \geq V_m$), y en el primer piso de los edificios de más de 3 pisos, debe colocarse refuerzo horizontal continuo, anclado en las columnas, con una cuantía igual a $\rho = A_s / (s t) = 0.001$.

Empleando 1 varilla de 1/4" ($A_s = 0.32 \text{ cm}^2$), se obtiene un espaciamiento $s = 0.32 / (0.001 \times 13) = 24.6 \text{ cm}$, con lo cual se empleará **1 ϕ 1/4" @ 1 hiladas** (cada 17 cm).

(Las dimensiones del ladrillo Blocker II son: 12 x 29 x 17)

CAPÍTULO IV

RECOPILACION DE DATOS, RESULTADOS Y ANÁLISIS

CAPITULO IV: RECOPIACIÓN DE DATOS, RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 EVALUACIÓN DE LAS VIVIENDAS DE TACNA

- RESULTADOS:

**Tabla 32: Muestreo por material de construcción
DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA**

	BLOQUETA	BLOCKER II (*)	HERCULES (*)	OTROS (**)	SIN DEFINIR (&)	SIN CONSTRUIR	TOTAL
CUADRA 1	10	14	2	0	4	4	34
CUADRA 2	9	23	14	3	5	1	55
CUADRA 3	8	12	0	0	4	4	28
CUADRA 4	12	20	2	4	5	1	44
CUADRA 5	5	18	3	1	5	1	33
	44	87	21	8	23	11	194

Fuente: Elaboración propia

Observaciones²⁴

- La mayoría de las viviendas tienen pocos años de antigüedad.
- Es el distrito que presenta mayor uso de los ladrillos Blocker II
- El sistema estructural predominante es de albañilería confinada
- En la mayoría de los casos los muros son confinados en soga.

²⁴ Ver las fotografías 1 – 5 del Anexo 5

**Tabla 33: Muestreo por material de construcción
CENTRO POBLADO MAYOR AUGUSTO B. LEGUÍA**

	BLOQUETA	BLOCKER II (*)	HERCULES (*)	OTROS (**)	SIN DEFINIR (&)	SIN CONSTRUIR	TOTAL
CUADRA 1	9	9	1	2	7	1	29
CUADRA 2	1	1	1	2	5	1	11
CUADRA 3	10	13	3	4	5	0	35
CUADRA 4	4	13	1	1	4	1	24
CUADRA 5	6	5	0	2	3	0	16
	30	41	6	11	24	3	115

Fuente: Elaboración propia

Observaciones²⁵:

- En este Centro Poblado existen viviendas antiguas hechas casi todas con bloquetas, y también las hay más nuevas que en su mayoría están hechas con unidades huecas como el Blocker II o similares.
- El sistema estructural predominante es de albañilería confinada
- En la mayoría de los casos los muros son confinados en soga.

**Tabla 34: Muestreo por material de construcción
CENTRO POBLADO LA NATIVIDAD**

	BLOQUETA	BLOCKER II (*)	HERCULES (*)	OTROS (**)	SIN DEFINIR (&)	SIN CONSTRUIR	TOTAL
CUADRA 1	15	5	1	2	0	0	23
CUADRA 2	11	6	1	6	0	0	24
CUADRA 3	15	8	2	5	2	0	32
CUADRA 4	8	8	3	3	2	0	24
CUADRA 5	13	11	0	4	1	0	29
	62	38	7	20	5	0	132

Fuente: Elaboración propia

²⁵ Ver las fotografías 7 – 10 del Anexo 5

Observaciones²⁶:

- Este Centro Poblado Mayor tiene una antigüedad considerable respecto a las demás zonas estudiadas, por lo que gran parte de las viviendas son antiguas, y éstas en su mayoría construidas con bloquetas y otras con adobe.
- Es la zona donde se presenta un mayor uso de Bloqueta.
- El sistema estructural predominante es de albañilería confinada, en la mayoría de los casos los muros son confinados en sogá.

**Tabla 35: Muestreo por material de construcción
DISTRITO CIUDAD NUEVA**

	BLOQUETA	BLOCKER II (*)	HERCULES (*)	OTROS (**)	SIN DEFINIR (&)	SIN CONSTRUIR	TOTAL
CUADRA 1	5	15	1	1	7	0	29
CUADRA 2	13	15	0	0	6	0	34
CUADRA 3	3	11	3	2	0	0	19
CUADRA 4	10	15	0	0	3	0	28
CUADRA 5	5	18	0	6	2	1	32
	36	74	4	9	18	1	142

Fuente: Elaboración propia

Observaciones²⁷:

- Distrito relativamente joven, se presenta un mayor uso de los ladrillos huecos como los Blocker II o similares.
- El sistema estructural predominante es albañilería confinada y el dual.
- En la mayoría de los casos los muros son confinados en sogá.

²⁶ Ver la fotografía 6 del Anexo 5

²⁷ Ver las fotografías 11 y 12 del Anexo 5

**Tabla 36: Muestreo por material de construcción
DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA**

	BLOQUETA	BLOCKER II (*)	HERCULES (*)	OTROS (**)	SIN DEFINIR (&)	SIN CONSTRUIR	TOTAL
CUADRA 1	10	10	1	2	0	0	23
CUADRA 2	12	8	0	2	1	0	23
CUADRA 3	7	14	2	3	2	1	29
CUADRA 4	10	9	0	0	4	0	23
CUADRA 5	5	11	0	3	0	0	19
	44	52	3	10	7	1	117

Fuente: Elaboración propia

Observaciones²⁸:

- La mayoría de las viviendas no tienen mucha antigüedad, se presenta un mayor uso de los ladrillos Blocker II o similares.
- El sistema estructural predominante es albañilería confinada y el dual.
- En la mayoría de los casos los muros son confinados en sogá.

**Tabla 37: Muestreo por material de construcción
DISTRITO DE POCOLLAY**

	BLOQUETA	BLOCKER II (*)	HERCULES (*)	OTROS (**)	SIN DEFINIR (&)	SIN CONSTRUIR	TOTAL
CUADRA 1	3	14	0	0	2	1	20
CUADRA 2	9	24	0	1	2	2	38
CUADRA 3	4	8	4	0	3	1	20
CUADRA 4	10	15	0	5	8	3	41
CUADRA 5	2	12	4	0	5	0	23
	28	73	8	6	20	7	142

Fuente: Elaboración propia

²⁸ Ver las fotografías 13 y 14 del Anexo 5

Observaciones:

- Este es un distrito antiguo, y es un distrito urbano - rural, donde las viviendas más antiguas están hechas de adobe.
- En el análisis de las zonas más jóvenes del distrito se presenta un mayor uso de los ladrillos Blocker II o similares.
- El sistema estructural predominante es de albañilería confinada.
- En la mayoría de los casos los muros son confinados en soga.

() Se calificó a los ladrillos idénticos o similares a los de la Ladrillera Maxx*

*(**) Como "otros" se califica en su mayoría a las viviendas construidas con variedad de ladrillos o con unidades que no figuran en la tabla (pandereta, adobe, etc)*

(&) Algunas viviendas no pudieron calificarse porque los acabados no permitían saber el tipo de unidad de albañilería utilizada

Tabla 38: SELECCIÓN GENERAL POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

RESUMEN:

	BLOQUETA	BLOCKER II	HERCULES	OTROS	SIN DEFINIR	SIN CONSTRUIR	TOTAL
DGAL	44	87	21	8	23	11	194
LEGUIA	30	41	6	11	24	3	115
NATIVIDAD	62	38	7	20	5	0	132
C NUEVA	36	74	4	9	18	1	142
A ALIANZA	44	52	3	10	7	1	117
POCOLLAY	28	73	8	6	20	7	142
TOTAL	244	365	49	64	97	23	842
%	28.98%	43.35%	5.82%	7.60%	11.52%	2.73%	100.00%
	78.15%						

Fuente: Elaboración propia

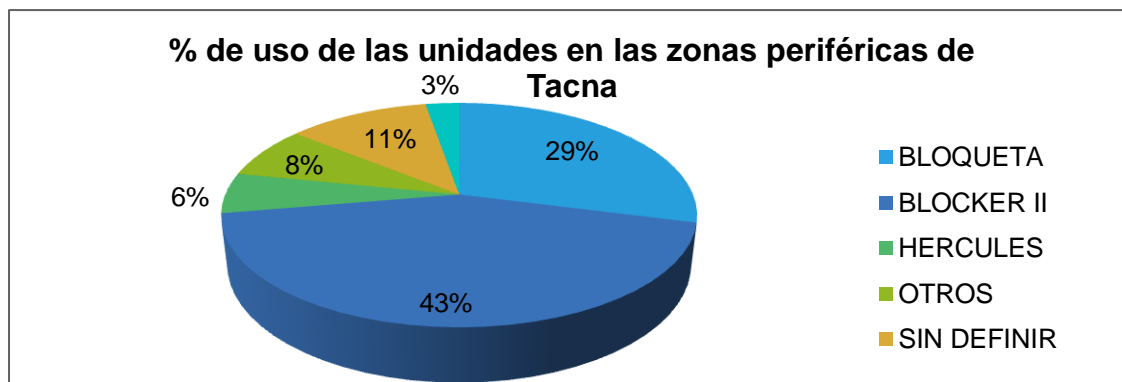


Fig. 53

Uso de unidades de albañilería por zona

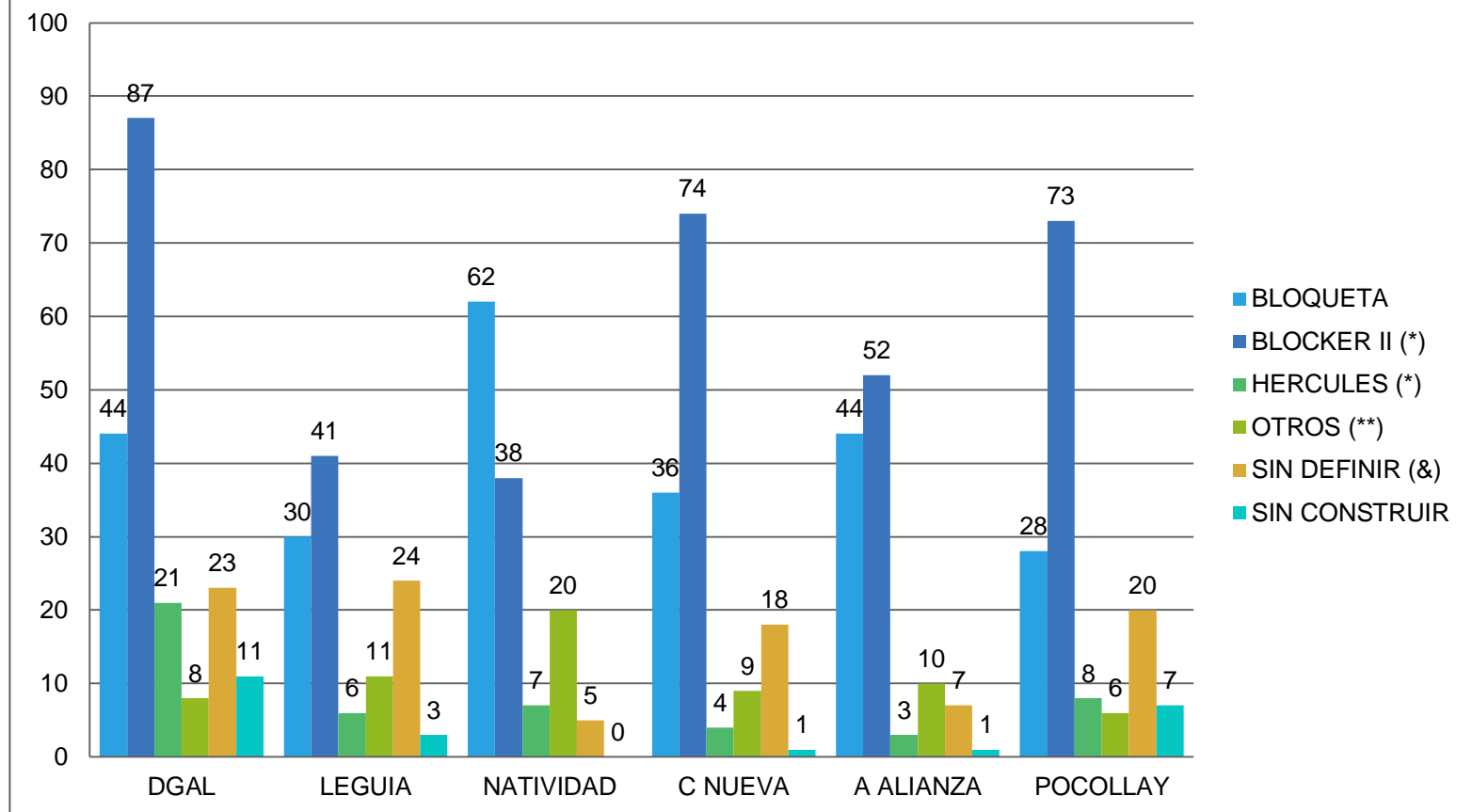


Fig. 54

- **ANÁLISIS:**

De acuerdo a la Tabla 38 y las figuras siguientes, el porcentaje de viviendas construidas con ladrillos o bloques de cemento es del 78.15%, lo cual se aproxima a 79.28% como lo indica la Tabla 2 (Material predominante de las paredes exteriores de la vivienda – INEI 2007), con lo cual se puede tener certeza de la información recolectada.

El muestreo se efectuó en las más importantes zonas periféricas de la ciudad de Tacna, de las cuales algunas se encuentran en constante crecimiento; este hecho y la disponibilidad de los productos de la Ladrillera Martorell, dan las condiciones especiales para que la mayoría de las viviendas de albañilería hagan uso de los ladrillos Blocker II, siendo el 43.35%.

El sistema constructivo utilizado en la mayoría de las viviendas observadas es el de Albañilería Confinada, donde se tiene de forma predominante albañilería estructural en ambos sentidos, y en algunas viviendas para uso comercial el Sistema Dual, donde se tiene de forma predominante el sistema aporticado en un sentido y el de albañilería estructural en el otro, siendo todos los muros confinados. En algunos casos se observa collarines de arriostamiento en los muros a la altura de los vanos de las ventanas.²⁹

²⁹Las fotografías están en el **Anexo 05**: Panel fotográfico de material y sistema constructivo de viviendas en Tacna

4.2 EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

4.2.1 VARIACIÓN DIMENSIONAL Y ALABEO

- **RESULTADOS:**

Dimensiones proporcionadas por la ladrillera:

Largo: 29cm Ancho: 12cm Alto: 17 cm

DE: Dimensiones especificadas

Dimensiones obtenidas en laboratorio:

Tabla 39

Resultados de VARIACIÓN DIMENSIONAL

muestra	Largo (cm)					Ancho (cm)					Alto (cm)				
	L1	L2	L3	L4	Lm	A1	A2	A3	A4	Am	H1	H2	H3	H4	Hm
M1	27,70	27,70	27,50	27,70	27,65	11,60	11,60	11,60	11,80	11,65	17,10	17,10	17,10	17,20	17,13
M2	27,60	27,60	27,60	27,80	27,65	11,50	11,60	11,70	11,90	11,68	17,00	17,00	17,00	17,10	17,03
M3	28,00	28,00	28,00	28,10	28,03	11,80	11,90	11,80	12,00	11,88	16,70	16,80	16,80	16,80	16,78
M4	27,50	27,80	27,80	27,90	27,75	11,80	11,90	11,90	11,90	11,88	17,00	17,10	17,00	17,10	17,05
M5	27,70	27,60	27,50	27,60	27,60	11,60	11,80	11,80	12,00	11,80	16,80	16,70	16,50	16,80	16,70
M6	27,80	27,50	27,40	27,40	27,53	11,70	11,80	11,70	11,80	11,75	16,80	16,70	16,60	16,90	16,75
M7	27,80	27,70	27,60	27,50	27,65	11,70	11,80	11,90	11,90	11,83	17,10	17,00	17,00	17,10	17,05
M8	27,40	27,80	28,00	28,10	27,83	11,90	11,80	11,80	11,90	11,85	17,00	16,80	16,70	16,90	16,85
M9	27,80	27,90	27,80	27,80	27,83	12,00	11,90	11,70	11,80	11,85	16,70	16,60	16,60	16,90	16,70
M10	27,70	27,50	27,60	27,70	27,63	11,70	11,70	11,80	11,90	11,78	16,90	16,80	16,80	17,00	16,88
Promedio					27,71					11,79					16,89

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40

Resultados de ALABEO

muestra	Cara 1 (mm)		Cara 2 (mm)	
	concauidad	convexidad	concauidad	convexidad
M1	2,5	0	2	0
M2	2	0	2	0
M3	0,5	0	3	0
M4	2,5	0	2	0
M5	2	0	3	0
M6	2	0	2	0
M7	3	0	2,5	0
M8	3	0	1,5	0
M9	1	0	1,5	0
M10	2	0	1,5	0
promedio	2,05	0	2,1	0

Variación Dimensional:

$$V = \frac{DE-MP}{DE} \times 100$$

$$L = \frac{29 - 27.71}{29} \times 100 = 4.45\%$$

$$A = \frac{12 - 11.79}{12} \times 100 = 1.75\%$$

$$H = \frac{17 - 16.89}{17} \times 100 = 0.65\%$$

Alabeo:

Cara1: concauidad: 2.05 mm

Cara2: concauidad: 2.10 mm

- **ANÁLISIS:**

De la norma peruana RNE E.070: Clasificación de las unidades para fines estructurales.

Tabla 41

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES				
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)
	Hasta	Hasta	Más de	
	100 mm	150 mm	150 mm	
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2

Según la tabla 41 se clasificaría:

Por variación de largo:	Ladrillo II
Por variación de ancho:	Ladrillo V
Por variación de altura:	Ladrillo V
Por alabeo cara 1:	Ladrillo IV
Por alabeo cara 2:	Ladrillo IV

De acuerdo a los resultados se presenta mayor variación en la medida del largo de los ladrillos (4.45%), clasificándose así como un ladrillo tipo II, los demás resultados de variación dimensional se encuentran satisfactorios respecto a la norma; el alabeo es mínimo, clasificándoseles como ladrillo tipo IV de acuerdo a la norma.

Los ladrillos no presentan una variación dimensional ni un alabeo importante

4.2.2 PORCENTAJE DE RANURAS.

- RESULTADOS:

Áreas obtenidas con medidas de laboratorio

Tabla 42

Resultados de PORCENTAJE DE RANURAS			
muestra	área (cm ²)		% Ranuras
	cara de asiento	ranuras	
M1	326,98	184,22	56,34
M2	326,95	184,22	56,35
M3	326,82	184,30	56,39
M4	327,10	184,25	56,33
M5	326,91	184,19	56,34
M6	326,89	184,18	56,34
M7	327,15	184,28	56,33
M8	327,05	184,15	56,31
M9	326,94	184,20	56,34
M10	326,86	184,25	56,37
promedio			56,34%

- ANÁLISIS:

Como ya se había visto desde un comienzo los ladrillos BLOCKER II de ladrillos MAXX son unidades huecas, y esto se confirma al tener 56.34 % de ranuras, teniendo entonces solo 43.66 % de área bruta en la cara de asentamiento.

- **ANÁLISIS:**

Todas las unidades pasan de los 20 g por minuto (**succión: 23.42 g/200cm²/min**), lo que indica una succión mayor de lo recomendado en la cara de asentamiento, por lo tanto es indispensable saturar los ladrillos antes de su uso con métodos ordinarios de construcción, ya que se corre el riesgo de tener uniones de mortero-ladrillo poco adecuadas en la albañilería.

4.2.4 ENSAYO DE ABSORCIÓN, ABSORCIÓN MÁXIMA Y COEFICIENTE DE SATURACIÓN

- **RESULTADOS:**

Tabla 45
Resultados de ABSORCIÓN

MUESTRA	PESO		H	Absorción
	G3 (g)	G4 (g)	G4 - G3	A = H/G3
M3	4687,70	5330,70	643,00	13,72%
M4	4615,80	5249,20	633,40	13,72%
M5	4462,30	5072,10	609,80	13,67%
M8	4648,60	5279,10	630,50	13,56%
M9	4429,10	5045,20	616,10	13,91%
promedio				13,72%

Tabla 46
Resultados de ABSORCIÓN MÁXIMA

MUESTRA	PESO (g)		J	Absorción max
	G3	G5	G5 - G3	B = J/G3
M3	4687,7	5454,90	767,20	16,37%
M4	4615,8	5381,30	765,50	16,58%
M5	4462,3	5198,70	736,40	16,50%
M8	4648,6	5403,20	754,60	16,23%
M9	4429,1	5158,90	729,80	16,48%
promedio				16,43%

Tabla 47
Resultados de COEFICIENTE DE SATURACIÓN

MUESTRA	H	J	Coef. Saturación
	G4 - G3	G5 - G3	C = H/J
M3	643,00	767,20	0,84
M4	633,40	765,50	0,83
M5	609,80	736,40	0,83
M8	630,50	754,60	0,84
M9	616,10	729,80	0,84
promedio			0,83

- **ANÁLISIS:**

Se recomienda que el coeficiente sea menor de 0.8, mientras más se aproxime a 1 será más absorbente y solo utilizable cuando se proteja de la intemperie con recubrimiento adecuado.

El porcentaje de absorción respecto al peso seco es de **13.72%**. El porcentaje de absorción máxima es de **16.43%**. El coeficiente de saturación es de **0.83**. De acuerdo a la NTP 399.017³⁰ el ladrillo clasifica como tipo IV y V.

4.2.5 ENSAYO DE DENSIDAD

- RESULTADOS:

Tabla 48
Resultados del Ensayo de DENSIDAD

Muestra	Peso (g)			V (cm ³)	DENSIDAD (g/cm ³)
	G3	G2	G1	G1 - G2	D = G3/V
M3	4687,7	650,00	5411,20	4761,20	0,98
M4	4615,8	640,00	5333,80	4693,80	0,98
M5	4462,3	620,00	5177,60	4557,60	0,98
M8	4648,6	650,00	5378,10	4728,10	0,98
M9	4429,1	610,00	5126,50	4516,50	0,98
promedio					0,98

Observación: Para el peso sumergido se hizo uso de un recipiente lleno de agua y un dispositivo de más de 20 kg, por lo que no se pudo hacer la pesada en la balanza de precisión de 0.5 g sino en una de 0.1 kg.

- ANÁLISIS:

Se encuentra que la densidad **0.98 g/cm³** es la misma para cada espécimen ensayado, por lo que se deduce que la muestra cuenta con homogeneidad.

³⁰ Ver Anexo 07

4.2.6 ENSAYO DE EFLORESCENCIA

- **RESULTADOS:**

Se observa:

Tabla 49
Resultados de EFLORESCENCIA

Muestra	Apariencia
E-1	Sin eflorescencia
E-2	Ligeramente eflorecido
E-3	Sin eflorescencia
E-4	Ligeramente eflorecido
E-5	Sin eflorescencia
E-6	Sin eflorescencia

Observación: El horno disponible en el laboratorio no podía estar encendido y sin vigilancia por el periodo de 24 h, por lo que se tuvo que usar el horno en periodos de 8 horas por día hasta completar las 24 horas.

- **ANÁLISIS:**

Los resultados de este ensayo no son cuantitativos sino cualitativos y a criterio del observador, por lo tanto pueden ser variables, pero se pudo apreciar que la eflorescencia fue casi nula en las unidades Blocker II.

4.2.7 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (UNIDADES DE ALBAÑILERÍA)

- RESULTADOS:

Tabla 50

Resultados de ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOCKER II

muestra	Dimensiones (cm)			Área bruta	Lectura	F'b
	Largo	Ancho	Alto	(cm ²)	(kg-f)	kg-f/cm ²
M1	27,65	11,65	17,13	322,12	14968,55	46,47
M2	27,65	11,68	17,03	322,81	15648,94	48,48
M6	27,53	11,75	16,75	323,42	15875,73	49,09
M7	27,65	11,83	17,05	326,96	15648,94	47,86
M10	27,63	11,78	16,88	325,28	15195,34	46,71
promedio						47,72

La desviación estándar es $\sigma_b = 1.12$

$$f'b_{\text{prom}} - \sigma_b = 47.72 - 1.12 = 46.60 \text{ kg-f/cm}^2$$

- ANÁLISIS:

Por indicación del reglamento, se tomará como resistencia característica de la unidad de albañilería ($f'b$) al valor promedio de la muestra menos la desviación estándar, teniendo como resultado $f'b = 46.60 \text{ kg-f/cm}^2$, esto quiere decir que el 84% de los especímenes ensayados tendrán una resistencia superior al valor característico.

De acuerdo a la tabla 51 (RNE E.070), no existe clasificación para estas unidades porque su resistencia no llega al mínimo requerido para ninguno de los tipos de ladrillo:

Tabla 51

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES	
CLASE	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN
	<i>f'b</i> mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
Ladrillo I	4,9 (50)
Ladrillo II	6,9 (70)
Ladrillo III	9,3 (95)
Ladrillo IV	12,7 (130)
Ladrillo V	17,6 (180)

La resistencia a compresión axial de las unidades huecas siempre será escasa por ser unidades muy frágiles al tener mayor % de ranuras.

