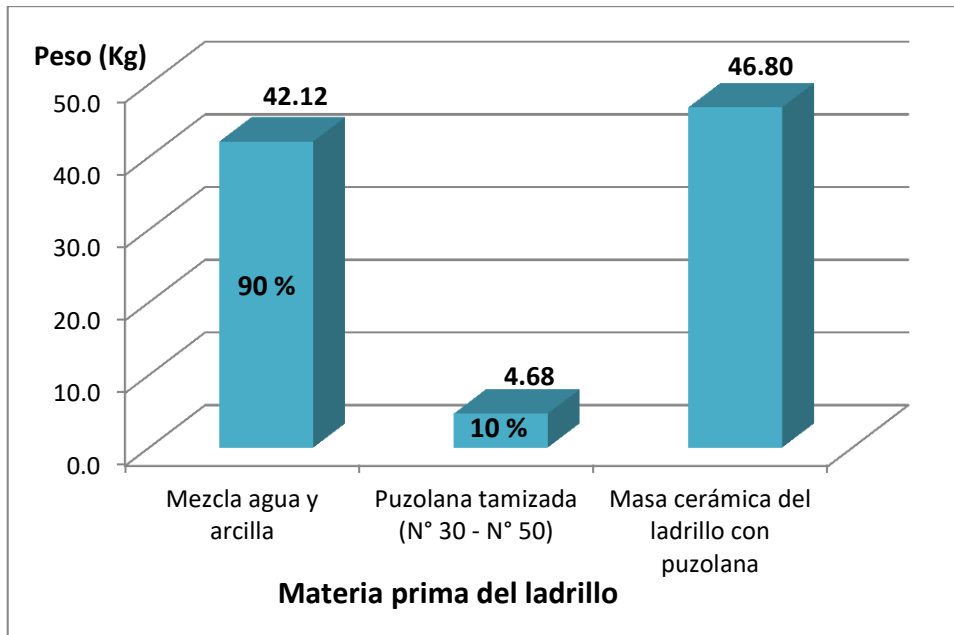


B3.- Dosificación de ladrillos con puzolana del tamiz n° 50

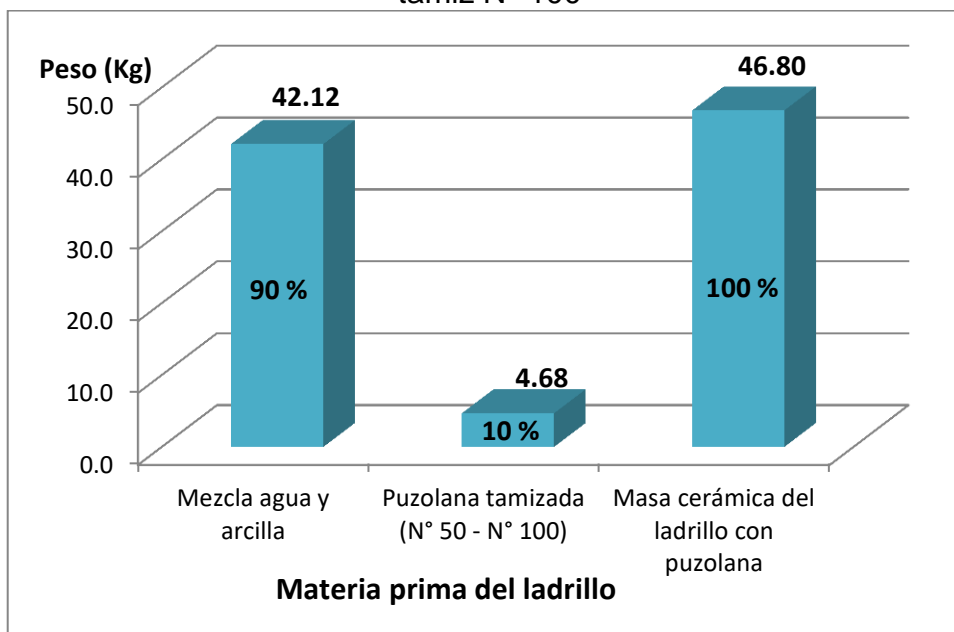
Ilustración 31: Dosificación de materiales para 10 ladrillos con puzolana del tamiz N° 50



Fuente: Elaboración Propia

B4.- Dosificación de ladrillos con puzolana del tamiz n° 100

Ilustración 32: Dosificación de materiales para 10 ladrillos con puzolana del tamiz N° 100