4.2.8 RESUMEN DE LA EVALUACIÓN A LAS UNIDADES

Variación dimensional máxima	: 4.45%
Alabeo máximo	: 2 mm
Porcentaje de ranuras	: 56.34%
Succión	: 23.42 g/200cm ² /min
Coefficiente de Saturación	: 0.83
Densidad	: 0.98 g/cm ³
Eflorescencia	: No presenta
Resistencia a la compresión <i>f'b</i>	: 46.60 K-f/cm ²

4.3 EVALUACIÓN DE PILAS Y MURETES

4.3.1 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL (PILAS DE ALBAÑILERÍA)

- RESULTADOS:

Tabla 52
Dimensiones y esbeltez

Pila	espesor (cm)	longitud (cm)	altura (cm)	esbeltez	factor de corrección
P-1	12	27,6	54,5	4,54	0,982
P-2	12,1	27,7	54,8	4,53	0,981
P-3	12	27,8	55	4,58	0,983

Tabla 53
Ensayos de Compresión axial

Pila	factor de corrección	A (cm ²)	P (kg-f)	f'm (P/A) aparente	f'm (kg-f/cm ²)
P-1	0,982	331,2	21318,84	64,37	63,19
P-2	0,981	335,17	12700,59	37,89	37,18
P-3	0,983	333,6	16556,12	49,63	48,80
promedio					49,72

La desviación estándar es $\sigma = 13.03$

$$F'm \text{ prom} - \sigma = 49.72 - 13.03 = 36.69 \text{ kg-f/cm}^2$$

Dispersión $\sigma / f'm_{prom} = 26.20 \%$

Observación:

La pila 2 (P-2) tuvo un error por excentricidad de carga; el eje transversal de la pila no se encontraba alineada con la del cabezal de la compresora al momento de la aplicación directa de la carga, lo que se ve reflejado en el resultado, que tiene una gran diferencia con los otros. No se le considera para el análisis de los resultados, debido a su pronunciada variación, los resultados son los siguientes:

$$F'm \text{ prom} = 55,99 \text{ kg-f/cm}^2 \quad \text{Desviación estándar } \sigma = 10.17$$

$$F'm \text{ prom} - \sigma = 45,82 \text{ kg-f/cm}^2$$

$$\text{Dispersión } \sigma / f'm_{\text{prom}} = 18.16 \%$$

Módulo de elasticidad y módulo de corte

$$E_m = 500 f'm = 500 \times 45.82 = 22\,910 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_m = 0.4 E_m = 0.4 \times 22910 = 9\,164 \text{ kg/cm}^2$$

- ANÁLISIS:

Como suele pasar con las unidades huecas, las pilas al ser ensayadas comenzaron a presentar grietas verticales y diagonales a lo largo de la pila, mas no tardaron en triturarse teniendo una falla frágil y explosiva sobretodo en el primer ladrillo que recibía la carga directa de la máquina de ensayo.

La resistencia característica a compresión axial de la albañilería con unidades Blocker II es de $f'm = 45.82 \text{ kg-f/cm}^2$, sufriendo de falla frágil y sin cumplir los requisitos del RNE³¹.

³¹ RNE E.070, Capítulo 5

Esto quiere decir que el 84% de las pilas ensayadas tendrán una resistencia superior al valor característico. La dispersión es de 18.16 %, como no supera el 30%, no se corrige la mano de obra ni los materiales (según Ing. San Bartolomé).

El módulo de Elasticidad es **Em = 22910 kg-f/cm²** y el módulo de corte es **Gm = 9164 kg-f/cm²**

De acuerdo a la Tabla 54 (del RNE E.070) la resistencia de las pilas calificaría entre las unidades de King Kong Industrial y artesanal.

Tabla 54

RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA				
Mpa (kg/cm ²)				
Materia prima	Denominación	UNIDAD f'b	PILAS f'm	MURETES v'm
ARCILLA	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)

4.3.2 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL (MURETES DE ALBAÑILERÍA)

- **RESULTADOS:**

Resultados otorgados por la Universidad Nacional San Agustín

Tabla 55

MUESTRA	LARGOS		ESPESOR	CARGA APLICADA	ÁREA	PRESION v'm	PRESION
Nº	L1 (cm)	L2 (cm)	(cm)	Pu (kg)	A(cm2)	(kg/cm2)	v'm (Mpa)
MURETE 01	70.00	71.00	12.00	4672.00	1196.45	3.90	0.38
MURETE 02	70.50	70.00	12.10	4906.00	1202.12	4.08	0.40
MURETE 03	70.00	71.00	12.10	4672.00	1206.43	3.87	0.38
promedio						3.95	0.39

La desviación estándar es $\sigma = 0.11$

$$v'm_{prom} - \sigma = 3.95 - 0.11 = \mathbf{3.84kg-f/cm^2}$$

Dispersión $\sigma/v'm_{prom} = 2.96 \%$

- ANÁLISIS:

Por indicación del RNE se tomará como resistencia al corte característica de la albañilería (v'm) al valor promedio de la muestra menos la desviación estándar, teniendo como resultado:

$$v'm = \mathbf{3.84 kg-f/cm^2}$$

esto quiere decir que el 84% de los muretes ensayados tendrán una resistencia superior al valor característico.

La dispersión obtenida es de **2.96 %** < 30%, por lo tanto estos resultados son bastante fiables.

Con el ensayo de Compresión Diagonal de muretes se demuestra el grado de adherencia entre la unidad y el mortero. En el ensayo de los tres muretes se observó que la falla atravesaba tanto a la unidad como al mortero, demostrándose que la adherencia fue óptima usando un mortero de mezcla 1:5 con espesor de junta de 1.5 cm.

De acuerdo a la Tabla 56 (RNE E.070) la resistencia de los muretes no tiene calificación ya que su valor es mucho menor a los mencionados en el cuadro.

Tabla 56

RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA				
Mpa (kg/cm²)				
Materia prima	Denominación	UNIDAD f'b	PILAS f'm	MURETES v'm
ARCILLA	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)

4.3.3 RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE PILAS Y MURETES

Resistencia a la Compresión Axial f'm	: 45.82 kg-f/cm ²
Resistencia a la Compresión Diagonal v'm	: 3.84 kg-f/cm ²
Módulo de elasticidad Em	: 22 910 kg-f/cm ²
Módulo de corte Gm	: 9 164 kg-f/cm ²

4.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE VIVIENDA

Para los resultados se revisarán los desplazamientos de los entrepisos, que fueron desarrollados en los puntos 3.5.2.4 y 3.5.3.4, así como los esfuerzos en los muros de albañilería, que fueron desarrollados en los puntos 3.5.2.5 y 3.5.3.5, con los cuales se desarrollará el análisis estructural para el diseño de la albañilería confinada.

4.4.1 REVISIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS Y ESFUERZOS EN LOS MUROS

Para las edificaciones de albañilería la distorsión de diseño debe ser menor a 0.005 para que los muros soporten un sismo severo y en caso de daño, estos puedan ser reparados sin riesgo.

4.4.1.1 ANÁLISIS DE VIVIENDA ALFA

Se aprecia en los resultados de la **Tabla 10** (sección 3.5.2.4), que los desplazamiento no igualan ni superan a 2.5 cm, sin embargo, se observa que el sismo en el sentido X-X provoca distorsiones que se acercan a 0.005 lo que probablemente generaría graves daños en la albañilería, especialmente porque las viviendas autoconstruidas no cuentan con un adecuado proceso constructivo.

4.4.1.2 ANÁLISIS DE VIVIENDA BETA

Se aprecia en los resultados de la **Tabla 19** (sección 3.5.3.4), que los desplazamientos no igualan ni superan a 0.005, cumpliéndose lo especificado por la norma E.030, entonces se deduce que el diseño de la vivienda Beta permite tener muros económicamente reparables en caso de sismo severo.

4.4.2 DISEÑO POR SISMO MODERADO, RESISTENCIA AL CORTE GLOBAL, FUERZAS INTERNAS ANTE SISMO SEVERO Y VERIFICACIÓN DEL AGRIETAMIENTO EN PISOS SUPERIORES

4.4.2.1 ANÁLISIS DE VIVIENDA ALFA

En referencia a la **tabla 16** y **tabla 17** de la sección 3.5.2.6 (Diseño de la albañilería confinada de la vivienda Alfa), se tiene los siguientes resultados:

VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA AL CORTE DEL ENTREPISO

1ER PISO

$\Sigma Vm1 (x-x) =$	27.767	>	VE1 (x-x) =	72.03 t	NO
$\Sigma Vm1 (y-y) =$	103.290	>	VE1 (y-y) =	72.99 t	OK
$\Sigma Vm1 (x-x) =$	27.767	>	3 VE1 (x-x)		NO
$\Sigma Vm1 (y-y) =$	103.290	>	3 VE1 (y-y)		NO

Los muros del primer piso en el sentido X-X se agrietarán por sismo severo
Ningún muro tiene comportamiento elástico, se sigue diseñando

2DO PISO

$\Sigma Vm2 (x-x) =$	25.122	>	VE2 (x-x) =	43.13 t	NO
$\Sigma Vm2 (y-y) =$	67.484	>	VE2 (y-y) =	42.89 t	OK
$\Sigma Vm2 (x-x) =$	25.122	>	3 VE2 (x-x)		NO
$\Sigma Vm2 (y-y) =$	67.484	>	3 VE2 (y-y)		NO

Los muros del segundo piso en el sentido X-X se agrietarán por sismo severo
Ningún muro tiene comportamiento elástico, se sigue diseñando

CONTROL DE FISURACIÓN Y AGRIETAMIENTO DIAGONAL EN ENTREPISOS SUPERIORES

1ER PISO =	Los muros del piso se agrietan por corte ante el sismo moderado cuando $V_e > 0.55 V_m$	CASI TODOS
2DO PISO =	Todo muro de un piso superior que tenga $V_u > V_m$ fallara por corte	TODOS EN X-X & Y2

DISEÑO PARA CARGAS ORTOGONALES AL PLANO DEL MURO

Si $\sigma_m = Pm/(L.t) < 0,15 f'm$ no necesitan ser diseñados
($0.15 f'm = 68.73 \text{ T/m}^2$)

1ER PISO = **NO NECESITAN**

2DO PISO = **NO NECESITAN**

VERIFICACIÓN DE REFUERZO HORIZONTAL EN MUROS

Todo muro que tenga $V_u \geq V_m$ necesita refuerzo por sismo severo

1ER PISO = **CASI TODOS**

2DO PISO = **TODOS EN X-X & Y2**

Todo muro que tenga $\sigma_m = Pm/(L.t) \geq 0,05 f'm$ deberá llevar refuerzo horizontal por esfuerzo a compresión axial ($f'm = 485.2 \text{ T/m}^2$, $0.05 f'm = 22.91 \text{ T/m}^2$)

1ER PISO = **TODOS EXCEPTO Y11**

2DO PISO = **NINGUNO**

RESUMEN:

- Por acción del sismo severo todos los muros en el sentido X-X sufrirán agrietamientos.
- Por acción del sismo moderado se agrietarán y fisurarán casi todos los muros del primer piso.
- Por acción del sismo moderado se agrietarán y fisurarán todos los muros en el sentido X-X del segundo piso.

- Ningún muro necesita diseño por fuerzas ortogonales al plano.
- Todos los muros del primer piso y los del sentido X-X del segundo piso necesitan refuerzo horizontal.

4.4.2.2 ANÁLISIS DE VIVIENDA BETA

En referencia a la **tabla 27** y **tabla 28** de la sección 3.5.3.6 (Diseño de la albañilería confinada de la vivienda Beta), se tiene los siguientes resultados:

VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA AL CORTE DEL ENTREPISO

1ER PISO

$\Sigma Vm1 (x-x) =$	63.871	>	VE1 (x-x) =	52.10 t	OK
$\Sigma Vm1 (y-y) =$	112.303	>	VE1 (y-y) =	55.16 t	OK
$\Sigma Vm1 (x-x) =$	63.871	>	3 VE1 (x-x)		NO
$\Sigma Vm1 (y-y) =$	112.303	>	3 VE1 (y-y)		NO

Los muros del primer piso no se agrietarán por sismo severo

Ningún muro tiene comportamiento elástico, se sigue diseñando

2DO PISO

$\Sigma Vm2 (x-x) =$	59.084	>	VE2 (x-x) =	32.42 t	OK
$\Sigma Vm2 (y-y) =$	95.589	>	VE2 (y-y) =	33.04 t	OK
$\Sigma Vm2 (x-x) =$	59.084	>	3 VE2 (x-x)		NO
$\Sigma Vm2 (y-y) =$	95.589	>	3 VE2 (y-y)		NO

Los muros del segundo piso no se agrietarán por sismo severo

Ningún muro tiene comportamiento elástico, se sigue diseñando

CONTROL DE FISURACIÓN Y AGRIETAMIENTO DIAGONAL EN ENTREPISOS SUPERIORES

1ER PISO =	Los muros del piso se agrietan por corte ante el sismo moderado cuando $V_e > 0.55 V_m$	NINGUNO
2DO PISO =	Todo muro de un piso superior que tenga $V_u > V_m$ fallara por corte	NINGUNO

DISEÑO PARA CARGAS ORTOGONALES AL PLANO DEL MURO

Si $\sigma_m = Pm/(L.t) < 0,15 f'm$ no necesitan ser diseñados
($0.15 f'm = 68.73 \text{ T/m}^2$)

1ER PISO = NO NECESITAN
2DO PISO = NO NECESITAN

VERIFICACIÓN DE REFUERZO HORIZONTAL EN MUROS

Todo muro que tenga $V_u \geq V_m$ necesita refuerzo por sismo severo

1ER PISO = TODOS EN X-X
2DO PISO = NINGUNO

Todo muro que tenga $\sigma_m = Pm/(L.t) \geq 0,05 f'm$ deberá llevar refuerzo horizontal por esfuerzo a compresión axial ($f'm = 485.2 \text{ T/m}^2$, $0.05 f'm = 22.91 \text{ T/m}^2$)

1ER PISO = X5, Y1, Y6, Y8, Y11
2DO PISO = NINGUNO

RESUMEN:

- Por acción del sismo severo ningún muro en el sentido X-X o Y-Y sufrirán agrietamientos
- Por acción del sismo moderado no se agrietarán ni se fisurarán los muros del primer piso
- Por acción del sismo moderado no se agrietarán ni se fisurarán los muros del segundo piso
- Ningún muro necesita diseño por fuerzas ortogonales al plano
- Todos los muros en el sentido X-X y los muros Y1, Y6, Y8, Y11 del primer piso necesitan refuerzo horizontal.

1) Diseño de elementos de confinamiento (vigas y soleras)

De acuerdo a los cálculos en el capítulo III, sección 3.5.3.7, las columnas se reducen a los siguientes tipos:

- C-4:** columna 4-A,
20 x 30 cm, con $4\phi 1/2" + 2\phi 3/8"$, $9 \square 1/4" @ 5\text{cm}$
- C-3:** columna 1-A, 1-C, 1-E, 6-A, 6-E,
en forma de L, 13 x 25 cm, con $5\phi 1/2" + 3\phi 3/8"$, $9 \square 1/4" @ 5\text{cm}$
- C-2:** 2-C, 3-C, 4-C, 4-D, 4-E, 5-D, 6-D
13 x 30 cm, con $4\phi 1/2" + 2\phi 3/8"$, $9 \square 1/4" @ 5\text{cm}$
- C-1:** 1-D', 2-A, 2-D, 2-E, 3-A, 3-D, 3-E, 5-A, 5-B, 5-E, 6-B
13 x 25 cm, con $4\phi 3/8"$, $9 \square 1/4" @ 5\text{cm}$

Y las vigas soleras, se reducen a los siguientes tipos:

- V-3:** muro Y7', Y8, Y8', Y10', Y11
con $6 \phi 3/8"$, $\square 1/4" 1 @ 5$ y $4 @ 10 \text{ cm}$
- V-2:** X1', X2', X4, X5
con $4\phi 3/8"$, $\square 1/4" 1 @ 5$ y $4 @ 10 \text{ cm}$

V-1: Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y13, Y14, Y15, Y16, Y17
 con 4Ø 3/8", □ 1/4" 1 @ 5 y 4 @ 10 cm
v-b: con 4Ø 3/8", □ 1/4" 1 @ 5 y 4 @ 10 cm

Que se distribuyen en la estructura como se observa en los planos E-2 y D-1 del **Anexo 06**

2) Refuerzo horizontal de muros agrietados

De acuerdo a los cálculos en el capítulo III, sección 3.5.3.7 se empleará:

1 φ 1/4" @ 1 hiladas (cada 17 cm).

(Las dimensiones del ladrillo Blocker II son: 12 x 29 x 17)

3) Aspecto económico de construcción en vivienda Beta

En la presente tesis no se ha considerado como parte de los objetivos la investigación del costo de construcción de una vivienda como Beta, así como las ventajas o desventajas económicas que conlleva. Sin embargo, se hace un breve análisis de este factor en el **Anexo 10** para una visión más amplia de la propuesta de diseño.

4.4.3 RESUMEN DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE VIVIENDA

Tabla 57: Comparación de resultados del ANÁLISIS ESTRUCTURAL

	ANÁLISIS	VIV. ALFA (AUTOCONSTRUIDA)	VIV. BETA (DISEÑADA)
SISMO SEVERO	DESPLAZAMIENTO Y DISTORSIÓN	El desplazamiento no supera los 2.5 cm, pero las distorsiones en el sentido x-x se aproximan a 0.005 Todos los muros en el sentido x-x se agrietamiento	El desplazamiento no supera los 2.5 cm, y las distorsiones no se aproximan a 0.005

S. MODERA DO	RESISTENCIA A CORTE DE ENTREPISO	Los muros no tienen comportamiento elástico Casi todos los muros del primer piso se agrietarán	Los muros no tienen comportamiento elástico Ningún muro en sentido x-x o y-y se agrietará
S. MODERA DO	CONTROL DE FISURACIÓN Y AGRIETAMIENTO DIAGONAL EN ENTREPISOS SUPERIORES	Se agrietarán y fisurarán todos los muros en el sentido x-x del segundo piso	No se agrietarán ni se fisurarán los muros del primer y segundo piso
S. MOD.	DISEÑO PARA CARGAS ORTOGONALES AL PLANO DEL MURO	Ningún muro necesita diseño por fuerzas ortogonales al plano.	Ningún muro necesita diseño por fuerzas ortogonales al plano
S. MODERA DO	VERIFICACIÓN DE REFUERZO HORIZONTAL EN MUROS	Todos los muros del primer piso y los del sentido X-X del segundo piso necesitan refuerzo horizontal.	Todos los muros en el sentido X-X y los muros Y1, Y6, Y8, Y11 del primer piso necesitan refuerzo horizontal.

Los resultados de la vivienda Alfa comprueban que las viviendas autoconstruidas son inseguras y la albañilería falla ante los eventos sísmicos moderados y severos.

Con los resultados del diseño de la vivienda Beta se presume que ésta vivienda puede trabajar estructuralmente de acuerdo a las normas E.030 y E.070.

Sin embargo para acreditar éste diseño se tendrían que hacer unos ensayos a sistemas de albañilería en laboratorio, tanto a los muros de tamaño real y a un módulo con características muy parecidas para ser comprobado. Estos ensayos tales como ensayo de Carga Lateral Cíclica y Ensayos Pseudo-dinámicos y Dinámicos de módulos de albañilería confinada solo se encuentran en Lima y a costos muy elevados.

Tal acreditación del diseño de la vivienda Beta no ha procedido por el costo y por no ser primordial para la investigación del principal objetivo de esta tesis.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados, los factores que más han influido en el comportamiento estructural de las viviendas de albañilería confinada con Blocker II en la ciudad de Tacna son:
 - Resistencia a la compresión de los ladrillos Blocker II ($f'_b = 46.60 \text{ kg-f/cm}^2$), que no clasifica como unidad de albañilería para fines estructurales ya que el mínimo necesario es 50 kg/cm^2 . Esta propiedad afecta directamente a la resistencia a la compresión axial y diagonal de la albañilería ($f'_m = 45.82 \text{ kg-f/cm}^2$ y $v'_m = 3.84 \text{ kg-f/cm}^2$) las cuales no se encuentran dentro de las resistencias características de la albañilería del RNE.
 - Y también las características estructurales de las viviendas como son la distribución, densidad y continuidad vertical de los muros portantes, de los cuales depende la respuesta de la albañilería a la fisuración, el agrietamiento diagonal y la resistencia al corte, son importantes para su comportamiento frente a un sismo moderado donde debe mantenerse en el rango elástico, y ante un sismo severo donde debe quedar económicamente reparable.

Ambos son factores codependientes en las construcciones de este tipo y deben ser evaluados para el apropiado comportamiento estructural de las estructuras de albañilería confinada.

2. Se observa que cuando una vivienda de albañilería confinada con Blocker II es autoconstruida presenta un comportamiento estructural con mayores deficiencias frente a las fuerzas por sismo severo y moderado. En general estas

viviendas no cumplen con los requisitos para su adecuado funcionamiento estructural, por lo tanto se las considera de alto riesgo.

3. De acuerdo a los análisis se determina que no es una buena opción técnica el uso de ladrillos Blocker II como unidades estructurales para la construcción de viviendas de albañilería confinada por ser frágiles. Sin embargo, los resultados del cálculo estructural muestran que hipotéticamente la construcción de una vivienda con Blocker II se encuentra dentro del margen aceptable de seguridad si es que cuenta con un diseño adecuado respecto al RNE E.070, no tiene más de dos niveles, la altura de entrepiso no supera los 2.60 m y se siguen las buenas prácticas del proceso constructivo.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Se hace necesario fomentar la investigación de este tipo de unidades, ya que se encuentran muchos vacíos en la norma E.070 del RNE respecto a los ladrillos huecos como el Blocker II, imposibilitando su clasificación y su uso adecuado, así como el desconocimiento general respecto a las propiedades de estas unidades, incrementándose la negligencia en la construcción.
2. Como inevitablemente el uso de Blocker II continúa y se incrementa, es muy importante considerar que se debe limitar los desplazamientos laterales inelásticos en las viviendas de albañilería confinada, ya que al ser estructuras de mediana altura sufren la falla por corte. Por ello se recomienda tener una adecuada densidad de muros y el correspondiente diseño de columnas de confinamiento como última línea resistente y sobretodo un adecuado proceso constructivo, con el cual se logrará un mejor desempeño del sistema estructural.

3. Es necesario fomentar la capacitación a técnicos y maestros de obra en la construcción y/o reparación de las viviendas de albañilería confinada para reducir el alto índice de desastre por evento sísmico que suele pasar por la gran cantidad de viviendas autoconstruidas que presentan varios problemas estructurales

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- **REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES**, Norma Técnica de Edificación E.070 “Albañilería” y E.030 “Diseño Sismoresistente”
Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, y SENCICO, 2006
- **NORMAS NTP**, *INDECOPI*
- **CENSO NACIONAL 2007**, *INEI*
- **“CONSTRUCCIONES DE ALBAÑILERÍA - COMPORTAMIENTO SÍSMICO Y DISEÑO ESTRUCTURAL”**
Ángel San Bartolomé
PUCP Fondo Editorial 1998
- **“ANÁLISIS Y DISEÑO DE EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA”**
Tomás Flavio Abanto Castillo; 2006
- **“COMENTARIOS A LA NORMA E.070 ALBAÑILERÍA”**
Ángel San Bartolomé
SENCICO, 2006.
- **“MANUAL PARA LA REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DAÑADAS POR SISMOS”**
Julio Kuroiwa Horiuchi, Joel Salas Peña
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, 2009
- **“CRITERIOS PARA CONSTRUCCIONES DE LADRILLO MÁS SEGURAS”**
Daniel Quiun W.
PUCP

- **EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA NORMA E.070 EN EL DISEÑO DE UN EDIFICIO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA**
Ángel San bartolomé
PUCP
- **“PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE DESASTRES DE LA CIUDAD DE TACNA”**
Instituto Nacional de Defensa Civil
INDECI – PNUD – PER/02/051, 2007
- **ESTUDIO DIAGNÓSTICO SOBRE LAS LADRILLERAS ARTESANALES EN EL PERÚ - DEPARTAMENTOS DE PUNO, CAJAMARCA, TRUJILLO, LAMBAYEQUE, PIURA, AYACUCHO, LIMA, TACNA, AREQUIPA Y CUSCO.**
Elaborado por el Programa Regional de Aire Limpio PRAL y el Ministerio de la Producción
MINAM, COSUDE, CALANDRIA, Swiss Contact; 2006
- **“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA ALBAÑILERÍA PRODUCIDA CON UNIDADES FABRICADAS EN LA REGIÓN CENTRAL JUNÍN”**
Tesis para grado de Magister en Ingeniería Civil
Dionisia Rosa Aguirre Gaspar
PUCP 2004
- **“COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE F’B, F’M Y EM DEL LADRILLO TIPO HÉRCULES I DE LA LADRILLERA MARTORELL Y SU RELACIÓN EN UN TRIMESTRE DE FABRICACIÓN”**
Tesis para Título de Ingeniero Civil
Bach. Hugo Wilfredo Pilco Pari, Bach. Manuel Curo Estaña
UPT 2009

- **“ENSAYOS PARA OBTENER EL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y MÓDULO DE CORTE EN LA BLOQUETA ARTESANAL QUE SE PRODUCE EN EL CONO SUR DE LA CIUDAD DE TACNA”**

Tesis para Título de Ingeniero Civil

Paola Denisse Huertas Mory, Michell Karls Gambetta Montalvo

UPT 2010

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 01. PLANO DE UBICACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIOS Y ZONIFICACIÓN DE SUELOS

Programa de Prevención y Medidas de Mitigación ante Desastres de la Ciudad de Tacna

Proyecto: Ciudades Sostenibles

Autor: INDECI, 2005

ANEXO 02. PLANO DE MATERIALES PREDOMINANTES EN LAS EDIFICACIONES

Programa de Prevención y Medidas de Mitigación ante Desastres de la Ciudad de Tacna

Proyecto: Ciudades Sostenibles

Autor: INDECI, 2005

ANEXO 03. CUADRO N°7: VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES DE LA VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, TIPO DE VIVIENDA Y TOTAL DE OCUPANTES PRESENTES

Censo Nacional 2007

Autor: INEI

ANEXO 04. MATRIZ DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, MATRIZ DE CONSISTENCIA, OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

ANEXO 05. PANEL FOTOGRÁFICO DE MATERIAL Y SISTEMA CONSTRUCTIVO DE VIVIENDAS EN TACNA

ANEXO 06. PLANOS DE VIVIENDAS PARA ANÁLISIS ESTRUCTURAL

ANEXO 07. NORMAS NTP 331.019, NTP 331.018, NTP 399.605, NTP 399.621

Autor: INDECOPI

ANEXO 08. COPIA DE LOS CERTIFICADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

- *Ensayo de Alabeo*
- *Ensayo de Variabilidad Dimensional*
- *Ensayo de Porcentaje de Ranuras*
- *Ensayo de Peso Específico*
- *Ensayo de Porcentaje de Absorción*
- *Ensayo de Porcentaje de Absorción Máxima*
- *Ensayo de Resistencia a la Compresión*
- *Ensayo de Eflorescencia*
- *Ensayo de Succión*
- *Compresión axial en pilas*
- *Compresión diagonal en muretes*

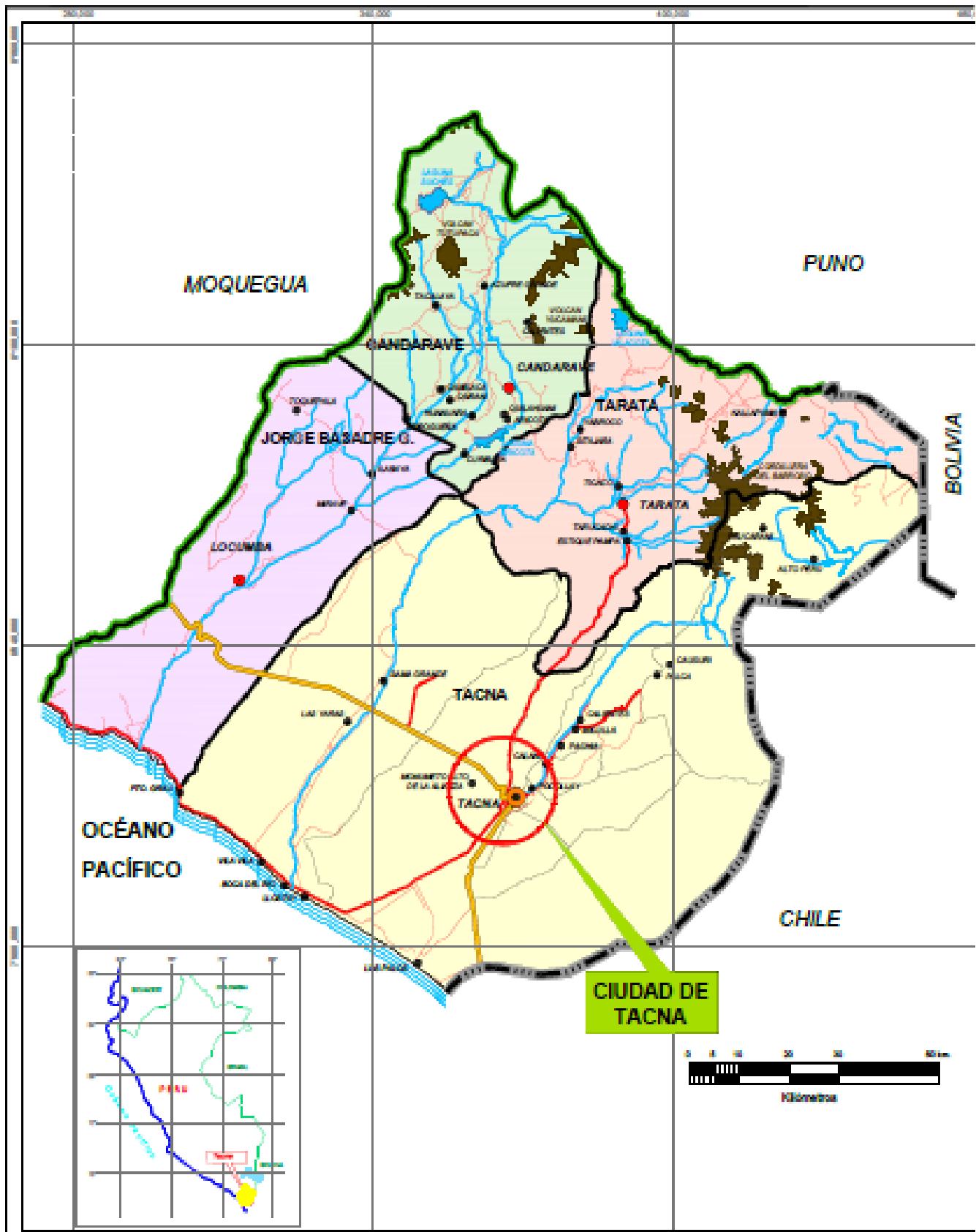
ANEXO 09. COPIA DE RECIBOS Y BOLETAS

- *Compra de los ladrillos Blocker II a la Ladrillera J. Martorell S.A.*
- *Ensayo de Laboratorio en el Laboratorio de Concreto y Ensayo de Materiales de Construcción de la UNSA*

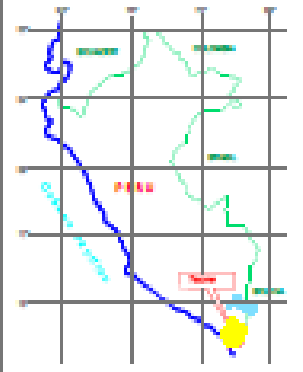
ANEXO 10. ASPECTO ECONÓMICO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA BETA

ANEXO 01

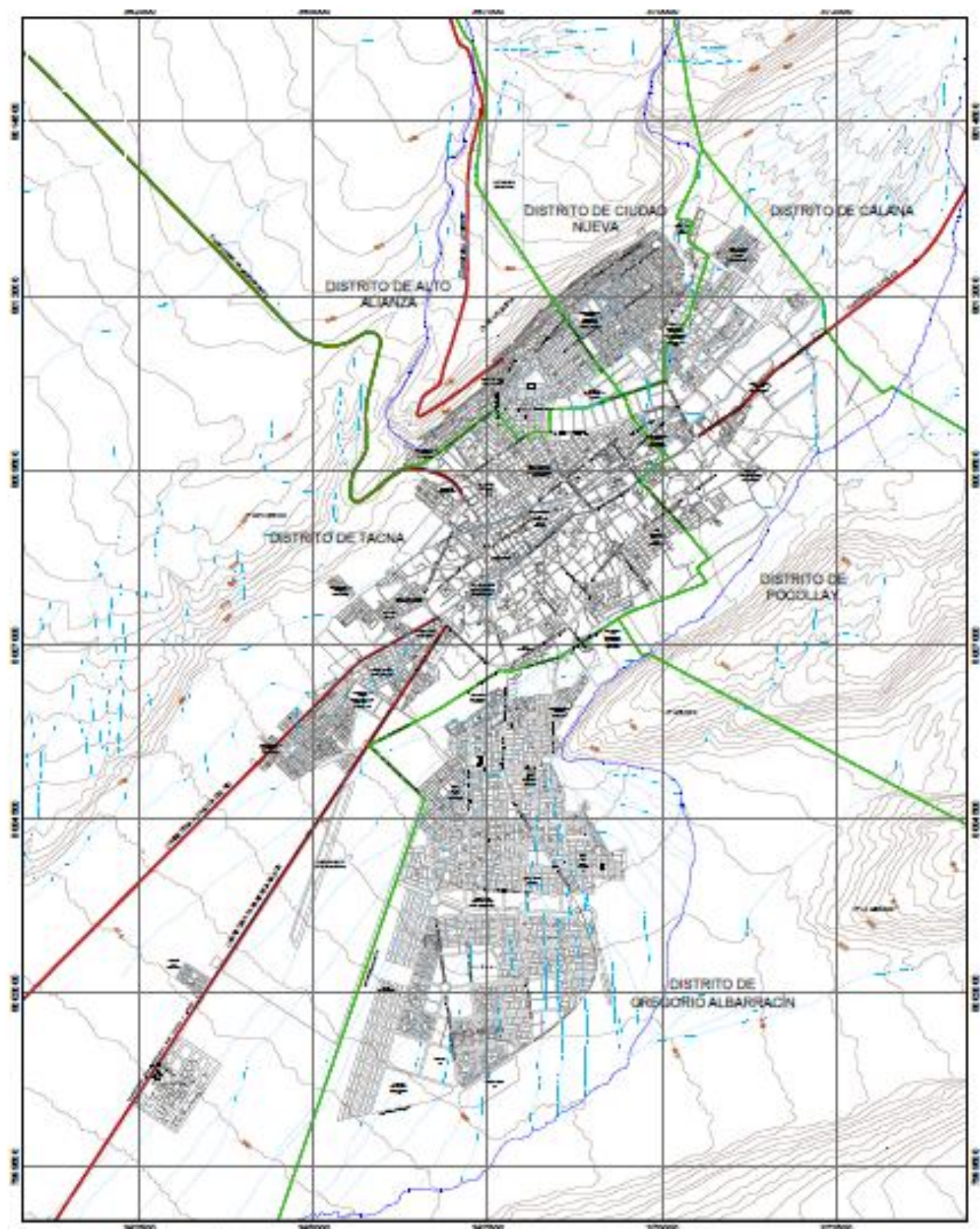
PLANO DE UBICACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIOS Y ZONIFICACIÓN DE SUELOS



CIUDAD DE TACNA



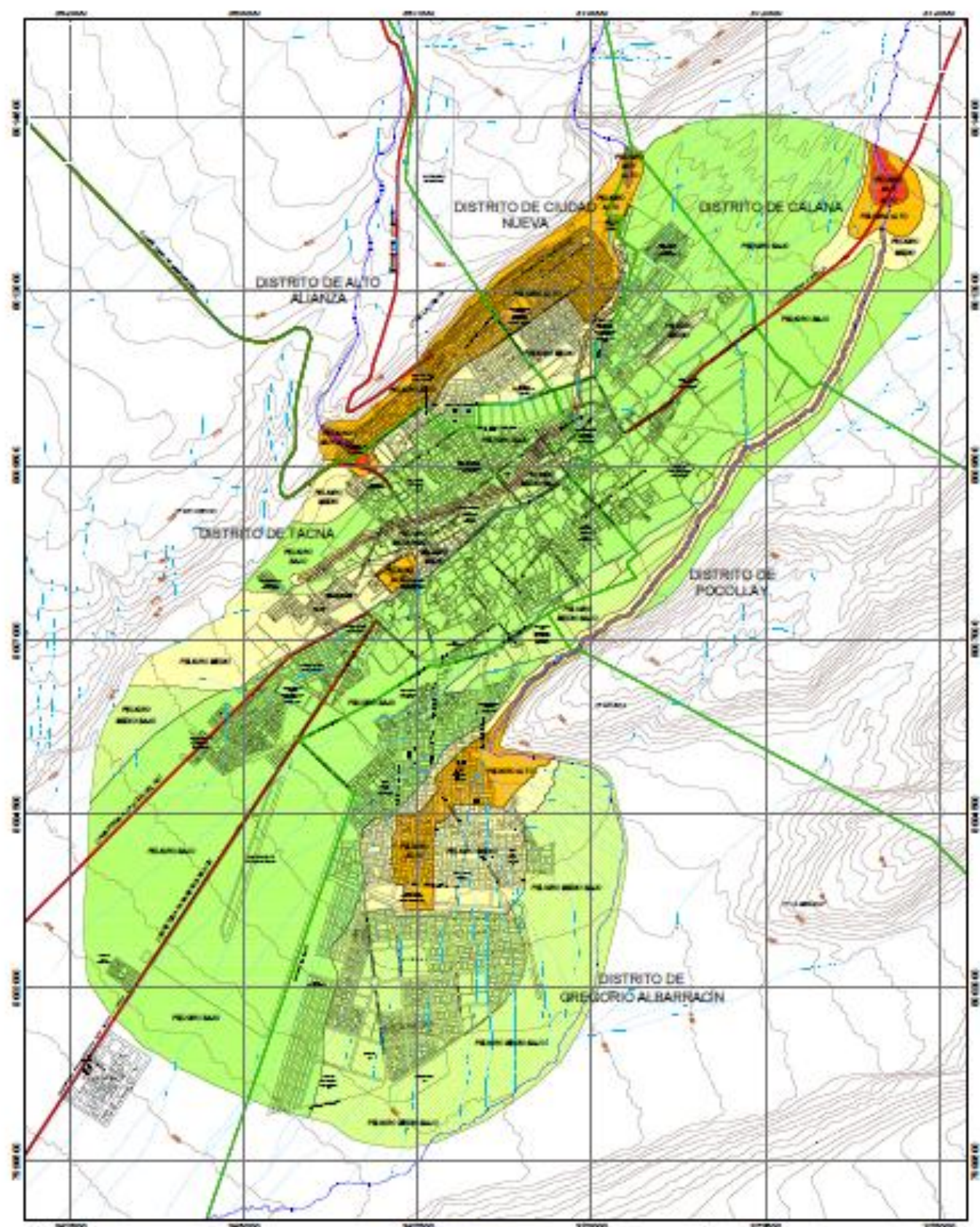
LEYENDA		SIMBOLOGIA		CIUDADES SOSTENIBLES INDCI - PLAN - PER / 00 / 001	
	<				



LEYENDA

	Pedregos urbanos
	Curvas de nivel
	Límite distrital
	Vías de Acceso
	Drenaje natural principal
	Drenaje natural secundario

Projección: UTM Datum: WGS 84 Escala: 1:50,000			
PROYECTO: PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DE SERVICIOS PÚBLICOS PARA LAS CIUDADES SOSTENIBLES			
MAPA DE SERVICIOS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POCOLAY Y COMPARTIMIENTO ALTO DE LA ALIANZA Y CALAÑA)			
MAPA 02			
Fecha: 15/08/2018	Autor: ELM. PROPA	Escala: 1:50,000	Hoja: 02



LEYENDA

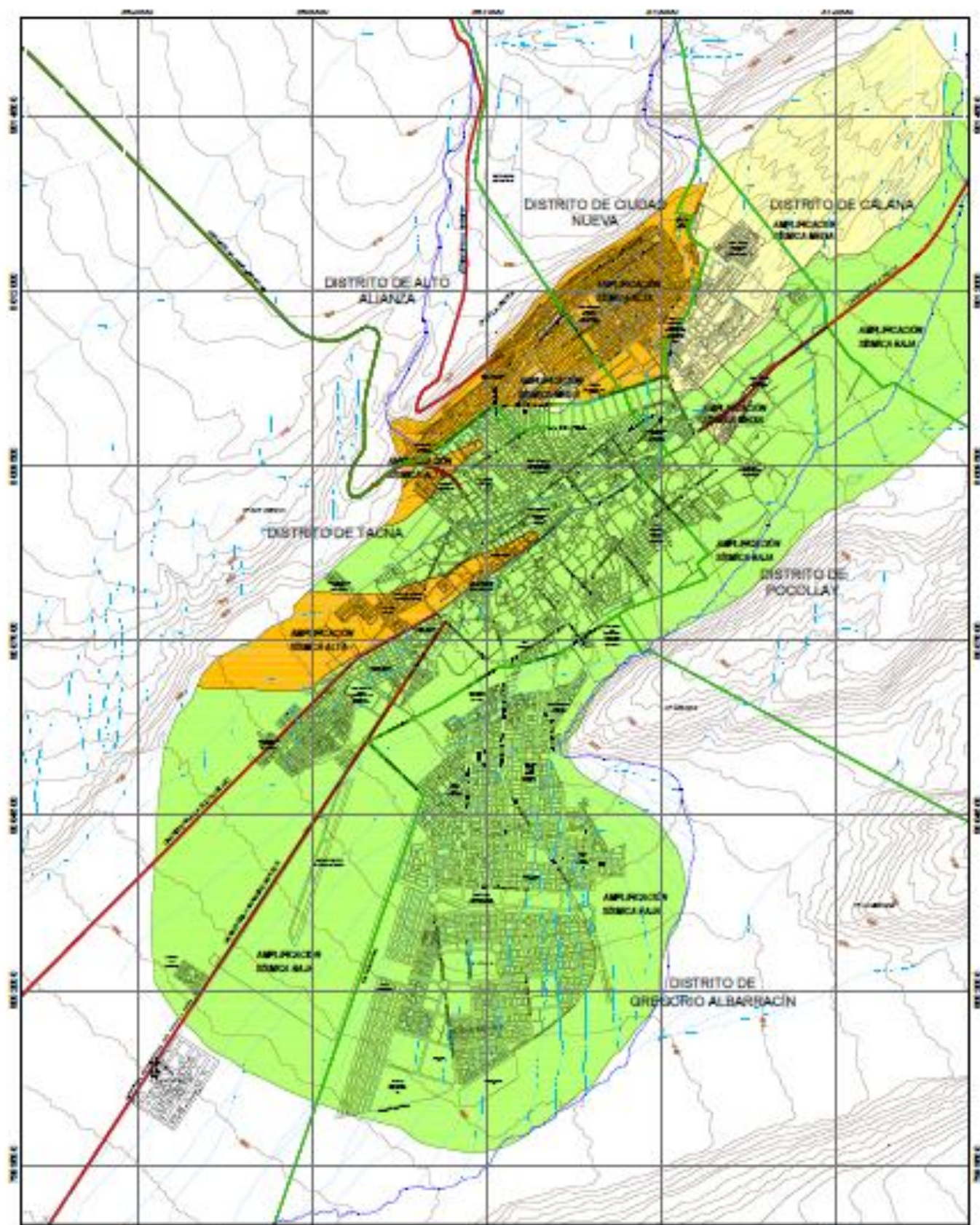
- Predios urbanos
- Curvas de nivel
- Límite distrital
- Vías de Acceso
- Drenaje natural principal
- Drenaje natural secundario

PELIGROS MÚLTIPLES

- PELIGRO MUY ALTO
- PELIGRO ALTO
- PELIGRO MEDIO
- PELIGRO MEDIO-BAJO
- PELIGRO BAJO

INICIO - PALEO - PER / 02 / 2011
Ciudades Sostenibles
 MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, GREGORIO ALBARRACÍN, POOOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALTIPLANO Y CIUDAD NUEVA)
 ZONIFICACIÓN DE PELIGROS MÚLTIPLES

Fecha	Escala	Título	Folio
02/08/2011	1:50,000	ELAB. PROPIA	18



LEYENDA

- Predios urbanos
- Curvas de nivel
- Límite distrital
- Vías de Acceso
- Drenaje natural principal
- Drenaje natural secundario

AMPLIFICACIÓN SÍSMICA

- AMPLIFICACIÓN SÍSMICA BAJA
- AMPLIFICACIÓN SÍSMICA MEDIA
- AMPLIFICACIÓN SÍSMICA ALTA

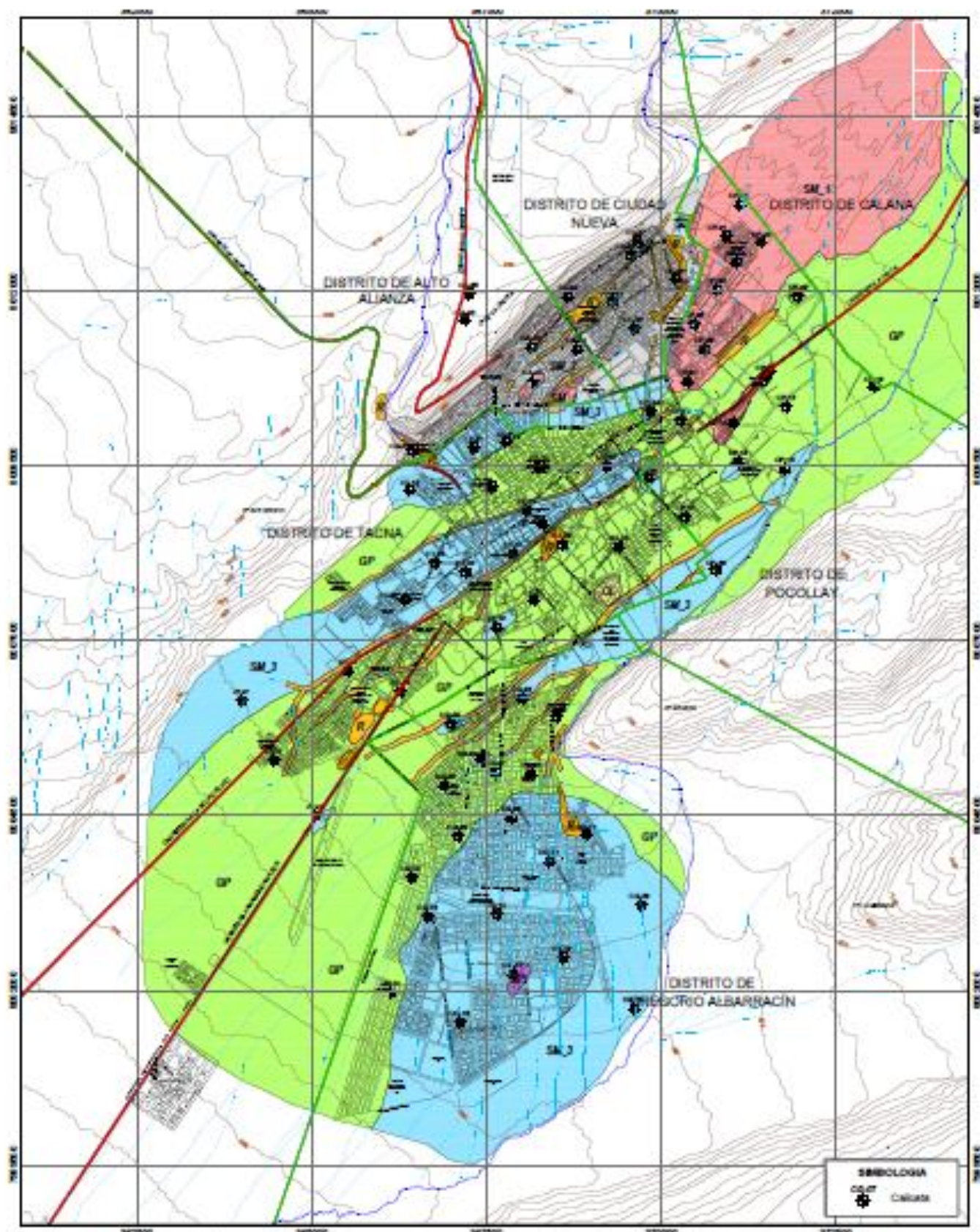
Proyecto: INICIO - PALEI - PNR / 02 / 021
CUDADES SOSTENIBLES

MAPA DE PLANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE TACNA (DISTRITO DE TACNA, DISTRITO ALBARRACÍN, DISTRITO POCOLLAY Y COMPLEMENTO ALTO DE LA ALANZA Y CIUDAD NUEVA)

AMPLIFICACIÓN SÍSMICA LOCAL

Fecha:	Elaborado por:	Fecha:	Escala:
15/08/2018	PALEI	04/08/2018	1:10,000

10



LEYENDA

	Parcelas urbanas
	Curvas de nivel
	Límite distrital
	Vías de Acceso
	Drenaje natural principal
	Drenaje natural secundario

ZONIFICACIÓN DE SUELOS SUPERFICIALES

	GP, Glevias mal graduadas		SM_1, Arenas limosas
	SP, Arenas mal graduadas		SM_2, Arenas limosas
	CL, Arcillas de baja compresibilidad		SM_3, Arenas limosas
			R, Rellenos

Simbología

	Ciudad
--	--------

Proyecto: PISO - PISO - PAK / 01 / 001
Ciudades Sostenibles

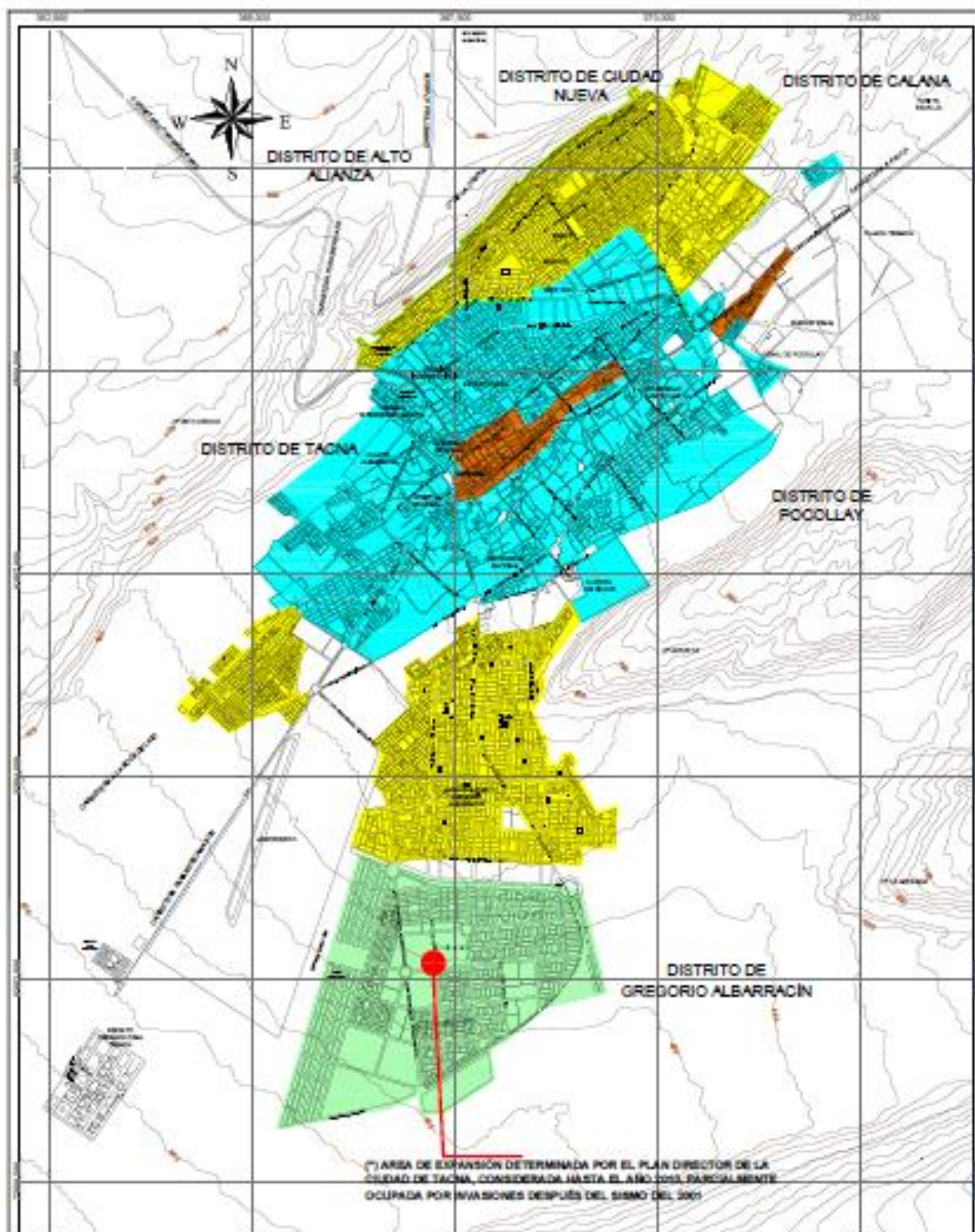
MAPA DE PLANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE TARMA (DISTRITO DE TARMA, DISTRITO ALBARRACÍN, POCOLAY Y COMPLEJOS ALTOS DE LA ALIANZA Y CIUDAD NUEVA)

ZONIFICACIÓN SUPERFICIAL DE SUELOS

Fecha:	Diseño:	Autores:	Hoja:
15/08/2018	15/08/2018	EVAL. MORA	07

ANEXO 02

PLANO DE MATERIALES PREDOMINANTES EN LAS EDIFICACIONES



LEYENDA



PREDOMINANTE
ADOBES



PREDOMINANTE
LADRILLO Y
BLOQUETA



PREDOMINANTE
BLOQUETA CEMENTO



MATERIALES
PRECIARIOS, ESTERAS,
PALOS, CALAMENAS,
ETC.

CIDADES SOSTENIBLES

INICIO - PLAN - PER / 02 / 051

TÍTULO: PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE
DESASTRES DE LA CIUDAD DE TACNA

GRUPO DE
MATERIALES PREDOMINANTES EN LAS
EDIFICACIONES

ENTIDAD
CATEDRO DE
EMPRESA DE
AGUA POTABLE
DE TACNA - 2006

FECHA:
DICIEMBRE 2006

ESCALA:
1:1'000.000

LÍNEA

09

ANEXO 03

CUADRO N°7: VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES DE LA VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, TIPO DE VIVIENDA Y TOTAL DE OCUPANTES PRESENTES

CUADRO N° 7: VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES DE LA VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, TIPO DE VIVIENDA Y TOTAL DE OCUPANTES PRESENTES

Provincia, distrito, área urbana y rural, tipo de vivienda y total de ocupantes presentes	Material predominante en las paredes exteriores de la vivienda								
	Total	Ladrillo o bloque de cemento	Adobe o tapia	Madera (pona, tornillo, etc.)	Quincha (caña con barro)	Estera	Piedra con barro	Piedra o sillar con cal o cemento	Otro material
RURAL									
Viviendas particulares	465	97	319	4	6	31	3	2	3
Ocupantes presentes	1 461	289	1 056	12	13	78	3	2	8
DISTRITO PALCA									
Viviendas particulares	447	2	356	-	3	-	73	2	11
Ocupantes presentes	1 384	6	1 106	-	8	-	225	6	33
URBANA									
Viviendas particulares	47	2	40	-	-	-	-	-	5
Ocupantes presentes	133	6	113	-	-	-	-	-	14
RURAL									
Viviendas particulares	400	-	316	-	3	-	73	2	6
Ocupantes presentes	1 251	-	993	-	8	-	225	6	19
DISTRITO POCOLLAY									
Viviendas particulares	4 655	3 127	320	25	17	1 068	9	7	82
Ocupantes presentes	16 276	12 200	1 215	81	44	2 552	18	15	151
URBANA									
Viviendas particulares	4 338	3 002	223	23	17	978	9	7	79
Ocupantes presentes	15 356	11 790	866	74	44	2 406	18	15	143
RURAL									
Viviendas particulares	317	125	97	2	-	90	-	-	3
Ocupantes presentes	920	410	349	7	-	146	-	-	8

CUADRO Nº 7: VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES DE LA VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, TIPO DE VIVIENDA Y TOTAL DE OCUPANTES PRESENTES

Provincia, distrito, área urbana y rural, tipo de vivienda y total de ocupantes presentes	Material predominante en las paredes exteriores de la vivienda								
	Total	Ladrillo o bloque de cemento	Adobe o tapia	Madera (pona, tornillo, etc.)	Quinchá (caña con barro)	Estera	Piedra con barro	Piedra o sillar con cal o cemento	Otro material
Casa independiente									
Viviendas particulares	3 547	1 592	1 111	119	118	494	57	6	50
Ocupantes presentes	11 554	4 988	3 936	385	374	1 517	185	14	155
Choza o cabaña									
Viviendas particulares	1 807	-	290	35	79	1 328	29	1	45
Ocupantes presentes	4 849	-	917	104	284	3 376	76	2	90
Local no dest. para hab. humana									
Viviendas particulares	8	5	-	-	-	2	-	-	1
Ocupantes presentes	12	7	-	-	-	3	-	-	2
Otro tipo									
Viviendas particulares	12	-	-	-	-	-	-	-	12
Ocupantes presentes	30	-	-	-	-	-	-	-	30
DISTRITO TACNA									
Viviendas particulares	24 632	21 068	1 846	177	144	1 205	20	33	139
Ocupantes presentes	92 481	81 227	6 069	591	466	3 474	79	110	465
URBANA									
Viviendas particulares	22 626	20 227	1 725	76	127	329	17	33	92
Ocupantes presentes	86 415	78 622	5 693	251	418	933	71	110	317
RURAL									
Viviendas particulares	2 006	841	121	101	17	876	3	-	47
Ocupantes presentes	6 066	2 605	376	340	48	2 541	8	-	148

CUADRO N° 7: VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES DE LA VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, TIPO DE VIVIENDA Y TOTAL DE OCUPANTES PRESENTES

Provincia, distrito, área urbana y rural, tipo de vivienda y total de ocupantes presentes	Material predominante en las paredes exteriores de la vivienda								
	Total	Ladrillo o bloque de cemento	Adobe o tapia	Madera (pona, tornillo, etc.)	Quincha (caña con barro)	Estera	Piedra con barro	Piedra o sillar con cal o cemento	Otro material
Casa independiente									
Viviendas particulares	58 355	52 117	2 448	213	253	2 890	75	87	272
Ocupantes presentes	220 923	202 006	8 139	709	722	8 044	225	274	804
Departamento en edificio									
Viviendas particulares	2 226	2 216	7	1	2	-	-	-	-
Ocupantes presentes	6 748	6 714	23	5	6	-	-	-	-
Vivienda en quinta									
Viviendas particulares	393	349	38	-	5	-	-	1	-
Ocupantes presentes	1 222	1 083	117	-	21	-	-	1	-
Vivienda en casa de vecindad									
Viviendas particulares	410	348	30	1	5	21	-	-	5
Ocupantes presentes	1 386	1 155	116	1	19	71	-	-	24
Vivienda improvisada									
Viviendas particulares	4 646	-	-	64	-	4 393	-	-	189
Ocupantes presentes	11 788	-	-	186	-	11 191	-	-	411
Local no dest. para hab. humana									
Viviendas particulares	131	103	11	4	-	9	1	-	3
Ocupantes presentes	294	239	27	9	-	15	1	-	3
Otro tipo									
Viviendas particulares	18	-	-	-	-	-	-	-	18
Ocupantes presentes	40	-	-	-	-	-	-	-	40
RURAL									
Viviendas particulares	5 374	1 597	1 401	154	197	1 824	86	7	108
Ocupantes presentes	16 445	4 995	4 853	489	658	4 896	261	16	277

CUADRO N° 7: VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES DE LA VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, TIPO DE VIVIENDA Y TOTAL DE OCUPANTES PRESENTES

Provincia, distrito, área urbana y rural, tipo de vivienda y total de ocupantes presentes	Material predominante en las paredes exteriores de la vivienda								
	Total	Ladrillo o bloque de cemento	Adobe o tapia	Madera (pona, tornillo, etc.)	Quincha (caña con barro)	Estera	Piedra con barro	Piedra o sillar con cal o cemento	Otro material
Departamento en edificio									
Viviendas particulares	2 226	2 216	7	1	2	-	-	-	
Ocupantes presentes	6 748	6 714	23	5	6	-	-	-	
Vivienda en quinta									
Viviendas particulares	393	349	38	-	5	-	1	-	
Ocupantes presentes	1 222	1 083	117	-	21	-	1	-	
Vivienda en casa de vecindad									
Viviendas particulares	410	348	30	1	5	21	-	5	
Ocupantes presentes	1 386	1 155	116	1	19	71	-	24	
Choza o cabaña									
Viviendas particulares	1 807	-	290	35	79	1 328	29	45	
Ocupantes presentes	4 849	-	917	104	284	3 376	76	90	
Vivienda improvisada									
Viviendas particulares	4 646	-	-	64	-	4 393	-	189	
Ocupantes presentes	11 788	-	-	186	-	11 191	-	411	
Local no dest. para hab. humana									
Viviendas particulares	139	108	11	4	-	11	1	4	
Ocupantes presentes	306	246	27	9	-	18	1	5	
Otro tipo									
Viviendas particulares	30	-	-	-	-	-	-	30	
Ocupantes presentes	70	-	-	-	-	-	-	70	
URBANA									
Viviendas particulares	66 179	55 133	2 534	283	265	7 313	76	487	
Ocupantes presentes	242 401	211 197	8 422	910	768	19 321	226	1 282	

MATERIALES PREDOMINANTES EN LAS PAREDES EXTERIORES DE LAS VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES DE LA VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, TIPO DE VIVIENDA Y TOTAL DE OCUPANTES PRESENTES

CUADRO N° 7: VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES DE LA VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, TIPO DE VIVIENDA Y TOTAL DE OCUPANTES PRESENTES

Provincia, distrito, área urbana y rural, tipo de vivienda y total de ocupantes presentes	Material predominante en las paredes exteriores de la vivienda								
	Total	Ladrillo o bloque de cemento	Adobe o tapia	Madera (pona, tornillo, etc.)	Quincha (caña con barro)	Estera	Piedra con barro	Piedra o sillar con cal o cemento	Otro material
Otro tipo									
Viviendas particulares	20	-	-	-	-	-	-	-	20
Ocupantes presentes	43	-	-	-	-	-	-	-	43
RURAL									
Viviendas particulares	8 348	1 927	2 972	241	318	2 381	347	12	148
Ocupantes presentes	24 681	6 112	9 247	723	963	6 344	894	28	370
Casa independiente									
Viviendas particulares	5 922	1 915	2 623	179	179	730	203	11	82
Ocupantes presentes	18 410	6 084	8 206	543	541	2 218	564	26	228
Choza o cabaña									
Viviendas particulares	2 393	-	349	61	139	1 649	143	1	51
Ocupantes presentes	6 203	-	1 041	179	422	4 123	329	2	107
Local no dest. para hab. humana									
Viviendas particulares	18	12	-	1	-	2	1	-	2
Ocupantes presentes	36	28	-	1	-	3	1	-	3
Otro tipo									
Viviendas particulares	13	-	-	-	-	-	-	-	13
Ocupantes presentes	32	-	-	-	-	-	-	-	32
PROVINCIA TACNA									
Viviendas particulares	71 553	56 730	3 935	437	462	9 137	162	95	595
Ocupantes presentes	258 846	216 192	13 275	1 399	1 426	24 217	487	291	1 559
Casa independiente									
Viviendas particulares	61 902	53 709	3 559	332	371	3 384	132	93	322
Ocupantes presentes	232 477	206 994	12 075	1 094	1 096	9 561	410	288	959

CUADRO N° 7: VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES DE LA VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, TIPO DE VIVIENDA Y TOTAL DE OCUPANTES PRESENTES

Provincia, distrito, área urbana y rural, tipo de vivienda y total de ocupantes presentes	Material predominante en las paredes exteriores de la vivienda								
	Total	Ladrillo o bloque de cemento	Adobe o tapia	Madera (pona, tornillo, etc.)	Quincha (caña con barro)	Estera	Piedra con barro	Piedra o sillar con cal o cemento	Otro material
DISTRITO SAMA									
Viviendas particulares	830	325	192	45	31	225	1	2	9
Ocupantes presentes	2 380	1 028	562	128	81	552	3	6	20
URBANA									
Viviendas particulares	577	277	128	17	14	135	-	1	5
Ocupantes presentes	1 677	869	376	54	39	328	-	2	9
RURAL									
Viviendas particulares	253	48	64	28	17	90	1	1	4
Ocupantes presentes	703	159	186	74	42	224	3	4	11
DISTRITO CRL.GREGORIO ALBARRACÍN L.									
Viviendas particulares	21 978	16 791	171	104	68	4 559	37	26	222
Ocupantes presentes	68 619	55 741	456	271	139	11 340	89	71	512
URBANA									
Viviendas particulares	21 892	16 755	167	101	68	4 522	36	26	217
Ocupantes presentes	68 488	55 689	450	268	139	11 278	88	71	505
RURAL									
Viviendas particulares	86	36	4	3	-	37	1	-	5
Ocupantes presentes	131	52	6	3	-	62	1	-	7
PROVINCIA CÁNDARAVE									
Viviendas particulares	2 810	406	2 071	26	32	15	231	7	22
Ocupantes presentes	8 197	1 242	6 099	69	58	26	624	25	54

CUADRO N° 7: VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES DE LA VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, TIPO DE VIVIENDA Y TOTAL DE OCUPANTES PRESENTES

Provincia, distrito, área urbana y rural, tipo de vivienda y total de ocupantes presentes	Material predominante en las paredes exteriores de la vivienda								
	Total	Ladrillo o bloque de cemento	Adobe o tapia	Madera (pona, tornillo, etc.)	Quincha (caña con barro)	Estera	Piedra con barro	Piedra o sillar con cal o cemento	Otro material
Casa independiente									
Viviendas particulares	58 355	52 117	2 448	213	253	2 890	75	87	272
Ocupantes presentes	220 923	202 006	8 139	709	722	8 044	225	274	804
Departamento en edificio									
Viviendas particulares	2 226	2 216	7	1	2	-	-	-	-
Ocupantes presentes	6 748	6 714	23	5	6	-	-	-	-
Vivienda en quinta									
Viviendas particulares	393	349	38	-	5	-	-	1	-
Ocupantes presentes	1 222	1 083	117	-	21	-	-	1	-
Vivienda en casa de vecindad									
Viviendas particulares	410	348	30	1	5	21	-	-	5
Ocupantes presentes	1 386	1 155	116	1	19	71	-	-	24
Vivienda improvisada									
Viviendas particulares	4 846	-	-	64	-	4 393	-	-	189
Ocupantes presentes	11 788	-	-	186	-	11 191	-	-	411
Local no dest. para hab. humana									
Viviendas particulares	131	103	11	4	-	9	1	-	3
Ocupantes presentes	284	239	27	9	-	15	1	-	3
Otro tipo									
Viviendas particulares	18	-	-	-	-	-	-	-	18
Ocupantes presentes	40	-	-	-	-	-	-	-	40
RURAL									
Viviendas particulares	5 374	1 597	1 401	154	197	1 824	86	7	108
Ocupantes presentes	16 445	4 995	4 853	489	658	4 896	261	16	277

CUADRO N° 7: VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES DE LA VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, TIPO DE VIVIENDA Y TOTAL DE OCUPANTES PRESENTES

Provincia, distrito, área urbana y rural, tipo de vivienda y total de ocupantes presentes	Material predominante en las paredes exteriores de la vivienda									
	Total	Ladrillo o bloque de cemento	Adobe o tapia	Madera (pona, tornillo, etc.)	Quincha (caña con barro)	Estera	Piedra con barro	Piedra o sillar con cal o cemento	Otro material	
Departamento en edificio										
Viviendas particulares	2 226	2 216	7	1	2	-	-	-	-	
Ocupantes presentes	6 748	6 714	23	5	6	-	-	-	-	
Vivienda en quinta										
Viviendas particulares	393	349	38	-	5	-	1	-	-	
Ocupantes presentes	1 222	1 083	117	-	21	-	1	-	-	
Vivienda en casa de vecindad										
Viviendas particulares	410	348	30	1	5	21	-	5	-	
Ocupantes presentes	1 386	1 155	116	1	19	71	-	24	-	
Choza o cabaña										
Viviendas particulares	1 807	-	290	35	79	1 328	29	1	45	
Ocupantes presentes	4 849	-	917	104	284	3 376	76	2	90	
Vivienda improvisada										
Viviendas particulares	4 646	-	-	64	-	4 393	-	-	189	
Ocupantes presentes	11 788	-	-	186	-	11 191	-	-	411	
Local no dest. para hab. humana										
Viviendas particulares	139	108	11	4	-	11	1	-	4	
Ocupantes presentes	306	246	27	9	-	18	1	-	5	
Otro tipo										
Viviendas particulares	30	-	-	-	-	-	-	-	30	
Ocupantes presentes	70	-	-	-	-	-	-	-	70	
URBANA										
Viviendas particulares	66 179	55 133	2 534	283	265	7 313	76	88	487	
Ocupantes presentes	242 401	211 197	8 422	910	768	19 321	226	275	1 282	

CUADRO N° 7: VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES DE LA VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, TIPO DE VIVIENDA Y TOTAL DE OCUPANTES PRESENTES

Provincia, distrito, área urbana y rural, tipo de vivienda y total de ocupantes presentes	Material predominante en las paredes exteriores de la vivienda								
	Total	Ladrillo o bloque de cemento	Adobe o tapia	Madera (pona, tornillo, etc.)	Quincha (caña con barro)	Estera	Piedra con barro	Piedra o sillar con cal o cemento	Otro material
Otro tipo									
Viviendas particulares	20	-	-	-	-	-	-	-	20
Ocupantes presentes	43	-	-	-	-	-	-	-	43
RURAL									
Viviendas particulares	8 346	1 927	2 972	241	318	2 381	347	12	148
Ocupantes presentes	24 681	6 112	9 247	723	963	6 344	894	28	370
Casa independiente									
Viviendas particulares	5 922	1 915	2 623	179	179	730	203	11	82
Ocupantes presentes	18 410	6 084	8 206	543	541	2 218	564	26	228
Choza o cabaña									
Viviendas particulares	2 393	-	349	61	139	1 649	143	1	51
Ocupantes presentes	6 203	-	1 041	179	422	4 123	329	2	107
Local no dest. para hab. humana									
Viviendas particulares	18	12	-	1	-	2	1	-	2
Ocupantes presentes	36	28	-	1	-	3	1	-	3
Otro tipo									
Viviendas particulares	13	-	-	-	-	-	-	-	13
Ocupantes presentes	32	-	-	-	-	-	-	-	32
PROVINCIA TACNA									
Viviendas particulares	71 553	56 730	3 935	437	462	9 137	162	95	595
Ocupantes presentes	258 846	216 192	13 275	1 399	1 426	24 217	487	291	1 559
Casa independiente									
Viviendas particulares	61 902	53 709	3 559	332	371	3 384	132	93	322
Ocupantes presentes	232 477	206 994	12 075	1 094	1 096	9 561	410	288	959

CUADRO N° 7: VIVIENDAS PARTICULARES CON OCUPANTES PRESENTES, POR MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES DE LA VIVIENDA, SEGÚN PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, TIPO DE VIVIENDA Y TOTAL DE OCUPANTES PRESENTES

Provincia, distrito, área urbana y rural, tipo de vivienda y total de ocupantes presentes	Material predominante en las paredes exteriores de la vivienda									
	Total	Ladrillo o bloque de cemento	Adobe o tapia	Madera (pona, tornillo, etc.)	Quincha (caña con barro)	Estera	Piedra con barro	Piedra o sillar con cal o cemento	Otro material	
Departamento en edificio										
Viviendas particulares	2 226	2 216	7	1	2	-	-	-	-	-
Ocupantes presentes	6 748	6 714	23	5	6	-	-	-	-	-
Vivienda en quinta										
Viviendas particulares	393	349	38	-	5	-	-	1	-	-
Ocupantes presentes	1 222	1 083	117	-	21	-	-	1	-	-
Vivienda en casa de vecindad										
Viviendas particulares	410	348	30	1	5	21	-	-	5	-
Ocupantes presentes	1 386	1 155	116	1	19	71	-	-	24	-
Choza o cabaña										
Viviendas particulares	1 807	-	290	35	79	1 328	29	1	45	-
Ocupantes presentes	4 849	-	917	104	284	3 376	76	2	90	-
Vivienda improvisada										
Viviendas particulares	4 646	-	-	64	-	4 393	-	-	189	-
Ocupantes presentes	11 788	-	-	186	-	11 191	-	-	411	-
Local no dest. para hab. humana										
Viviendas particulares	139	108	11	4	-	11	1	-	4	-
Ocupantes presentes	306	246	27	9	-	18	1	-	5	-
Otro tipo										
Viviendas particulares	30	-	-	-	-	-	-	-	30	-
Ocupantes presentes	70	-	-	-	-	-	-	-	70	-
URBANA										
Viviendas particulares	66 179	55 133	2 534	283	265	7 313	76	88	487	-
Ocupantes presentes	242 401	211 197	8 422	910	768	19 321	226	275	1 282	-

ANEXO 04

MATRIZ DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, MATRIZ DE CONSISTENCIA,
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

MATRIZ DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

DEFICIENCIA FÁCTICA: Las viviendas de las zonas periféricas de Tacna en su mayoría son de albañilería confinada con unidades Blocker II

INTERES INVESTIGATIVO	TIPO DE INVESTIGACIÓN
a) ¿Dónde y en que magnitud se construye viviendas de albañilería confinada con ladrillo Blocker II?	Investigación tipo DIAGNÓSTICO
b) ¿Cuáles son las características y/o propiedades de los ladrillos Blocker II y de las viviendas que hacen uso de ellos?	
c) ¿Cómo es el comportamiento estructural de las viviendas de albañilería confinada con Blocker II?	Investigación tipo EXPLICATIVO
d) ¿Cuáles serán las recomendaciones que se deberán seguir para la construcción de viviendas de albañilería confinada con Blocker II?	Investigación tipo PREDICTIVO

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II DE LA LADRILLERA MARTORELL EN RELACIÓN A LA NORMA RNE E.070 CON FINES DE USO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE TACNA”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA PRINCIPAL ¿Cuáles son los factores que afectan el uso de ladrillos Blocker II en la construcción de viviendas en la ciudad de Tacna y qué recomendaciones deberían seguirse para su construcción?</p> <p>PROBLEMAS SECUNDARIOS a) ¿Las características de los ladrillos Blocker II y de las viviendas que hacen uso de ellos, influyen en el comportamiento estructural de las mismas? b) ¿Cómo es el comportamiento estructural de una vivienda autoconstruida de albañilería confinada con Blocker II?</p>	<p>OBJETIVO PRINCIPAL Determinar los factores que afectan el comportamiento de las viviendas construidas con ladrillos Blocker II y las recomendaciones para su uso.</p> <p>OBJETIVO SECUNDARIOS 1. Evaluar la magnitud de viviendas autoconstruidas de albañilería confinada con ladrillos Blocker II en la ciudad de Tacna. 2. Evaluar las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos Blocker II.</p> <p>1. Evaluar el comportamiento estructural de una vivienda autoconstruida de albañilería confinada con Blocker II.</p>	<p>HIPOTESIS PRINCIPAL Los factores que afectan el comportamiento de las construcciones de viviendas con ladrillos Blocker II son: Las propiedades de los ladrillos Blocker II y las características estructurales de las viviendas que hacen uso de los mismos.</p> <p>HIPOTESIS SECUNDARIAS a) Las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos Blocker II, el sistema estructural y el proceso constructivo influyen en el comportamiento estructural de las viviendas. b) El comportamiento estructural de una vivienda autoconstruida de albañilería confinada con Blocker II es inadecuado e inseguro.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN Básica</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Observacional y Prospectivo</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN Explicativo</p> <p>POBLACIÓN Viviendas de las zonas periféricas de Tacna</p> <p>MUESTRA Muestra no probabilística</p> <p>TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS Análisis documental La observación</p> <p>INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS Guía de análisis documental La ficha técnica de observación</p>

<p>c) ¿Cómo debería ser la construcción de viviendas de albañilería confinada con Blocker II para que sean estructuralmente funcionales y seguras?</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Diseñar un modelo de vivienda de albañilería confinada con Blocker II estructuralmente funcional y seguro según el RNE E.030 y E.070.2. Validar el comportamiento de un modelo de vivienda de albañilería confinada con Blocker II estructuralmente funcional y seguro, con los resultados del análisis estructural.	<p>c) La construcción de viviendas de albañilería confinada con Blocker II estructuralmente funcionales y seguras, debería ser de acuerdo a las mismas especificaciones que el RNE E.070 da para ladrillos estructurales.</p>	
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II DE LA LADRILLERA MARTORELL EN RELACIÓN A LA NORMA RNE E.070 CON FINES DE USO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE TACNA”

Variables	Tipo de variable según su función	Definición operacional	Naturaleza de la variable	Indicadores	Técnicas	Instrumentos	Fuentes
Uso del ladrillo Blocker II en la construcción de viviendas	Independiente	Evaluación de muestra no probabilística	Cuantitativa Cualitativa	X1: Porcentaje de viviendas de albañilería confinada con blocker II por distritos X2: Proceso constructivo	Observación	Ficha técnica de observación	Tablas de registro y análisis de muestra
Propiedades físico-mecánicas de los ladrillos y la albañilería con blocker II	Independiente	Evaluación de las propiedades mencionadas en el RNE E.070 en el laboratorio	Cuantitativa	X3: Variación dimensional máxima X4: Alabeo máximo X5: Porcentaje de ranuras X6: Succión X7: Coeficiente de Saturación X8: Densidad X9: Eflorescencia X10: Resistencia a la compresión f'b X11: Resistencia a la Compresión Axial f'm X12: Resistencia a la Compresión Diagonal v'm	Observación registro cálculo	- Normas técnicas para ensayos de laboratorio para unidades, pilas y muretes de albañilería - Ladrillos Blocker II - Cemento Portland IP - Agua - Regla - Balanza - Maquina de ensayo de compresión -Horno	- Normas técnicas peruanas - Informes de laboratorio

Variables	Tipo de variable según su función	Definición conceptual	Definición operacional	Naturaleza de la variable	Indicadores	Técnicas	Instrumentos	Fuentes
Comportamiento estructural de las viviendas de albañilería confinada con ladrillos blocker II	Dependiente		Análisis del comportamiento estructural de una vivienda autoconstruida y una diseñada con albañilería confinada de blocker II de acuerdo a la norma RNE E.070	Cuantitativa	Y1: Densidad de muros Y2: Esfuerzo axial en muros Y3: Desplazamiento sísmico Y4: Esfuerzo de corte en muros Y5: Fisuración y Agrietamiento diagonal en muros Y6: Refuerzo horizontal de muros Y7: Dimensionamiento de elementos de confinamiento Y9: Reforzamiento de elementos de confinamiento	Cálculo Análisis Comparación	- Normas de diseño de albañilería - Programa de análisis y diseño de sistema de edificaciones (ETABS) - Hojas de cálculo (EXCEL)	- Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 - Memoria de Cálculo estructural

ANEXO 05

PANEL FOTOGRÁFICO DE MATERIAL Y SISTEMA CONSTRUCTIVO DE VIVIENDAS EN TACNA

DISTRITO GREGORIO ALBARRACÍN LANCHIPA



Fotografía 1: Típica vivienda con financiamiento del Banco de Materiales



Fotografía 2: Segundo piso con anillo de amarre a nivel de alféizar



Fotografía 3: Muros de borde sin confinamiento



Fotografía 4: Se aprecian los elementos de confinamiento



Fotografía 5: Edificios multifamiliares de albañilería confinada

CENTRO POBLADO LA NATIVIDAD



Fotografía 6: Viviendas de adobe y bloquetas

CENTRO POBLADO MAYOR AUGUSTO B. LEGUÍA



Fotografía 7: Tercera planta muy flexible en comparación con la segunda



Fotografía 8: Viviendas C.P.M. Augusto B. Leguía



Fotografía 9: Viviendas con muros esbeltos de Blocker II



Fotografía 10: Segunda planta de ladrillos Blocker II y techo aligerado con polipropileno expandido

DISTRITO CIUDAD NUEVA



Fotografía 11: La mayoría de las viviendas son de Bloquetas y Ladrillos Blocker II



Fotografía 12: Diferentes viviendas donde predominan el Blocker II y la bloqueta

DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA



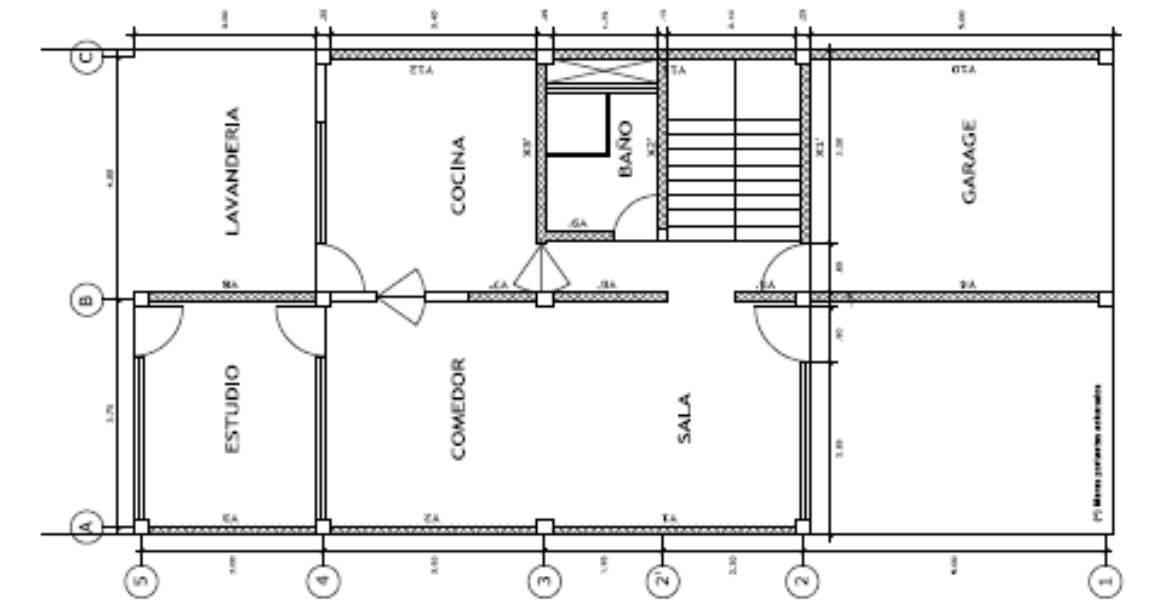
Fotografía 13: Diferentes viviendas donde predominan el Blocker II y la bloqueta



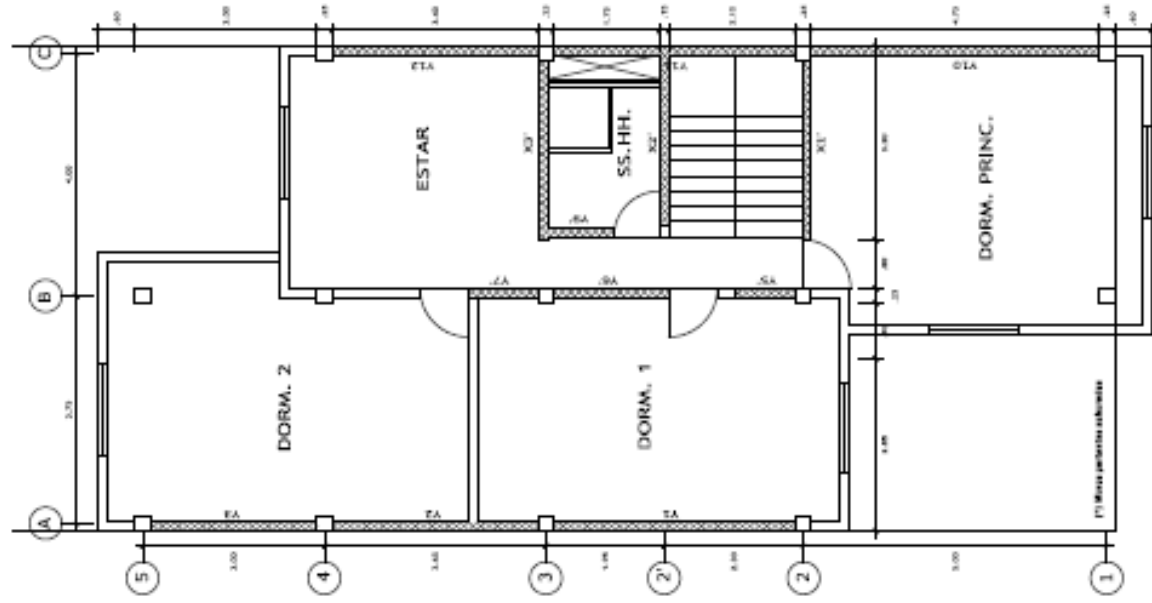
Fotografía 14: Algunas viviendas usan diferentes tipos de unidades de albañilería

ANEXO 06

PLANOS DE VIVIENDAS PARA ANÁLISIS ESTRUCTURAL



PRIMERA PLANTA - CASA ALFA
ARQUITECTURA ESC 1:75



SEGUNDA PLANTA - CASA ALFA
ARQUITECTURA ESC 1:75

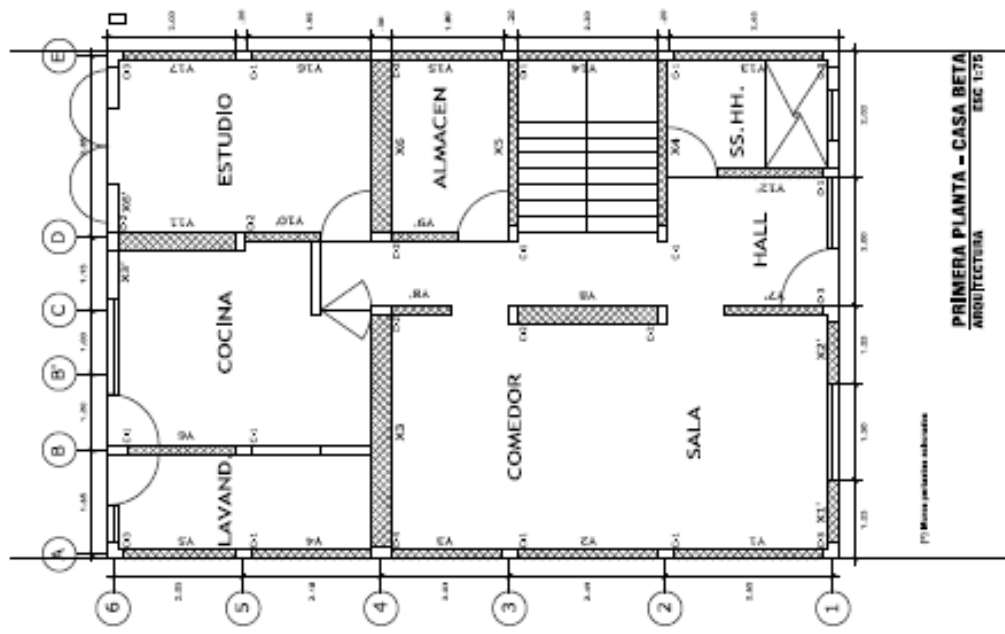
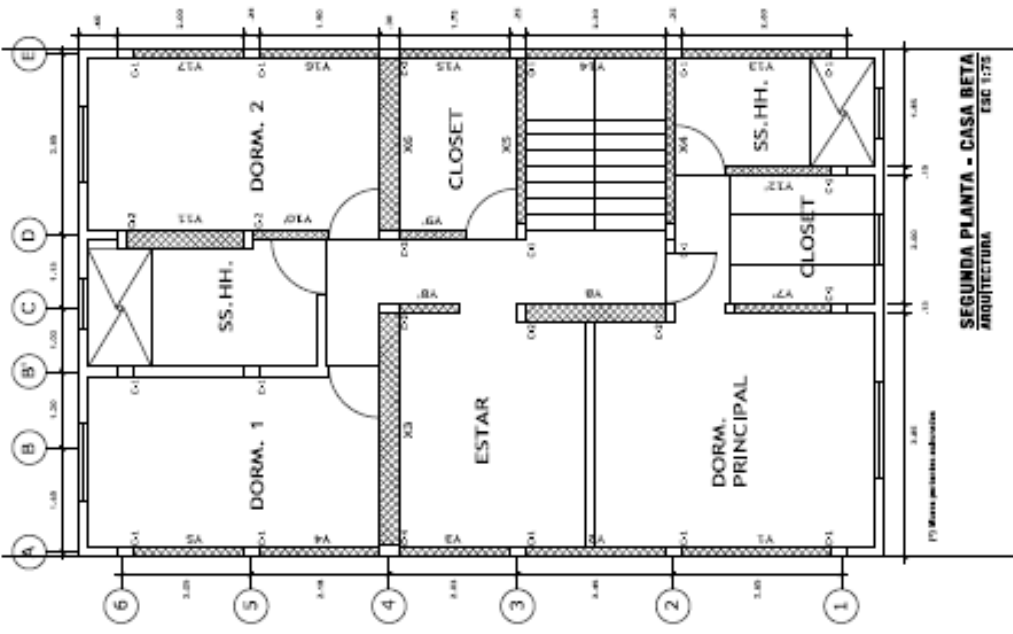
PROYECTO	VIVIENDA ALFA	
	REGION	TACNA
	PROVA	TACNA
PROF. ESP.	Verónica Carazo	Arquitectura
ESCALA	1 : 75	

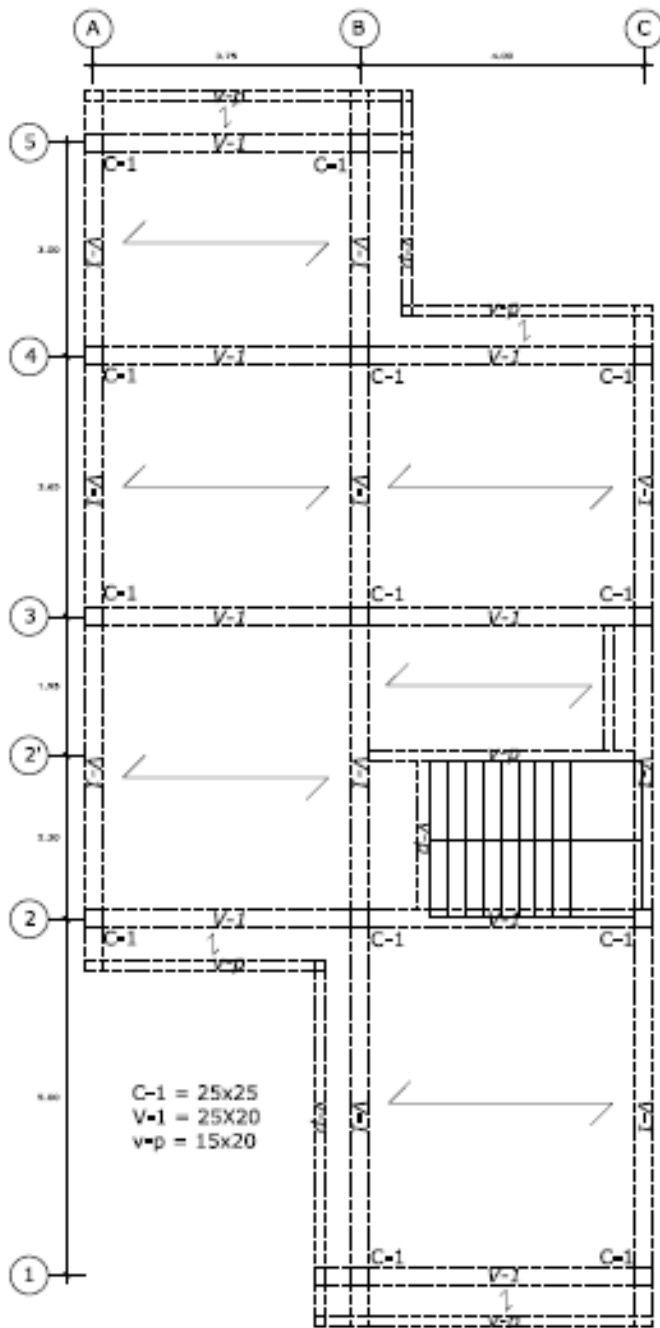
LAMINA

A-1

PROYECTO:	REGION:	TACNA
	PROV:	TACNA
	ESG:	1 : 75
PROF:		Verónica Carazo
ARCHITECTURA		Arquitectura

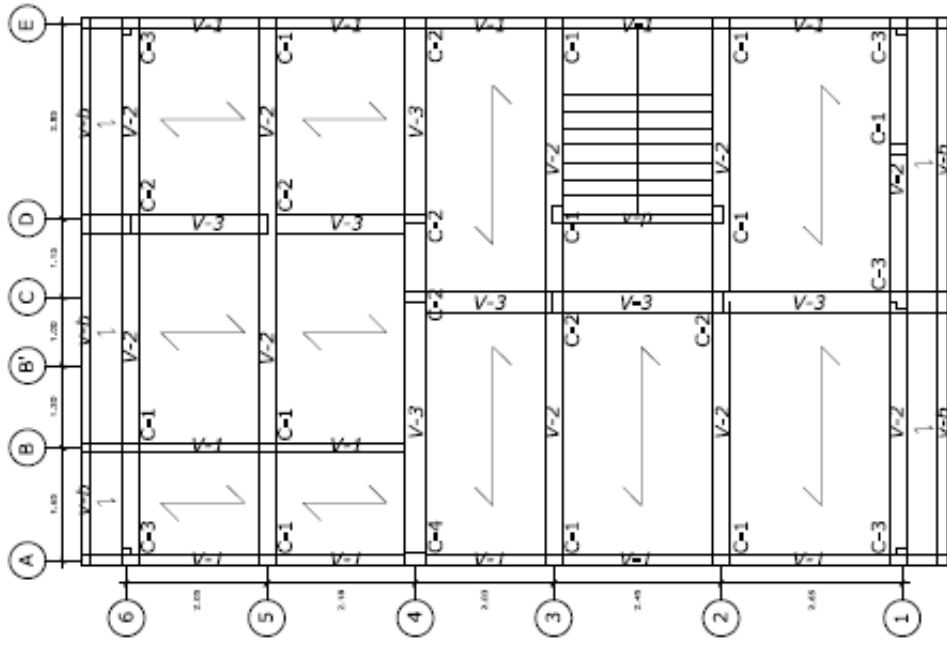
LAMINA:
A-2



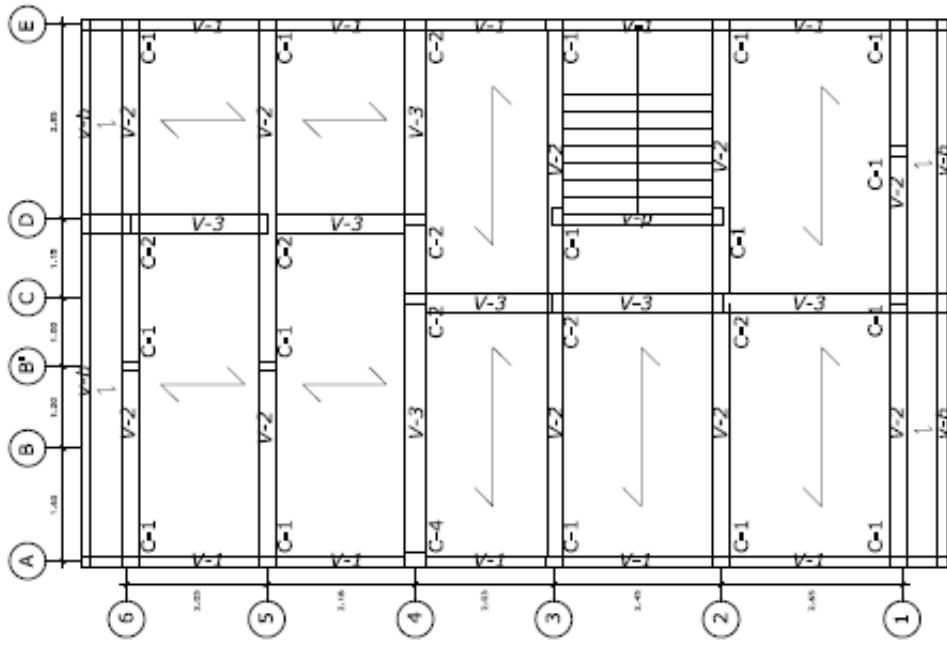


1ER Y 2DA PLANTA - CASA ALFA
 VIGAS Y COLUMNAS ESC 1:75

VIVIENDA ALFA	REGION: TACNA	
	PROV: TACNA	
	ESC: 1 : 75	
	PROP: Verónica Caraza	ESP: Estructuras
LAMINA: E-1		



PRIMERA PLANTA - CASA BETA
VIGAS Y COLUMNAS
ESC 1:75



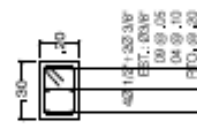
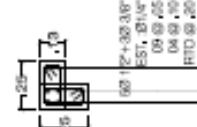
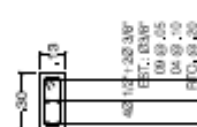

SEGUNDA PLANTA - CASA BETA
VIGAS Y COLUMNAS
ESC 1:75

VIVIENDA BETA	PROYECTO:	Verónica Caraza	ESTRUCTURAS
	REGION:	TACNA	
	PROV:	TACNA	
	ESC:	1:75	PROF: ESP:

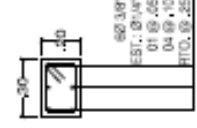
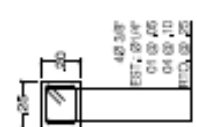
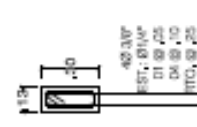
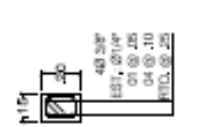
LAMINA

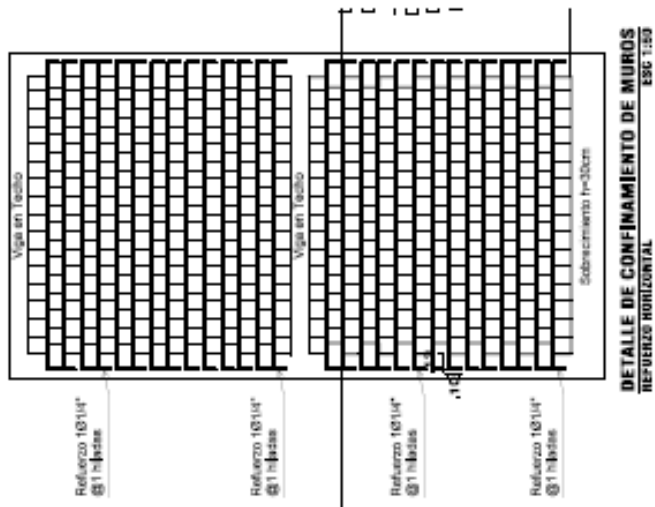
E-2

DETALLE DE COLUMNAS

 <p>4Ø 1.27+3Ø 3.81 EST.: Ø7/14" 01.09.25 04.09.10 RTO.09.20</p>	 <p>6Ø 1.27+3Ø 3.81 EST.: Ø7/14" 01.09.25 04.09.10 RTO.09.20</p>	 <p>4Ø 1.27+3Ø 3.81 EST.: Ø3/8" 01.09.25 04.09.10 RTO.09.20</p>	 <p>4Ø 3.81 EST.: Ø7/14" 01.09.25 04.09.10 RTO.09.20</p>	C-4	C-3	C-2	C-1
01 COLUMNAS		05 COLUMNAS		07 COLUMNAS		COLUMNAS DE CONFINAMIENTO	

DETALLE DE VIGAS

 <p>6Ø 3.81 EST.: Ø7/14" 01.09.25 04.09.10 RTO.09.25</p>	 <p>4Ø 3.81 EST.: Ø7/14" 01.09.25 04.09.10 RTO.09.25</p>	 <p>4Ø 3.81 EST.: Ø7/14" 01.09.25 04.09.10 RTO.09.25</p>	 <p>4Ø 3.81 EST.: Ø7/14" 01.09.25 04.09.10 RTO.09.25</p>	V-3	V-2	V-1	V-b
VIGA CHATA		VIGA CHATA		VIGA PERALT.		VIGA DE BORDE	



PROYECTO VIVIENDA BETA	REGION: TACNA	LÁMINA: D-1
	PROY: TACNA	
	ESQ: IND	
	PROY: Verónica Caraza	
ESQ: Detalles		

ANEXO 07

NORMAS NTP 331.019, NTP 331.018, NTP 399.605, NTP 399.621

1.- NORMAS A CONSULTAR

ITINTEC 331.018 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Métodos de ensayo.

ITINTEC 331.019 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Muestreo y recepción.

ITINTEC 821.003 Sistema Internacional de Unidades y recomendaciones para el uso de sus múltiplos y algunas otras unidades.

2.- OBJETO

2.1 La presente Norma establece las definiciones, clasificación, condiciones generales y requisitos que debe cumplir el ladrillo de arcilla, usado en albañilería.

3. DEFINICIONES

3.1 Materia Prima

3.1.1 Arcilla.- Es el agregado mineral terroso o pétreo que contiene esencialmente silicatos de aluminio hidratados. La arcilla es plástica cuando esta suficientemente pulverizada y saturada, es rígida cuando está seca y es vidriosa cuando se quema a temperatura del orden de 1000 °C.

3.1.2 Esquisto arcilloso.- Es la arcilla estratificada en capas finas, sedimentadas y consolidadas, con un clivaje muy marcado paralelo a la estratificación.

3.1.3 Arcilla superficial.- Es la arcilla estratificada no consolidada que se presenta en la superficie.

3.2 Manufactura

3.2.1 Artesanal.- Es el ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano o con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. El procedimiento de moldaje exige que se use arena o agua para evitar que la arcilla se adhiera a los moldes dando un acabado

característico al ladrillo. El ladrillo producido artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad.

3.2.2 **Industrial.-** Es el ladrillo fabricada con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. El ladrillo producido industrialmente se caracteriza por su uniformidad.

3.3. Designación

Es la manera elegida para denominar al ladrillo de acuerdo a sus características

3.3.1. El ladrillo se designará por su tipo (ver 4), por su sección (macizo, perforado o tubular, ver 3.4) y por sus dimensiones (ver 3.5), largo (cm) x ancho (cm) y alto (cm).

Ejemplo.- Un ladrillo sin huecos que cumple con los requisitos para Tipo III – macizo – $24 \times 14 \times 10$ ”; y si se usase de canto “Tipo III macizo – $24 \times 10 \times 14$ ”.

3.3 Ladrillo.- Es la unidad de albañilería fabricada de arcilla moldeada, extruida o prensada en forma de prisma rectangular y quemada o cocida en un horno.

3.4.1 **Ladrillo macizo.-** Es el ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente al 75% o más de área bruta de la misma sección.

3.4.2 **Ladrillo Perforado.-** Es el ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente a menos de 75% del área bruta de la misma sección.

3.4.3 **Ladrillo Tubular.-** Es el ladrillo con huecos paralelos a la superficie de asiento.

3.5 Dimensiones y áreas

3.5.1 **Dimensiones especificadas.-** Son las dimensiones a las cuales debe conformarse el ladrillo de acuerdo a su designación.

3.5.2 **Dimensiones.-** Dimensiones reales que tiene el ladrillo

3.5.3 **Largo.-** Es la mayor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo

3.5.4 **Ancho.-** Es la menor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.

3.5.5 **Alto.-** Es la dimensión perpendicular a la superficie de asiento del ladrillo.

3.5.6 **Área bruta.-** es el área total de la superficie de asiento, obtenida de multiplicar su largo por su ancho.

3.5.7 **Área neta.-** Es el área bruta menos el área de los vacíos

Handwritten notes:
 $24 \times 14 \times 10 = 3360$
 $3360 - 25\% = 2520$

4. CLASIFICACIÓN

4.1 El ladrillo se clasificará en cinco tipos de acuerdo a sus propiedades (ver tabla 1 y tabla 2.

4.1.1 **Tipo I .** - Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.

4.1.2 **Tipo II.**- Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas.

4.1.3 **Tipo III.**- Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.

4.1.4 **Tipo IV.**- Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

4.1.5 **Tipo V.**- Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

5 CONDICIONES GENERALES

El ladrillo Tipo III, Tipo IV y Tipo V deberán satisfacer las siguientes condiciones generales.

Para el ladrillo tipo I y Tipo II estas condiciones se consideran como recomendaciones.

5.1 El ladrillo no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.

5.2 El ladrillo estará bien cocido, tendrán color uniforme y no se presentará vitrificaciones. Al ser golpeado con un martillo u objeto similar producirá un sonido metálico.

5.3 El ladrillo no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia.

5.4 El ladrillo no tendrá excesiva porosidad, ni tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

6 REQUISITOS

6.1 Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad.- El ladrillo ensayado mediante los procedimientos descritos en la Norma ITINTEC 331.018 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Métodos de ensayo, deberán cumplir con las especificaciones indicadas en la Tabla 1.

TABLA 1.- REQUISITOS OBLIGATORIOS: Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad.

TIPO	VARIACION DE LA DIMENSION (1) (máxima en porcentaje)			ALABEO (2) (máximo en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (mínima daN/cm ²)	DENSIDAD (mínima g/cm ³)
	Hasta 10 cm	Hasta 15 cm	Más de 15 cm			
NORMA TECNICA NACIONAL ITINTEC 331,018						
I alternativamente	± 8	± 6	± 4	10	Sin límite 60	1,50 Sin límite
II alternativamente	± 7	± 6	± 4	8	Sin límite 70	1,60 1,55
III	± 6	± 4	± 3	6	95	1,60
IV	± 4	± 3	± 2	4	130	1,65
V	± 3	± 2	± 1	2	180	1,70

NOTA 1. - La variación de la dimensión se aplica para todas y cada una de las dimensiones del ladrillo y está referida a las dimensiones especificadas.

NOTA 2.- El alabeo se aplica para concavidad o convexidad

NOTA 3.- Respecto al área bruta en unidades macizas y respecto al área neta en unidades perforadas.

6.2 Absorción y coeficiente de saturación.- El ladrillo ensayado mediante el procedimiento descrito en la Norma ITINTEC 331.018 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Métodos de ensayo, deberán cumplir con las especificaciones indicadas en la Tabla 2.

TABLA 2.- REQUISITOS COMPLEMENTARIOS: Absorción y coeficiente de saturación.

TIPO	ABSORCION (Máxima en porcentaje) (1)	COEFICIENTE DE SATURACION (máximo) (2)
	NORMA TECNICA NACIONAL ITINTEC 331.018	
I	Sin límite > 20	Sin límite
II	Sin límite >	Sin límite
III	25	0,90
IV	22	0,88
V	22	0,88

NOTA 1.- El ensayo de absorción máximo sólo es exigible cuando el ladrillo estará en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.

NOTA 2.-El ensayo de coeficiente de saturación sólo es exigible para condición de intemperismo severo.

6.3 Durabilidad.- La Tabla 3 indica el tipo de ladrillo a emplearse según la condición de intemperismo a que se encontrara sometida la construcción de albañilería.

TIPO 3 .- Tipo de ladrillo en función de condiciones de uso e intemperismo.

CONDICION DE USO	CONDICIONES DE INTEMPERISMO		
	BAJO	MODERADO	SEVERO
Para superficies que no están en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.	Cualquier tipo	Tipos II, III, IV y V.	Tipos IV y V
Para superficies en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.	Tipo III, IV y V	Tipos IV y V	Ningún Tipo

NOTA 1 .- La condición de intemperismo está asociada al índice de degradación. Este tiene un valor de 99 para las regiones de degradación baja, de 100 a 499 para las regiones de degradación moderada y de 500 o más para las regiones de degradación severa.

NOTA 2.- La definición de índice de degradación se incluye en el Apéndice A.

APENDICE "A" PROPIEDADES DEL LADRILLO DE ARCILLA EN RELACION A SU UTILIZACIÓN EN ALBAÑILERÍA.

Para la elaboración de la NORMA TECNICA NACIONAL PARA EL LADRILLO DE ARCILLA EN ALBAÑILERÍA se ha tenido en cuenta, principalmente, aquellos requisitos del ladrillo que afectan el comportamiento, la calidad y las propiedades de las construcciones de albañilería. En este contexto es imprescindible tener en cuenta que si bien existe relación entre las propiedades del ladrillo y las de la albañilería, estas propiedades en ningún modo son idénticas, ya que se trata, en realidad, de dos materiales distintos.

Consecuentemente, se ha considerado necesario incluir en este Apéndice "A" una explicación sucinta acerca de la relación entre las propiedades de ambos materiales, en particular se analiza aquellas propiedades materia de la Norma, pero también se evalúan aquellas otras que, aunque no están normadas, pueden influir en la calidad de la albañilería y que por lo tanto, deberán formar parte de las especificaciones de construcción.

Los criterios que permitieron definir los requisitos y ensayos que debían incluirse en la Norma y aquellos que podían quedar sólo como recomendación, se establecieron en base a los resultados de la investigación y ensayo de ladrillos típicos producidos en 31 ladrilleras representativas ubicadas en 14 departamentos del Perú

Adicionalmente, se consideró necesario incluir en la Norma sólo aquellas propiedades y ensayos, cuya medición es compatible con los recursos técnicos o facilidades de laboratorios con que se cuenta en las diferentes localidades del país. Esta decisión se refleja en los requisitos de clasificación para cada tipo.

A.1 GEOMETRIA; VARIACION DE DIMENSIONES Y ALABEO

En términos generales ningún ladrillo conforma perfectamente con sus dimensiones especificadas. Existen diferencias de largo, de ancho y alto así como deformaciones de la superficie asimilables a concavidades o convexidades. El efecto de estas imperfecciones geométricas en la construcción de albañilería se manifiesta en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes. A mayores imperfecciones mayores espesores de juntas.

El mortero cumple en la albañilería dos funciones, la primera es separar los ladrillos de modo tal de absorber las irregularidades de estos y a la segunda es pegar los ladrillos de modo tal que la albañilería no sea un conjunto de piezas sueltas, sino un todo. Para la albañilería de buena calidad se estima que un espesor de juntas de 10 mm a 12 mm es adecuado y suficiente. Cuando las imperfecciones del ladrillo exceden los valores indicados para el tipo IV el espesor de la junta tiene que ser necesariamente mayor de 12 mm. Se considera que la resistencia de la albañilería disminuye aproximadamente en 15% por cada incremento de 3 mm en el espesor de la junta de mortero.

En resumen, las imperfecciones geométricas del ladrillo inciden en la resistencia de la albañilería. A más y mayores imperfecciones menor resistencia de la albañilería.

Adicionalmente, resulta obvio que el aspecto de la albañilería se deteriora con imperfecciones crecientes en el ladrillo.

7. ANTECEDENTE

- 7.1 Proyecto de Investigación 3116 "Investigación del ladrillo de arcilla fabricado en el Perú, para la elaboración de la Norma Técnica Nacional".
- 7.2 Nch 169-of 73 ladrillos cerámicos. Clasificación y requisitos (Chile)
- 7.3 AS A 21 y AS A 140-1964 Burnt clay and shale building brick (Australia)
- 7.4 DGN C 6-1958 Ladrillo (tabique) macizo de barro (México)
- 7.5 DGN C 13-1945 Ladrillo hueco de barro (México)
- 7.6 MS 7.6 – 1972 Specification for brick and blocks of fired brick earth clay or shale Part 2. Metric units (Malaysian).
- 7.7 SABS 227-1970 Standard's specification for common burnt clay masonry unit (Sub Africa).

A.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION

La resistencia a la compresión de la albañilería (f_m) es su propiedad más importante. En términos generales, define no sólo el nivel de su calidad estructural, sino también el nivel de su resistencia a la intemperie o a cualquier otra causa de deterioro. Los principales componentes de la resistencia a la compresión de la albañilería son: la resistencia a la compresión del ladrillo (f_b), la perfección geométrica del ladrillo, la calidad de mortero empleado para el asentado de ladrillo y la calidad de mano de obra empleada.

De todos los componentes anteriormente citados, los pertinentes a una norma de ladrillo son la resistencia a la compresión y la geometría del ladrillo. En el acápite 1 de este Apéndice "A" se ha explicado la influencia de la perfección geométrica del ladrillo, queda por precisar la relación de la resistencia a la compresión del ladrillo con la de la albañilería.

Se estima que la resistencia a la compresión de la albañilería, representada por la prueba a rotura de un prisma normalizado, es del 25% al 50% de la resistencia a la compresión del ladrillo. Los valores más bajos (25%) corresponden a condiciones de construcción y calidad de mortero bajas y los más altos (50%) representan el límite superior de la albañilería obtenible con un determinado ladrillo en condiciones óptimas. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la forma de falla a compresión es diferente en la prueba del prisma de albañilería que en la prueba del ladrillo. En el primer caso la falla ocurre por una combinación de compresión axial y tracción lateral (causada por el escurrimiento del mortero de las juntas), mientras que en la prueba del ladrillo la falla ocurre por aplastamiento o corte.

Finalmente, para mantener la coherencia de la clasificación la Norma relaciona, para Tipo de ladrillo, la resistencia a la compresión con la perfección geométrica y con las otras propiedades exigibles. De este modo se asegura la normalización de un ladrillo que puede ser empleado en diseños más exigentes y en construcciones con un mejor control, en otras palabras con más eficiencia y economía.

A.3 DENSIDAD

A partir de los ensayos realizados se ha establecido que existe una relación estrecha entre la densidad del ladrillo y sus otras propiedades. A mayor densidad mejores propiedades de resistencia y de perfección geométrica.

Consecuentemente, se ha decidido emplear en la Norma el valor de la densidad como un criterio que permite de una manera simple, mediante ensayos fáciles de efectuar prácticamente en cualquier lugar, evaluar la calidad de ladrillos con que se cuenta.

A.4 MODULO DE RUPTURA

Se ha dicho que la propiedad característica de la albañilería es su resistencia a la compresión. Cuando un prisma de albañilería es sometido a una carga de compresión la primera falla ocurre al rajarse verticalmente los ladrillos, como consecuencia de la tracción lateral ocasionada por la tendencia del mortero a fluir lateralmente y escapar de entre los mismos. Consecuentemente, al aumentar la resistencia a la tracción del ladrillo se aumenta también la resistencia a la compresión de la albañilería.

El módulo de ruptura es una medida aproximada de la resistencia a la tracción del ladrillo.

Esta propiedad no ha sido considerada como requisito para la clasificación del ladrillo en virtud de haberse establecido que su valor está relacionado con la resistencia a la compresión y en razón de que la información cuantitativa que ella proporciona acerca de la albañilería no puede establecerse.

Sin embargo, se recomienda la medición del módulo de ruptura cuando se trata de ladrillos tipo IV y tipo V ya que permitirá una mejor selección del ladrillo que se propone emplear.

A manera de referencia se indica a continuación el valor mínimo aproximado obtenible para cada tipo de ladrillo:

<u>TIPO</u>	<u>MODULO DE RUPTURA (daN/cm²)</u>
I	6
II	7
III	8
IV	9
V	10

A.5 ABSORCION MAXIMA

La absorción máxima del ladrillo es considerada como una medida de su impermeabilidad. Los valores indicados como máximos en la Norma se aplican a

condiciones de uso en que se requiera utilizar el ladrillo en contacto constante con agua o con el terreno, sin recubrimientos protector.

Tal es el caso de cisternas, jardineras y albañilería de ladrillo visto en zonas muy lluviosas.

A.6 COEFICIENTE DE SATURACIÓN

El coeficiente de saturación es considerado como una medida de la durabilidad del ladrillo cuando se encuentra sometido a la acción de la intemperie.

El coeficiente de saturación es la relación que existe entre la absorción del ladrillo (cuando se le sumerge en agua un número de horas determinado) y la absorción máxima de ladrillo (medida luego de 5 horas de ebullición). A mayor coeficiente de saturación, mayor será la cantidad de agua que absorbe rápidamente el ladrillo y consecuentemente inferior su resistencia a la intemperie. Así un ladrillo con un coeficiente de saturación menor de 0,8 es poco absorbente y es utilizable para cualquier clima o condición de intemperismo, y un ladrillo con un coeficiente de saturación de 1 es muy absorbente y sólo es utilizable cuando se protege de la intemperie mediante recubrimiento adecuados.

Este criterio de resistencia al intemperismo ha sido incorporado en la Norma para asegurar la adecuada durabilidad de la construcción de albañilería cuando existen condiciones de uso e intemperismo particularmente exigentes.

A.7 INDICE DE DEGRADACION

El efecto de la exposición a la intemperie en los ladrillos tiene que ver con el "índice de degradación" que equivale al producto de la cifra del promedio anual de días de ciclo de congelamiento y el promedio anual de precipitación invernal (en pulgadas) definidos de la siguiente forma:

Un día de ciclo de congelamiento es cualquier día en el que la temperatura del aire pasa por encima o por debajo de 0°C. El número promedio de días de ciclo de congelamiento en un año puede ser considerado como igual a la diferencia entre el número medio de días durante los cuales, la temperatura máxima fue de 0°C o menos.

La precipitación invernal es la suma, en pulgadas de la precipitación media mensual corregida que ocurre durante el período entre la primera helada temprana en el otoño y la fecha normal de la última helada temprana de la primavera, la precipitación invernal para cualquier período es igual a la precipitación invernal para cualquier período es igual a la

precipitación total menos un décimo de la caída total de nieve, hielo o granizo. La precipitación para cualquier porción del mes se obtiene haciendo el prorrateo.

La región de degradación severa tiene un índice de degradación de 500 o más. La región de degradación moderada tiene un índice de degradación de 100 ó 499. La región de degradación insignificante tiene índices de degradación de 99 ó menos.

Para evaluar las condiciones de intemperismo se seleccionaron las ciudades de Huancavelica y Puno y se utilizó la información disponible de SENAMHI de los últimos 5 años. Para estas ciudades se obtuvo un índice de degradación de 210 y 250 respectivamente, concluyéndose que en el país las áreas urbanas no se presentan en zonas con intemperismo severo. Sin embargo se ha dejado abierta en la Norma la posibilidad de que se requiera edificar en zonas con intemperismo severo empleado ladrillo.

A.8 SUCCION

Está demostrado que con ladrillos que tienen una succión excesiva no se logra, usando métodos ordinarios de construcción, uniones adecuadas entre el mortero y el ladrillo. El mortero, debido a la rápida pérdida de parte del agua que es absorbida por el ladrillo, se deforma y endurece no logrando un contacto completo absorbida por el ladrillo, se deforma y endurece no logrando un contacto completo e íntimo con la cara del siguiente ladrillo. El resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua.

Se considera que para succiones mayores de 20 gramos por minuto en un área de 200 cm² es requisito indispensable que los ladrillos se saturen antes de su uso.

De las pruebas realizadas se ha obtenido los siguientes valores según los tipos de ladrillo:

<u>TIPO</u>	<u>SUCCION PROMEDIO (en gramos/200 cm²)</u>
I	61
II	66
III	53
IV	No se obtuvo valores
V	38

Al obtenerse valores de succión promedio sustancialmente mayores que el límite indicado, se concluye que es indispensable que todo el ladrillo de arcilla se sature con

agua inmediatamente antes de asentarlos, la forma de efectuar esta operación dependerá de la retentividad del mortero a emplearse.

Esta propiedad no está normada como requisito ya que todo el ladrillo investigado excede el límite; sin embargo se incluye la prueba de succión para aquellos ladrillos de arcilla que eventualmente puedan no requerir el tratamiento de saturado con agua.

A.9 EFLORESCENCIA

En el contexto de la Norma, la eflorescencia es una medida del afloramiento y cristalización de las sales solubles contenidas en el ladrillo cuando éste es humedecido. La objeción principal a la eflorescencia es su efecto sobre la apariencia de la albañilería; sin embargo puede ocurrir si las sales que se cristalizan se encuentran en cantidad importante que la presión que estos cristales ejercen al crecer causen rajaduras y disgregación de la albañilería. Esta posibilidad debe analizarse en el caso en que la muestra sometida al ensayo sea calificada como "eflorescencia".

No obstante que esta propiedad no está normada como requisito se recomienda realizarla en el caso en que se trate de acabados de ladrillo visto o cuando la albañilería se encontrará sometida a humedad intensa y constante.

APENDICE "8" EQUIVALENCIAS DE UNIDADES SI CON UNIDADES TRADICIONALES

Teniendo en cuenta que las unidades empleadas en la presente Norma están conformes con la Norma Técnica ITINTEC 821.003 "Sistema Internacional de unidades y recomendaciones para el uso de sus múltiplos y algunas otras unidades" cuyo uso no está generalizado por la existencia de unidades empleadas tradicionalmente en documentos de estudio y equipos, se hace necesario la inclusión de la tabla de equivalencias siguiente:

EQUIVALENCIAS DE UNIDADES SI CON UNIDADES TRADICIONALES

Unidades SI	Otras Unidades del SI	Unidades tradicionales
Pa (pascal)*	1 Pa = 1 N/m ²	0,10 kgf/m ²
N (Newton)*	1 N = 1 kg m/s ²	0,10 kg-f
100 Pa	1 N/dm ²	0,10 kgf/dm ²
10 000 Pa	1 N/cm ²	0,10 kgf/cm ²
1 000 000 Pa	1 daN/cm ² = 10 N/cm ²	1 kgf/cm ²
1 Mpa	1 000 000 Pa	
1 Mpa	100 N/cm ²	10 kgf/cm ²
0.1 Mpa	10 N/cm ²	1 kgf/cm ²

- Unidades derivadas SI aprobadas

1. NORMAS A CONSULTAR

- ITINTEC 331.017 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos.
- ITINTEC 331.019 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Muestreo y recepción.
- ITINTEC 821.003 Sistema Internacional de Unidades y Recomendaciones para el uso de sus múltiplos y algunas otras unidades.

2.- OBJETO

- 2.1 La presente Norma establece los métodos de ensayo para determinar la variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión, densidad, módulo de rotura, absorción, absorción máxima, coeficiente de saturación, succión y eflorescencia de los ladrillos de arcilla en albañilería.

3. METODOS DE ENSAYO

3.1 Variación de dimensiones

- 3.1.1 Aparato.- Una regla graduada al milímetro, de preferencia de acero inoxidable, de 300 mm de longitud o un calibrador de mordazas paralelas provistas de una escala graduada entre 10 mm y 300 mm y con divisiones correspondientes a 1 mm.
- 3.1.2 Muestra.- Estará constituida por ladrillos secos enteros, obtenidos según Norma ITINTEC 331.019.
- 3.1.3 Procedimiento.- Se mide en cada espécimen el largo, ancho y alto, con la precisión de 1 mm. Cada medida se obtiene como promedio de las cuatro medidas entre los puntos medios de los bordes terminales de cada cara.
- 3.1.4 Expresión de resultados.- Se calcula la variación en porcentaje de cada dimensión restante de cada dimensión especificada en valor obtenido de promediar la dimensión de todas las muestras, dividiendo este valor por la dimensión especificada y multiplicando por 100.

$$V = \frac{DE - MP}{DE} \times 100$$

En donde:

V	Variación de dimensión, en porcentaje
DE	Dimensión especificada, en milímetros
MP	Medida promedio en cada dimensión, en milímetros

3.1.5 Informe.- Se indica como variación de dimensión del lote de ladrillo de porcentaje de variación de todas y cada una de las dimensiones sin decimal

3.2 Alabeo

3.2.1 **Aparatos.-** Dos cuñas de acero graduadas al medio milímetro de las características que indica la figura 1.

3.2.2 **Muestra.-** Estará constituida por ladrillos secos enteros obtenidos según la Norma ITINTEC 331.019. Pueden usarse los mismos ladrillos usados en la determinación de dimensiones.

3.2.3 **Procedimiento.-** Según el alabeo se presente como concavidad o convexidad, seguir el procedimiento que para cada caso se detalla a continuación en las dos caras mayores del ladrillo.

3.2.1.1 **Medición de concavidad.-** Se coloca el borde recto de la regla ya sea longitudinalmente o sobre una diagonal de una de las caras mayores del ladrillo.

Se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima.

Se efectúa la lectura con la precisión de 1 mm y se registra el valor obtenido (ver figura 2).

3.2.1.2 **Medición de convexidad.-** se emplea alternativamente uno de los procedimientos siguientes:

a) Se coloca el borde recto de la regla sea sobre una diagonal o bien sobre dos aristas opuestas de una de las caras mayores de ladrillo. Se introduce en cada vértice una cuña y se busca el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal, para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida (ver figura 3).

b) Se apoya el ladrillo por la cara a medir sobre una superficie plana se introduce cada una de las cuñas en dos vértices opuestos diagonalmente o en dos aristas, buscando el punto para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida (ver figura 4).

3.2.4 **Expresión de resultados.-** Se indica el promedio de los valores correspondientes a concavidad y/o convexidad obtenidos en milímetros enteros.

V	Variación de dimensión, en porcentaje
DE	Dimensión especificada, en milímetros
MP	Medida promedio en cada dimensión, en milímetros

3.1.5 Informe.- Se indica como variación de dimensión del lote de ladrillo de porcentaje de variación de todas y cada una de las dimensiones sin decimal

3.2 Alabeo

3.2.1 Aparatos.- Dos cuñas de acero graduadas al medio milímetro de las características que indica la figura 1.

3.2.2 Muestra.- Estará constituida por ladrillos secos enteros obtenidos según la Norma ITINTEC 331.019. Pueden usarse los mismos ladrillos usados en la determinación de dimensiones.

3.2.3 Procedimiento.- Según el alabeo se presente como concavidad o convexidad, seguir el procedimiento que para cada caso se detalla a continuación en las dos caras mayores del ladrillo.

3.2.1.1 Medición de concavidad.- Se coloca el borde recto de la regla ya sea longitudinalmente o sobre una diagonal de una de las caras mayores del ladrillo.

Se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima.

Se efectúa la lectura con la precisión de 1 mm y se registra el valor obtenido (ver figura 2).

3.2.1.2 Medición de convexidad.- se emplea alternativamente uno de los procedimientos siguientes:

a) Se coloca el borde recto de la regla sea sobre una diagonal o bien sobre dos aristas opuestas de una de las caras mayores de ladrillo. Se introduce en cada vértice una cuña y se busca el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal, para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida (ver figura 3).

b) Se apoya el ladrillo por la cara a medir sobre una superficie plana se introduce cada una de las cuñas en dos vértices opuestos diagonalmente o en dos aristas, buscando el punto para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida (ver figura 4).

3.2.4 Expresión de resultados.- Se indica el promedio de los valores correspondientes a concavidad y/o convexidad obtenidos en milímetros enteros.

3.3 Resistencia a la Compresión

3.3.1 **Aparatos.-** Cualquier máquina de las empleadas en el laboratorio para ensayos de compresión, debiendo estar provista para la aplicación de la carga de un rodillo de metal endurecido de asiento esférico y solidario con el cabezal superior de la máquina.

El centro de la superficie del casquete esférico debe coincidir con el centro de la superficie del bloque que se pone en contacto con el espécimen. Dicho bloque se mantiene inmóvil en su asiento esférico, pero puede girar libremente en cualquier dirección. El diámetro de la superficie del bloque de apoyo debe ser como mínimo de 12,5 cm.

Sobre la mordaza inferior, bajo el espécimen, se coloca una plancha metálica de una dureza Rockwell C 60 (número Brinell 620) cuya desviación con respecto a un plano horizontal no sea mayor de 0,03 mm.

Si el área del bloque de apoyo es menor que la cara del espécimen que debe estar en contacto con él, debe intercalarse una plancha de acero que cumpla iguales condiciones de horizontabilidad que la descrita en el párrafo anterior y cuyo espesor sea por lo menos igual a un tercio de la distancia entre el punto de contacto del rodillo y la arista más alejada del espécimen.

3.3.2 **Muestra.-** Estará constituida por medios ladrillos secos contenidos por corte perpendicular al largo del espécimen. El corte se hará por cualquier método que no los destruya y que dé superficies planas y paralelas.

Puede usarse para esta prueba los medios ladrillos remanentes del ensayo de módulo de ruptura (ver 3.5. La forma de muestreo está especificada en la Norma ITINTEC 331.019.

3.3.2.1 **Recubrimiento de la muestra.-** Si las caras del espécimen presentan irregularidades se rellenan con una capa de cemento Pórtland, que se dejará fraguar 24 horas, antes de aplicar el recubrimiento, por medio de una de los dos procedimientos que se detallan a continuación.

a) **Recubrimiento de yeso**

Se cubre ambas caras opuestas del espécimen con solución alcohólico de goma laca, dejándolas secar perfectamente.

Se aplica una capa delgada de pasta de yeso cocido extendiéndola hasta obtener una superficie plana y uniforme.

Se repite el procedimiento en la otras cara del espécimen.

Se comprueba que ambas caras sean aproximadamente paralelas y se espera por lo menos 2 h, antes de efectuar el ensayo.

b) Recubrimiento con azufre

Se usa una mezcla que contenga 40% a 60% de azufre en polvo (en masa) completándose con arcilla refractaria cocida u otro material inerte apropiado que pasa por el tamiz ITINTEC N° 100 (149 m)

Se usa un recipiente de aproximadamente la misma medida del ladrillo y de 1,25 cm de profundidad.

Se aceita ligeramente el molde y se vierte 0,5cm de azufre calentado y fluido

Se coloca inmediatamente sobre el liquido la superficie del ladrillo que se va a recubrir, sosteniendo el espécimen de tal manera que el recubrimiento sea uniforme.

3.3.3 Procedimiento.- Se coloca el espécimen con una de las caras mayores sobre el apoyo de la máquina y se hace descender el vástago solidario al cabezal, maniobrado suavemente la rótula hasta obtener un contacto perfecto sobre la cara superior del espécimen, asegurando que el eje de la misma coincida con el eje longitudinal del espécimen.

Se aplica la carga cuidando que la velocidad del cabezal de la máquina no sea mayor de 1,27 mm/min.

3.3.4. Expresión de resultados.- Se calcula la resistencia a compresión con la siguientes ecuación:

$$F^b = \frac{P}{A}$$

En donde:

F^b es la resistencia a la compresión del ladrillo en daN/cm²

P es la carga de rotura aplicada indicada por la máquina en daN

A es el promedio de las áreas brutas superior e interior del espécimen en cm².

Nota I.- Para la determinación del área en el caso de ladrillos perforados, es necesario calcular el volumen del espécimen tal como se realiza en el ensayo de densidad (3.4) y aplicar la siguiente ecuación:

$$A = \frac{V}{h}$$

en donde:

A es el área del ladrillo dado en centímetros cuadrados

V es el volumen del ladrillo en centímetros cúbicos

H es la altura del ladrillo en centímetros

Nota 2. - Ladrillos tubulares. Se tratarán como ladrillos macizos para todos los efectos de la prueba y clasificación.

3.3.5 **Informe.-** Se indica como resistencia a la compresión del lote de ladrillos el promedio de los valores obtenidos para cada muestra en daN/cm² enteros.

3.4 Densidad

3.4.1 Aparatos

3.4.1.1 Balanza con capacidad no menor de 2 Kg y que permita efectuar pesadas con una precisión de 0.5 g.

3.4.1.2 Recipiente de agua que pueda contener las muestras completamente sumergidas.

3.4.1.3 Horno con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.

3.4.2 **Muestra.-** Estará constituida por ladrillos secos enteros, obtenidos según Norma ITINTEC 331.019.

3.4.3 Procedimiento

3.4.3.1 Se calientan los especímenes en el horno entre 110°C y 115°C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite el tratamiento hasta que no se tenga variaciones en el peso obteniéndose (G 3)

NOTA.- para enfriar los especímenes se recomienda colocarlos sin amontonarlos en un espacio abierto con libre circulación de aire, manteniéndolos a temperatura ambiente durante 4 horas.

3.4.3.2 Se coloca el espécimen en un recipiente lleno de agua destilada hirviendo, disponiéndolo de modo que el líquido pueda circular libremente por los costados, manteniéndolo durante 3 h en ebullición.

3.4.3.3 Se pesa el espécimen sumergido (G 2), equilibrando previamente la balanza con el dispositivo de suspensión y el espécimen sumergido.

3.4.3.4 Se retira el espécimen del recipiente secando el agua superficial con un trapo húmedo y se pesa (G 1).

3.4.4. Expresión de resultados

3.4.4.1 El volumen del espécimen será:

$$V = G 1 - G 2$$

En donde:

V es el volumen en centímetros cúbicos

G 1 es la masa del espécimen saturado (3 horas de ebullición), en gramos

G 2 es la masa del espécimen saturado sumergido, en gramos

G 3 es la masa del espécimen seco, en gramos.

3.4.4.2 La densidad será:

$$D = \frac{G 3}{V}$$

En donde:

D es la densidad del espécimen en gramos por centímetros cúbicos

3.4.5 **Informe.-** Se indica como densidad del lote de ladrillos al promedio de los valores obtenidos para cada espécimen en gr/cm³ con dos decimales.

3.5 Módulo de rotura

3.5.1 Aparatos.- Cualquier máquina de las empleadas en laboratorios para ensayo de flexión, pero cuyos apoyos tengan una longitud no menor que el ancho del espécimen con el que deben tener un contacto permanente y completo. Los apoyos de deben ajustar de modo que puedan girar libremente, sin ejercer fuerzas en las direcciones longitudinal y transversal a la muestra.

3.5.2 Muestra.- ladrillos enteros secos, obtenidos según la Norma ITINTEC 331.019

3.5.3 Procedimiento.

3.5.3.1 Se coloca el espécimen con la cara mayor más plana sobre los soportes asegurando que la luz entre estos sea de 18 cm.

3.5.3.2 Se hace descender la placa de acero hasta obtener un contacto sobre la otra cara mayor del espécimen entre soportes y se aplica la carga. La rapidez en el incremento de la carga no debe ser mayor de 10 daN/cm² (1 000 kg/min) y se considera cumplida dicha condición si la velocidad del cabezal móvil de la máquina no es mayor de 1,25 mm/min (la carga se aplicará en el centro de la luz, por medio de una placa de acero de aproximadamente 6,5 mm de espesor, 40 mm de ancho y la longitud no menor que el ancho del espécimen).

3.5.4 Expresión de resultados.-El módulo de rotura se calcula de la ecuación siguiente:

$$f_r = \frac{3 P l}{2 b d^2}$$

en donde:

f_r es el módulo de rotura, en daN/cm²

P es la carga de rotura, en daN

l es la distancia entre apoyos, en centímetros

b es el ancho promedio del espécimen cara a cara, en centímetros

d es el espesor promedio del espécimen cara a cara, en centímetros

3.5.5 Informe.- se indica como módulo de rotura del lote de ladrillos el promedio de los valores obtenidos para cada espécimen en daN/cm² con un decimal.

3.6 Absorción.

3.6.1 Aparatos.- similares a los indicados en 3.4.1

3.6.2 Muestra.- Medios ladrillos que están de acuerdo a lo indicado en 3.3.2

3.6.3 Procedimiento

3.6.3.1. Se calientan los especímenes en el horno entre 110°C y 115°C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite el tratamiento hasta que no se tenga variaciones en el peso obteniéndose G₃.

Nota.- Para enfriar los especímenes se recomienda colocarlos sin amontonarlos en un espacio abierto con libre circulación de aire manteniéndolos a temperatura ambiente durante 4 horas.

3.6.3.2. Se introducen los especímenes secos en un recipiente lleno de agua destilado, manteniéndolos completamente sumergidos durante 24 h. asegurando que la temperatura del baño esté comprendida entre 15°C y 30°C. Transcurrido el lapso

indicado, se retiran los especímenes del baño, secando el agua superficial con un trapo húmedo y se pesan (G 4).

Los especímenes deben pesarse dentro de los 5 min. a partir del instante en que se extraen del recipiente.

- 3.6.4 **Expresión de resultados.**- El contenido de agua absorbida se calcula con la ecuación siguiente:

$$A = \frac{G 4 - G 3}{G 3} \times 100$$

En donde:

A es el contenido agua absorbida, en porcentajes

G 3 es la masa del espécimen seco, en gramos

G 4 es la masa del espécimen saturado luego de 24 h de inmersión en agua fría, en gramos.

- 3.6.5 **Informe.**- Se indica como absorción del lote de ladrillos el promedio de los porcentajes individualmente calculados para cada una de los especímenes, sin decimales.

3.7 Absorción máxima

- 3.7.1. **Aparatos.**- similares a los indicados en 3.4.1

- 3.7.2. **Muestra.**- Medios ladrillos que están de acuerdo a lo indicado en 3.3.2.

3.7.3. **Procedimiento**

- 3.7.3.1 Se calientan los especímenes en el horno entre 110°C y 115°C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite el tratamiento hasta que no se tenga variaciones en el peso obteniéndose G 3.

Nota.- Para enfriar los especímenes se recomienda colocarlos sin amontonarlos en un espacio abierto durante 4 horas.

- 3.7.3.2 Se sumergen los especímenes en un recipiente lleno de agua destilada a una temperatura comprendida entre 15°C y 30°C disponiéndolo de modo que el líquido pueda circular libremente por los costados.

Se caliente gradualmente el agua hasta alcanzar el punto de ebullición en 1 h y se deja hervir a partir de ese momento durante 5 h.

- 3.7.3.3 Al término del lapso indicado, se enfría el recipiente hasta una temperatura comprendida entre 15°C y 30°C por pérdida natural del calor.

- 3.7.3.4 Se retira el espécimen del recipiente y se seca el agua superficial con un trapo húmedo y luego se pesa (G 5)

El espécimen debe pesarse dentro de los 5 min. a partir del instante en que se extrae del recipiente.

- 3.7.4 **Expresión de resultados.**- El contenido de agua absorbida se calcula con la ecuación siguiente:

$$B = \frac{G 5 - G 3}{G 3} \times 100$$

En donde:

B es el contenido de agua absorbida, en porcentaje

G 3 es la masa del espécimen seco, en gramos según 3.6.3.1

G 5 es la masa del espécimen saturado luego de 5 horas de ebullición, en gramos

- 3.7.5 **Informe.**- se indica como absorción máxima del lote de ladrillos el promedio de los porcentajes individuales calculados para cada uno de los especímenes, sin decimales.

3.8 Coeficiente de saturación

- 3.8.1 Expresión de resultados.- el coeficiente de saturación por cada espécimen se calcula con la ecuación siguiente:

$$C = \frac{G 4 - G 3}{G 5 - G 3}$$

En donde:

- C es el coeficiente de saturación (sin unidades)
G 3 es la masa del espécimen seco según 3.6.3.1
G 4 es la masa del espécimen saturado luego de 24 h de inmersión en agua fría según 3.6.4
G 5 es la masa del espécimen saturado por ebullición 5 h según 3.7.4

- 3.8.2 Informe.- se indica como coeficiente de saturación del lote de ladrillos el promedio de los coeficientes obtenidos para cada espécimen.

3.9 Succión

3.9.1 Aparatos

- 3.9.1.1 Bandeja o recipiente para agua, con una profundidad interior de no mayor de 12,5 mm y de un largo y ancho tales que resulte un área de no menor de 2 000 cm²
La base de la bandeja debe ser plana y horizontal. Se debe incorporar a la bandeja un dispositivo que permita mantener el nivel de agua 0,25 mm por encima de los soportes.
- 3.9.1.2 Soporte para los ladrillos. Se usará dos barras idénticas de metal no corrosible, con sección rectangular de 5 mm de altura y de un ancho no mayor de 10 mm
- 3.9.1.3 Balanza.- similar a la indicada en 3.4.1.1
- 3.9.1.4 Horno.- similar al indicado en 3.4.1.3
- 3.9.1.5 Sala de temperatura constante.- cuarto que mantenga una temperatura de 21°C ± 2,0 °C.
- 3.9.1.6 Cronómetro.- calibrado en segundos, que indique un período de 1 minuto.

- 3.9.2 Muestra.- Ladrillos enteros o mitades de ladrillos que están de acuerdo a lo indicado en 3.3.2.

3.9.3 Procedimiento

- 3.9.3.1 *horno 110-115 y se enfrían*
Se secan los especímenes según el procedimiento descrito en 3.6.3.1
- 3.9.3.2 Se miden con una precisión de 1 mm, el largo y ancho de la superficie del espécimen que estará en contacto con el agua. Se pesa el espécimen con una aproximación de 0,5g.
- 3.9.3.3 Se monta la bandeja par la prueba, en la sala de temperatura constante. Se horizontaliza el fondo de la bandeja mediante un nivel de burbuja. Se coloca el espécimen encima de los soportes contando como tiempo cero el momento de contacto del ladrillo con el agua. Durante el período de contacto, 1 min. ± 1s se mantiene el nivel de agua en el original agregando agua según sea necesario:
Al final del tiempo de contacto, se seca el espécimen y se seca el agua superficial con un trapo húmedo.
- 3.9.3.4 Se pesa el espécimen con una precisión de 0,5 g. La pesada se realiza en un lapso no mayor de 2 min. después de su retiro del contacto con el agua.
- 3.9.4 Expresión de resultados.- La diferencia en peso en gramos entre la pesada final y la inicial, es le peso de agua absorbida por el ladrillo durante un minuto de contacto con el agua. Si el área de contacto del ladrillo no difiere en ±2,5% de 200 cm², se dará como resultado el aumento de peso en gramos.
Si el área del espécimen difiere en más de 2,5% de 200 cm² se corregirá el peso mediante la fórmula siguiente:

$$A = \frac{200 W}{Lb}$$

En donde:

- W es el aumento de peso, en gramos
 L es el largo promedio de la superficie de contacto, en centímetros
 b es el ancho promedio de las superficies de contacto, en centímetros
 A es el aumento de peso corregido, en gramos.

- 3.9.5 **Informe.-** Se indica como succión del lote de ladrillos el promedio del peso de agua absorbida por los especímenes individualmente obtenidas, en gramos sin decimales.

3.10 Eflorescencia

3.10.1 Aparatos

- 3.10.1.1. Bandeja metálica que permita operar con una profundidad en agua de por lo menos 25 mm.

- 3.10.1.2. Cámara de humedad, que permita operar con una humedad relativa comprendida entre el 30% y 70%, estando exenta de corrientes de aire y que mantenga una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 5.5^{\circ}\text{C}$

- 3.10.1.3. Horno provisto de libre circulación de aire y que permita mantener constante una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C .

- 3.10.2 **Muestra.-** estará constituido por ladrillos enteros, obtenidos según la Norma ITINTEC 331.019 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Muestreo y recepción.

- 3.10.3 **Procedimiento.-** Se ensayan los especímenes en series de 6 a 10 ladrillos separados en dos grupos de 3 ladrillos o 5 ladrillos, que se acondicionarán y ensayarán del modo siguiente:

- 3.10.3.1 se colocan los especímenes de canto dentro de una bandeja en grupos de ladrillos espaciados entre sí con intervalos no menores de 5 cm.

- 3.10.3.2 Se coloca en forma similar el otro grupo de especímenes dentro de la bandeja y se agrega agua destilada por los bordes del recipiente, asegurando que la profundidad del líquido sea de aproximadamente 2,5 cm.

- 3.10.3.3 Se llevan ambas series de especímenes en sus respectivas bandejas a la cámara de humedad y se mantiene durante 7 días.

- 3.10.3.4 Se retiran ambos recipientes de la cámara al cabo del lapso indicado y se hace escurrir los especímenes. Se llevan ambas series de especímenes al horno dejándolos secar entre 110°C y 115°C durante 24 h.

NOTA.- Se vacía y se limpia los recipientes luego de cada prueba. Con periodos de 72 horas de secado se preparan los especímenes para otros ensayos (compresión, módulo de rotura o absorción) que puedan ejecutarse posteriormente.

No se recomienda ensayar simultáneamente ladrillos de diferentes fuentes por la contaminación de sales entre ellos.

- 3.10.4 **Informe.-** Después de secar y enfriar los especímenes a la temperatura ambiente se reúnen formando cada pareja original y se comparan entre sí, examinando principalmente el aspecto de las caras y de los vértices.

Si no hubieren diferencias apreciables a simple vista se clasifica cada espécimen como "Sin eflorescencia".

Si hay diferencias se observa los especímenes a una distancia de 3 m con una iluminación no menor de 150 lúmenes por metro. Si en estas condiciones no se

aprecian diferencias, se clasifica el espécimen como "ligeramente eflorecida" y si por el contrario, hay diferencias perceptibles, se clasificarán como "Eflorescencia".
Se indica como eflorescencia del lote de ladrillos, el calificativo aplicado al espécimen.

4. ANTECEDENTES

- 4.1 Proyecto de Investigación 3120
"Investigación del ladrillo de arcilla fabricado en el Perú para la elaboración de la Norma Técnica Nacional"
- 4.2 Proyecto de Norma Técnica resultado de la investigación
- 4.3 ANSI/ASTM C 67-66 Standard methods of sampling and testing brick (Estados Unidos)
- 4.4 NF P 13-301-74 Briques creuses de terre cuite (Francia)
- 4.5 Nch 169. Of.73 ladrillos cerámicos. Clasificación y requisitos (Chile)
- 4.6 INEN 292-1977 Ladrillos cerámicos. Muestreo
- 4.7 IRAM 12518/55 ladrillos cerámicos comunes (Argentina)
- 4.8 IRAM 12532/60 ladrillos cerámicos huecos (Argentina)
- 4.9 ABNT 648-75 Ladrillos cerámicos nao esmaltados (Brasil)
- 4.10 ICONTEC 451 Ladrillos cerámicos (Colombia)
- 4.11 BSI 3921-74 Clay bricks and blocks
- 4.12 SABS 589-1971 Hollow clay building blocks
- 4.13 SABS 227-1970 Burn clay masonry units.

1. NORMAS A CONSULTAR

ITINTEC 331.017 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos.

2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece el procedimiento para el muestreo y recepción de los ladrillos de arcilla usados en albañilería.

3. DEFINICIONES

3.1 Partida.- Es el conjunto de unidades de albañilería que motivan una transacción comercial.

3.2 Lote.- Es el subconjunto de ladrillos de la misma forma y tamaño fabricados en condiciones similares de producción.

3.3 Muestra.- es el grupo de ladrillos extraídos al azar del lote con la finalidad de obtener la información necesaria que permita apreciar las características de ese lote.

3.4 Espécimen.- Es cada una de las unidades en donde se deben aplicar los métodos de ensayo.

3.5 Unidades de albañilería.- son, para efectos de la presente Norma, las unidades (macizas, perforadas o tubulares), fabricadas para construir muros al disponerlas convenientemente y que deben cumplir los requisitos de durabilidad, resistencia y otros requisitos relacionados con las condiciones de uso y el material que las constituyen.

4. INSPECCION Y RECEPCION

4.1. Muestra.- Sólo se aceptarán para la realización de ensayos los lotes que satisfagan las condiciones generales indicadas en la Norma de Requisitos. Se escogerán ladrillos enteros que sean representativos del lote del cual fueron seleccionados.

4.2. Número de muestras

4.2.1 Para cada lote de 50 000 ladrillos o fracción se realizará la secuencia "A" de ensayos.

4.2.2. Para lotes en exceso de 50 000 ladrillos, se realizará la secuencia "A" para los primeros 50 000 y la secuencia "B" de ensayos, por cada grupo adicional de 100 000 ladrillos o fracción.

TABLA 1.- Número de muestras

ENSAYOS	SECUENCIA "A"	SECUENCIA "B"
Dimensiones y alabeo	10	5
Resistencia a la compresión	5	3
Densidad	5	3
Módulo de rotura	5	3
Absorción y absorción máxima	5	3
Succión	5	3
Eflorescencia	10	6

NOTA.- Los ensayos de módulo de rotura, succión y eflorescencia no formarán parte de los requerimientos para la clasificación del ladrillo. Es recomendable su ejecución para los fines que se indican en el Apéndice "A" de la Norma Técnica 331.017

4.3 Identificación.- Se marcará cada espécimen de manera que se le pueda identificar en cualquier momento. Las marcas no cubrirán más del 5% de la superficie del espécimen.

4.4 Recepción.- se considera que el lote de ladrillos satisface la presente Norma, si el promedio de los valores resultantes de los ensayos cumplen con la siguiente ecuación:

- Cuando se especifica límite inferior $X > I + 0$
- Cuando se especifica límite superior $X < I - 0$

donde:

- X es el promedio de los valores obtenidos en el ensayo
- I es el límite inferior dado por la Norma de Requisitos
- S es el límite superior dado por la Norma de requisitos
- 0 es la medida de dispersión (desviación standard)

PROLOGO

A. RESEÑA HISTORICA

La presente Norma Técnica Nacional fue elaborada por el Comité Especializado de Componentes Preví, en reuniones realizadas durante el mes de Marzo de 1982, teniendo como documento inicial de estudio la Norma Técnica Nacional 331.019 de Octubre 1978 titulado "Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Muestreo y recepción.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TECNICA NACIONAL

CENTROMIN PERU
CENVI
CIA. REX
Colegio de Arquitectos del Perú
Colegio de Ingenieros del Perú
GRUCIA
ININVI - Ministerio de Vivienda
Universidad Nacional de Ingeniería

1.- NORMAS A CONSULTAR

ITINTEC 331.018 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Métodos de ensayo.

ITINTEC 331.019 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Muestreo y recepción.

ITINTEC 821.003 Sistema Internacional de Unidades y recomendaciones para el uso de sus múltiplos y algunas otras unidades.

2.- OBJETO

2.1 La presente Norma establece las definiciones, clasificación, condiciones generales y requisitos que debe cumplir el ladrillo de arcilla, usado en albañilería.

3. DEFINICIONES

3.1 Materia Prima

3.1.1 **Arcilla.-** Es el agregado mineral terroso o pétreo que contiene esencialmente silicatos de aluminio hidratados. La arcilla es plástica cuando esta suficientemente pulverizada y saturada, es rígida cuando está seca y es vidriosa cuando se quema a temperatura del orden de 1000 °C.

3.1.2 **Esquisto arcilloso.-** Es la arcilla estratificada en capas finas, sedimentadas y consolidadas, con un clivaje muy marcado paralelo a la estratificación.

3.1.3 **Arcilla superficial.-** Es la arcilla estratificada no consolidada que se presenta en la superficie.

3.2 Manufactura

3.2.1 **Artesanal.-** Es el ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano o con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. El procedimiento de moldaje exige que se use arena o agua para evitar que la arcilla se adhiera a los moldes dando un acabado

ANEXO 08

COPIA DE LOS CERTIFICADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN
AREQUIPA - PERÚ
AV. INDEPENDENCIA S/N - CIUDAD

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONCRETO
TELÉFONO FAX 289992

ENSAYO: COMPRESION DIAGONAL DE MURETE

SOLICITA VERONICA ELVIRA CARAZA SALAS
 OBRA TESIS: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LAS UNIDADES BLOCKER II DE LA LADRILLERA MARTORELL CON FINES DE USO EN VIVIENDA"
 LOCALIZACION UNJBG - TACNA
 FABRICANTE LADRILLERA MARTORELL
 MATERIAL **03 MURETES DE ALBAÑILERIA**
Construido con Unidades de Albañilería BLOCKER II de 27 x 12 x 17 cm, 19 alveolos con mortero: dosificación 1-5, junta de 1,5 cm
 NORMA NORMA TECNICA E.070 ALBAÑILERIA - 2006
 NTP 399.621 - 2004
 FECHA AREQUIPA, 2011 AGOSTO 22
 EXPEDIENTE 606-1871

MUESTRA N°	FECHA DE FABRICAC.	FECHA ENSAYO	EDAD DIAS	LARGOS		ESPESOR (cm)	CARGA APLICADA Pu (kg)	AREA A (cm2)	PRESION v'm (kg/cm2)	PRESION v'm (MPa)
				L1 (cm)	L2 (cm)					
MURETE 01	21/07/2011	22/08/2011	32	70,0	71,0	12,0	4672	846,00	3,90	0,38
MURETE 02	21/07/2011	22/08/2011	32	70,5	70,0	12,1	4906	850,03	4,08	0,40
MURETE 03	21/07/2011	22/08/2011	32	70,0	71,0	12,1	4672	853,05	3,87	0,38

Promedio X = 3,95 kg/cm2
 Desviación Estandar S = 0,11
 v'm = 3,84 kg/cm2

2000 lbs
2100
2000

Corrección por Edad (>28 días) F = 1,00

Resistencia de la Albañilería Característica

v'm = 3,84 kg/cm2
v'm = 0,38 MPa

NOTA:

- Las muestras fueron colocadas en el Laboratorio por el solicitante
- Los datos de origen y fabricación fueron proporcionados por el solicitante
- Los muretes tuvieron aparejo de soga.

Laboratorio de Concreto y ensayo de Materiales
INGENIERIA CIVIL UNSA
[Signature]
FERNANDO PERALTA QUINO
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 77199

Laboratorio de Concreto y ensayo de Materiales
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL UNSA
[Signature]



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II DE LA LADRILLERA MARTORELL EN RELACIÓN A LA NORMA RNE E.070 CON FINES DE USO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE TACNA"

TESISTA: BACH. VERÓNICA ELVIRA CARAZA SALAS

FECHA : 05 DE SETIEMBRE DEL 2011

ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS DE LADRILLOS BLOCKER II

Pila	espesor (cm)	longitud (cm)	altura (cm)	esbeltez	factor de corrección
P-1	12	27,6	54,5	4,54	0,982
P-2	12,1	27,7	54,8	4,53	0,981
P-3	12	27,8	55	4,58	0,983

Pila	factor de corrección	A (cm ²)	P (Kg-f)	f'm (P/A) aparente	f'm (Kg-f/cm ²)
P-1	0,982	331,2	21318,84	64,37	63,19
P-2	0,981	335,17	12700,59	37,89	37,18
P-3	0,983	333,6	16556,12	49,63	48,80
promedio					49,72

$$\sigma = 13.03 \quad F'm \text{ prom} - \sigma = 49.72 - 13.03 = 36.69 \text{ Kg-f/cm}^2$$

OBSERVACIÓN: La pila 2 (P-2) tuvo un error por excentricidad de carga; no se le considerará para el análisis de los resultados, debido a su pronunciada variación.

$$F'm \text{ prom} = 55,99 \text{ Kg-f/cm}^2 \quad \sigma = 10.17$$

$$\text{Dispersión} \quad \sigma / f'm_{\text{prom}} = 18.16 \%$$

$$F'm \text{ prom} - \sigma = 55.99 - 10.17 = 45,82 \text{ Kg-f/cm}^2$$

Se tiene: $E_m = 500 f'm = 500 \times 45.82 = 22910$

$$G_m = 0.4 E_m = 0.4 \times 22910 = 9164$$





UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II DE LA LADRILLERA MARTORELL EN RELACIÓN A LA NORMA RNE E.070 CON FINES DE USO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE TACNA"

TESISTA: BACH. VERÓNICA ELVIRA CARAZA SALAS

FECHA : 05 DE SETIEMBRE DEL 2011

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE LADRILLOS BLOCKER II

muestra	Dimensiones (cm)			Área bruta (cm ²)	Lectura (Kg-f)	F'b Kg-f/cm ²
	Largo	Ancho	Alto			
M1	27,65	11,65	17,13	322,12	14968,55	46,47
M2	27,65	11,68	17,03	322,81	15648,94	48,48
M6	27,53	11,75	16,75	323,42	15875,73	49,09
M7	27,65	11,83	17,05	326,96	15648,94	47,86
M10	27,63	11,78	16,88	325,28	15195,34	46,71
promedio						47,72

La desviación estándar es $\sigma_b = 1.12$

$$f'b_{\text{prom}} - \sigma_b = 47.72 - 1.12 = 46.60 \text{ Kg-f/cm}^2$$





UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II DE LA LADRILLERA MARTORELL EN RELACIÓN A LA NORMA RNE E.070 CON FINES DE USO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE TACNA"

TESISTA: BACH. VERÓNICA ELVIRA CARAZA SALAS

FECHA : 05 DE SETIEMBRE DEL 2011

ENSAYO DE EFLORESCENCIA DE LADRILLOS BLOCKER II

Muestra	Apariencia
E-1	Sin eflorescencia
E-2	Ligeramente eflorecido
E-3	Sin eflorescencia
E-4	Ligeramente eflorecido
E-5	Sin eflorescencia
E-6	Sin eflorescencia





UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II DE LA LADRILLERA MARTORELL EN RELACIÓN A LA NORMA RNE E.070 CON FINES DE USO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE TACNA"

TESISTA: BACH. VERÓNICA ELVIRA CARAZA SALAS

FECHA : 05 DE SETIEMBRE DEL 2011

ENSAYO DE DENSIDAD DE LADRILLOS BLOCKER II

Muestra	Peso (gr)			V (cm ³)	DENSIDAD (gr/cm ³)
	G3	G2	G1	G1 - G2	D = G3/V
M3	4687,7	650,00	5411,20	4761,20	0,98
M4	4615,8	640,00	5333,80	4693,80	0,98
M5	4462,3	620,00	5177,60	4557,60	0,98
M8	4648,6	650,00	5378,10	4728,10	0,98
M9	4429,1	610,00	5126,50	4516,50	0,98
promedio					0,98

G3 = PESO SECO

G2 = PESO SUMERGIDO

G1 = PESO SOBRE SATURADO POR EBULLICIÓN





UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE

GROHMANN

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II DE LA LADRILLERA MARTORELL EN RELACIÓN A LA NORMA RNE E.070 CON FINES DE USO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE TACNA"

TESISTA: BACH. VERÓNICA ELVIRA CARAZA SALAS

FECHA : 05 DE SETIEMBRE DEL 2011

ENSAYO DE ABSORCIÓN MÁXIMA DE LADRILLOS BLOCKER II

MUESTRA	PESO (gr)		J	Absorción max
	G3	G5	G5 - G3	B = J/G3
M3	4687,7	5454,90	767,20	16,37%
M4	4615,8	5381,30	765,50	16,58%
M5	4462,3	5198,70	736,40	16,50%
M8	4648,6	5403,20	754,60	16,23%
M9	4429,1	5158,90	729,80	16,48%
promedio				16,43%

MUESTRA	H	J	Coef. Saturación
	G4 - G3	G5 - G3	C = H/J
M3	643,00	767,20	0,84
M4	633,40	765,50	0,83
M5	609,80	736,40	0,83
M8	630,50	754,60	0,84
M9	616,10	729,80	0,84
promedio			0,83

G3 = PESO SECO

G4 = PESO SATURADO

G5 = PESO SOBRE SATURADO POR EBULLICIÓN





UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II DE LA LADRILLERA MARTORELL EN RELACIÓN A LA NORMA RNE E.070 CON FINES DE USO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE TACNA"

TESISTA: BACH. VERÓNICA ELVIRA CARAZA SALAS

FECHA : 05 DE SETIEMBRE DEL 2011

ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LADRILLOS BLOCKER II

MUESTRA	PESO		H	Absorción
	G3 (gr)	G4 (gr)	G4 - G3	A = H/G3
M3	4687,70	5330,70	643,00	13,72%
M4	4615,80	5249,20	633,40	13,72%
M5	4462,30	5072,10	609,80	13,67%
M8	4648,60	5279,10	630,50	13,56%
M9	4429,10	5045,20	616,10	13,91%
promedio				13,72%

G3 = PESO SECO

G4 = PESO SATURADO

G5 = PESO SOBRE SATURADO POR EBULLICIÓN





UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II DE LA LADRILLERA MARTORELL EN RELACIÓN A LA NORMA RNE E.070 CON FINES DE USO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE TACNA"

TESISTA: BACH. VERÓNICA ELVIRA CARAZA SALAS

FECHA : 05 DE SETIEMBRE DEL 2011

ENSAYO DE SUCCIÓN DE LADRILLOS BLOCKER II

MUESTRA	ÁREA DE ASIENTO			PESO		W	SUCCIÓN (gr/200cm ² /min)
	Largo	ancho	área	Ps	Pm	Pm - Ps	
M3	28,00	12,05	337,40	4687,7	4730,40	42,70	25,31
M4	27,90	12,10	337,59	4615,8	4662,10	46,30	27,43
M5	27,70	12,00	332,40	4462,3	4499,80	37,50	22,56
M8	27,75	12,10	335,78	4648,6	4681,60	33,00	19,66
M9	27,90	12,00	334,80	4429,1	4466,20	37,10	22,16
promedio							23,42





UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II DE LA LADRILLERA MARTORELL EN RELACIÓN A LA NORMA RNE E.070 CON FINES DE USO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE TACNA"

TESISTA: BACH. VERÓNICA ELVIRA CARAZA SALAS

FECHA : 05 DE SETIEMBRE DEL 2011

ENSAYO DE PORCENTAJE DE RANURAS DE LADRILLOS BLOCKER II

muestra	Porcentaje de ranuras		% Ranuras
	área (cm ²)		
	cara de asiento	ranuras	
M1	326,98	184,22	56,34
M2	326,95	184,22	56,35
M3	326,82	184,30	56,39
M4	327,10	184,25	56,33
M5	326,91	184,19	56,34
M6	326,89	184,18	56,34
M7	327,15	184,28	56,33
M8	327,05	184,15	56,31
M9	326,94	184,20	56,34
M10	326,86	184,25	56,37
promedio			56,34%





UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II DE LA LADRILLERA MARTORELL EN RELACIÓN A LA NORMA RNE E.070 CON FINES DE USO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE TACNA"

TESISTA: BACH. VERÓNICA ELVIRA CARAZA SALAS

FECHA : 05 DE SETIEMBRE DEL 2011

ENSAYO DE ALABEO DE LADRILLOS BLOCKER II

Alabeo				
muestra	Cara 1 (mm)		Cara 2 (mm)	
	concavidad	convexidad	concavidad	convexidad
M1	2,5	0	2	0
M2	2	0	2	0
M3	0,5	0	3	0
M4	2,5	0	2	0
M5	2	0	3	0
M6	2	0	2	0
M7	3	0	2,5	0
M8	3	0	1,5	0
M9	1	0	1,5	0
M10	2	0	1,5	0
promedio	2,05	0	2,1	0





UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II DE LA LADRILLERA MARTORELL EN RELACIÓN A LA NORMA RNE E.070 CON FINES DE USO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE TACNA"

TESISTA: BACH. VERÓNICA ELVIRA CARAZA SALAS

FECHA : 05 DE SETIEMBRE DEL 2011

ENSAYO DE VARIABILIDAD DIMENSIONAL DE LADRILLOS BLOCKER II

Variación dimensional															
muestra	Largo (cm)					Ancho (cm)					Alto (cm)				
	L1	L2	L3	L4	Lm	A1	A2	A3	A4	Am	H1	H2	H3	H4	Hm
M1	27,70	27,70	27,50	27,70	27,65	11,60	11,60	11,60	11,80	11,65	17,10	17,10	17,10	17,20	17,13
M2	27,60	27,60	27,60	27,80	27,65	11,50	11,60	11,70	11,90	11,68	17,00	17,00	17,00	17,10	17,03
M3	28,00	28,00	28,00	28,10	28,03	11,80	11,90	11,80	12,00	11,88	16,70	16,80	16,80	16,80	16,78
M4	27,50	27,80	27,80	27,90	27,75	11,80	11,90	11,90	11,90	11,88	17,00	17,10	17,00	17,10	17,05
M5	27,70	27,60	27,50	27,60	27,60	11,60	11,80	11,80	12,00	11,80	16,80	16,70	16,50	16,80	16,70
M6	27,80	27,50	27,40	27,40	27,53	11,70	11,80	11,70	11,80	11,75	16,80	16,70	16,60	16,90	16,75
M7	27,80	27,70	27,60	27,50	27,65	11,70	11,80	11,90	11,90	11,83	17,10	17,00	17,00	17,10	17,05
M8	27,40	27,80	28,00	28,10	27,83	11,90	11,80	11,80	11,90	11,85	17,00	16,80	16,70	16,90	16,85
M9	27,80	27,90	27,80	27,80	27,83	12,00	11,90	11,70	11,80	11,85	16,70	16,60	16,60	16,90	16,70
M10	27,70	27,50	27,60	27,70	27,63	11,70	11,70	11,80	11,90	11,78	16,90	16,80	16,80	17,00	16,88
Promedio					27,71					11,79					16,89



ANEXO 09

COPIA DE RECIBOS Y BOLETAS



**LADRILLERA
JORGE MARTORELL S.A.**

Av. Jorge Basadre Grohman Mz G Lt 02 - Z.I. Zona Aux.
Parque Industrial Ciudad Nueva
CENTRAL: Teléfonos: 246200 - Fax: 425952
VENTAS: FONOFAX 241496
Tacna - Perú
www.ladrillosmaxx.com

BOLETA DE VENTA

R.U.C. 20130074201

Nº 101- 0054308

DIG. CONTROL 101-0054308

CLIENTE: **LARRAZA SALAS VERONICA ELVIRA**
DIRECCION: **ASOC. PRIMAVERA N7. B. LT. 16 POCOLLAY TACNA - P**
OBSERVACIONES: **RECDBE. FONDO 952962303**

EMISION	CONDICIONES	VENDEDOR	D.N.I.
12/07/2011	CONTADO	LUIS VERA PORTALES	143880727

ITEM	COD. PROD.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	VALOR DE VENTA
1	LPTCP-0005	Blocker 2	U	80	1.4500	116.00
2	VAINV-0005	Estiba de ladrillos		2	1.0000	1.95

Son : CIENTO DIECISIETE CON 95/100 NUEVOS SOLES 12 JUL 2011

LADRILLERA J. MARTORELL S.A.

Gráfica Industrial S.R.L.
R.U.C. 20100066003 Telf.: 436-6902
Los Plateros 229 - Ate
Pi: 19-11-2009
Aut: Sñeat 0057413111
101-0050001 AL 0055000

VALOR DE VENTA	DSCTO.	PRECIO DE VENTA
117.95	0.00	117.95

ADQUIRENTE O USUARIO

ANEXO 10

ASPECTO ECONÓMICO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA BETA

ASPECTO ECONÓMICO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA BETA

El elemento principal en las construcciones de albañilería confinada son los muros, es por esta razón que solo se ha evaluado económicamente a los muros, ya que las vigas y columnas son elementos cuyo diseño es muy similar en ambos casos.

Para evaluar el aspecto económico en la vivienda Beta que se ha presentado como una propuesta en la presente tesis, se ha valorizado la construcción y el reforzamiento que necesitan los muros de ladrillo hueco Blocker II en comparación con la construcción y reforzamiento que necesitarían los muros de ladrillo estructural (Hercules 1).

Para ambos casos se utilizó el mismo diseño estructural que es el mismo en la losa y muy similar en vigas, columnas y la distribución de muros como se observa en el plano A-2, E-2 y D-1 del **Anexo 6**.

El reforzamiento se da solo en la primera planta, para los muros con Blocker II se da en los muros X3, X4, X5, X6 y Y1, Y6, Y8, Y11 con fierro corrugado 1 ϕ 1/4" @ hilada. Para el reforzamiento de los muros con Hercules I se da en los muros X3 y Y6 con fierro corrugado 1 ϕ 1/4" @ 2 hiladas.

Como se ve en los presupuestos:

	Presupuesto general	Materiales
Blocker II	S/. 16 321.10	S/. 11 303.60
Hercules I	S/. 19 723.93	S/. 14 767.73

El costo de la construcción y reforzamiento de los muros es menor con los ladrillos Blocker II, a pesar de que estos han requerido de mayor reforzamiento.

Presupuesto

Presupuesto
Subpresupuesto
Cliente
Lugar

0101001 CONSTRUCCION VIVIENDA
001 VIVIENDA BLOCKER II
VERONICA CARAZA
TACNA - TACNA - TACNA

Costo al

13/01/2015

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
	MUROS Y TABIQUERIA				16,321.10
	MURO DE LADRILLO DE SOGA C/MEZCLA 1:5 LADRILLO BLOCKER II	M2	236.36	58.10	13,732.52
	MURO DE LADRILLO DE CABEZA C/MEZCLA 1:5 LADRILLO BLOCKER II	M2	21.32	104.51	2,228.15
	REFORZAMIENTO DE MURO: ACERO FY= 4200 KG/CM2	KG	70.95	5.08	360.43
	Costo Directo				16,321.10
	SON : DIECISEIS MIL TRESCIENTOS VEINTIUNO Y 10/100 NUEVO SOL				

Presupuesto

Presupuesto
Subpresupuesto
Cliente
Lugar

0101001 CONSTRUCCION VIVIENDA
002 VIVIENDA HERCULES I
VERONICA CARAZA
TACNA - TACNA - TACNA

Costo al 13/01/2015

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
	MUROS Y TABIQUERIA				19,723.93
	MURO DE LADRILLO DE SOGA C/MEZCLA 1:5 LADRILLO HERCULES I	M2	236.26	71.60	16,916.22
	MURO DE LADRILLO DE CABEZA C/MEZCLA 1:5 LADRILLO HERCULES I	M2	21.32	127.91	2,727.04
	REFORZAMIENTO DE MURO: ACERO FY= 4200 KG/CM2	KG	15.88	5.08	80.67
	Costo Directo				19,723.93
	SON : DIECINUEVE MIL SETECIENTOS VEINTITRES Y 93/100 NUEVO SOL				

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	0101001	CONSTRUCCION VIVIENDA					
Subpresupuesto	001	VIVIENDA BLOCKER II					
Fecha	01/01/2015						
Lugar	010101	TACNA - TACNA - TACNA					
Código	Recurso		Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
MANO DE OBRA							
0101010001	CAPATAZ		HH	22.2682	14.02	312.20	
0101010002	OPERARIO		HH	220.0966	14.02	3,085.75	
0101010003	PEON		HH	111.3406	10.62	1,182.44	
						4,580.39	
MATERIALES							
0201010001	CLAVOS DE MADERA CON CABEZA DE 3"		KG	6.2659	3.83	24.00	
0201010002	ALAMBRE NEGRO N°08		KG	156.0071	4.25	663.03	
0201010003	ARENA GRUESA		M3	9.9140	34.67	343.72	
0201010005	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO IP		UND	62.3394	17.43	1,086.58	
0201010006	AGUA		M3	2.2661	7.23	16.38	
0201010007	ALAMBRE NEGRO N°16		KG	4.2570	4.25	18.09	
0201010008	ACERO CORRUGADO FY= 4200 KG/CM2 GRADO 60		KG	75.9165	3.50	265.71	
0201010009	LADRILLO BLOCKER II		UND	4,936.7167	1.80	8,886.09	
						11,303.60	
EQUIPOS							
0301010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO			138.87	
0301010002	ANDAMIO METALICO		HM	87.0052	3.40	295.82	
0301010003	CIZALLA		HM	0.6811	1.70	1.16	
						435.85	
					Total	S/.	16,319.84

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	0101001	CONSTRUCCION VIVIENDA					
Subpresupuesto	002	VIVIENDA HERCULES I					
Fecha	01/01/2015						
Lugar	010101	TACNA - TACNA - TACNA					
Código	Recurso		Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
MANO DE OBRA							
0101010001	CAPATAZ		HH	21.8581	14.02	306.45	
0101010002	OPERARIO		HH	218.0114	14.02	3,056.52	
0101010003	PEON		HH	109.2960	10.62	1,160.72	
						4,523.69	
MATERIALES							
0201010001	CLAVOS DE MADERA CON CABEZA DE 3"		KG	6.2637	3.83	23.99	
0201010002	ALAMBRE NEGRO N°08		KG	155.9534	4.25	662.80	
0201010003	ARENA GRUESA		M3	9.9107	34.67	343.60	
0201010004	LADRILLO HERCULES I		UND	9,312.0400	1.35	12,571.25	
0201010005	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO IP		UND	62.3174	17.43	1,086.19	
0201010006	AGUA		M3	2.2653	7.23	16.38	
0201010007	ALAMBRE NEGRO N°16		KG	0.9528	4.25	4.05	
0201010008	ACERO CORRUGADO FY= 4200 KG/CM2 GRADO 60		KG	16.9916	3.50	59.47	
						14,767.73	
EQUIPOS							
0301010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO			136.06	
0301010002	ANDAMIO METALICO		HM	86.9732	3.40	295.71	
0301010003	CIZALLA		HM	0.1524	1.70	0.26	
						432.03	
					Total	S/.	19,723.45

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0101001 CONSTRUCCION VIVIENDA
 Subpresupuesto 001
 13/01/2015

VIVIENDA BLOCKER: Ifecha presupuesto

Partida	MURO DE LADRILLO DE SOGA C/MEZCLA 1:5 LADRILLO BLOCKER II			Costo unitario directo por : M2			
Rendimiento	M2/DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000				58.10
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.	
	Mano de Obra						
0101010001	CAPATAZ	HH	0.2000	0.0800	14.02	1.12	
0101010002	OPERARIO	HH	2.0000	0.8000	14.02	11.22	
0101010003	PEON	HH	1.0000	0.4000	10.62	4.25	18.59
	Materiales						
0201010001	CLAVOS DE MADERA CON CABEZA DE 3"	KG		0.0220	3.83	0.08	
0201010002	ALAMBRE NEGRO Nº08	KG		0.5500	4.25	2.34	
0201010003	ARENA GRUESA	M3		0.0350	34.67	1.21	
0201010005	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO IP	UND		0.2200	17.43	3.83	
0201010008	AGUA	M3		0.0080	7.23	0.06	
0201010009	LADRILLO BLOCKER II	UND		18.0000	1.80	32.40	39.92
	Equipos						
0301010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	16.59	0.50	
0301010002	ANDAMIO METALICO	HM	0.8000	0.3200	3.40	1.09	1.59
	REFORZAMIENTO DE MURO: ACERO FY= 4200 KG/CM2						
Partida	KG/DIA	MO. 220.0000	EQ. 220.0000	Costo unitario directo por : KG			5.08
Rendimiento							
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.	
	Mano de Obra						
0101010001	CAPATAZ	HH	0.2000	0.0073	14.02	0.10	
0101010002	OPERARIO	HH	1.0000	0.0364	14.02	0.51	
0101010003	PEON	HH	1.0000	0.0364	10.62	0.39	1.00
	Materiales						
0201010007	ALAMBRE NEGRO Nº16	KG		0.0600	4.25	0.26	
0201010008	ACERO CORRUGADO FY= 4200 KG/CM2 GRADO 60	KG		1.0700	3.50	3.75	4.01
	Equipos						
0301010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.00	0.05	
0301010003	CIZALLA	HM	0.2650	0.0068	1.70	0.02	0.07
	MURO DE LADRILLO DE CABEZA C/MEZCLA 1:5 LADRILLO BLOCKER II						
Partida	M2/DIA	MO. 12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : M2			104.51
Rendimiento							
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.	
	Mano de Obra						
0101010001	CAPATAZ	HH	0.2000	0.1333	14.02	1.87	
0101010002	OPERARIO	HH	2.0000	1.3333	14.02	18.69	
0101010003	PEON	HH	1.0001	0.6667	10.62	7.08	27.64
	Materiales						
0201010001	CLAVOS DE MADERA CON CABEZA DE 3"	KG		0.0500	3.83	0.19	
0201010002	ALAMBRE NEGRO Nº08	KG		1.2200	4.25	5.19	
0201010003	ARENA GRUESA	M3		0.0770	34.67	2.67	
0201010005	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO IP	UND		0.4850	17.43	8.45	
0201010008	AGUA	M3		0.0178	7.23	0.13	
0201010009	LADRILLO BLOCKER II	UND		32.0000	1.80	57.60	74.23
	Equipos						
0301010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	27.64	0.83	
0301010002	ANDAMIO METALICO	HM	0.8000	0.5333	3.40	1.81	2.64

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0101001 | CONSTRUCCION VIVIENDA
 Subpresupuesto 002 |
 13/01/2015 | VIVIENDA HERCULES I Fecha presupuesto

Partida **REFORZAMIENTO DE MURO: ACERO FY= 4200 KG/CM2**
Rendimiento **KG/DIA** **MO. 220.0000** **EQ. 220.0000** **Costo unitario directo por : KG** **5.08**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010001	CAPATAZ	HH	0.2000	0.0073	14.02	0.10
0101010002	OPERARIO	HH	1.0000	0.0364	14.02	0.51
0101010003	PEON	HH	1.0000	0.0364	10.62	0.39
Materiales						
0201010007	ALAMBRE NEGRO N°16	KG		0.0600	4.25	0.26
0201010008	ACERO CORRUGADO FY= 4200 KG/CM2 GRADO 60	KG		1.0700	3.50	3.75
Equipos						
0301010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.00	0.05
0301010003	CIZALLA	HM	0.2650	0.0096	1.70	0.02
0.07						

Partida **MURO DE LADRILLO DE SOGA C/MEZCLA 1:5 LADRILLO HERCULES I**
Rendimiento **M2/DIA** **MO. 10.0000** **EQ. 10.0000** **Costo unitario directo por : M2** **71.60**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010001	CAPATAZ	HH	0.1000	0.0800	14.02	1.12
0101010002	OPERARIO	HH	1.0000	0.8000	14.02	11.22
0101010003	PEON	HH	0.5000	0.4000	10.62	4.25
16.59						
Materiales						
0201010001	CLAVOS DE MADERA CON CABEZA DE 3"	KG		0.0220	3.83	0.08
0201010002	ALAMBRE NEGRO N°08	KG		0.5500	4.25	2.34
0201010003	ARENA GRUESA	M3		0.0350	34.67	1.21
0201010004	LADRILLO HERCULES I	UND		34.0000	1.35	45.90
0201010005	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO IP	UND		0.2200	17.43	3.83
0201010006	AGUA	M3		0.0080	7.23	0.06
53.42						
Equipos						
0301010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	16.59	0.50
0301010002	ANDAMIO METALICO	HM	0.4000	0.3200	3.40	1.09
1.59						

Partida **MURO DE LADRILLO DE CABEZA C/MEZCLA 1:5 LADRILLO HERCULES I**
Rendimiento **M2/DIA** **MO. 6.0000** **EQ. 6.0000** **Costo unitario directo por : M2** **127.91**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010001	CAPATAZ	HH	0.1000	0.1333	14.02	1.87
0101010002	OPERARIO	HH	1.0000	1.3333	14.02	18.69
0101010003	PEON	HH	0.5000	0.6667	10.62	7.08
27.64						
Materiales						
0201010001	CLAVOS DE MADERA CON CABEZA DE 3"	KG		0.0500	3.83	0.19
0201010002	ALAMBRE NEGRO N°08	KG		1.2200	4.25	5.19
0201010003	ARENA GRUESA	M3		0.0770	34.67	2.67
0201010004	LADRILLO HERCULES I	UND		60.0000	1.35	81.00
0201010005	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO IP	UND		0.4850	17.43	8.45
0201010006	AGUA	M3		0.0176	7.23	0.13
97.63						
Equipos						
0301010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	27.64	0.83
0301010002	ANDAMIO METALICO	HM	0.4000	0.5333	3.40	1.81
2.64						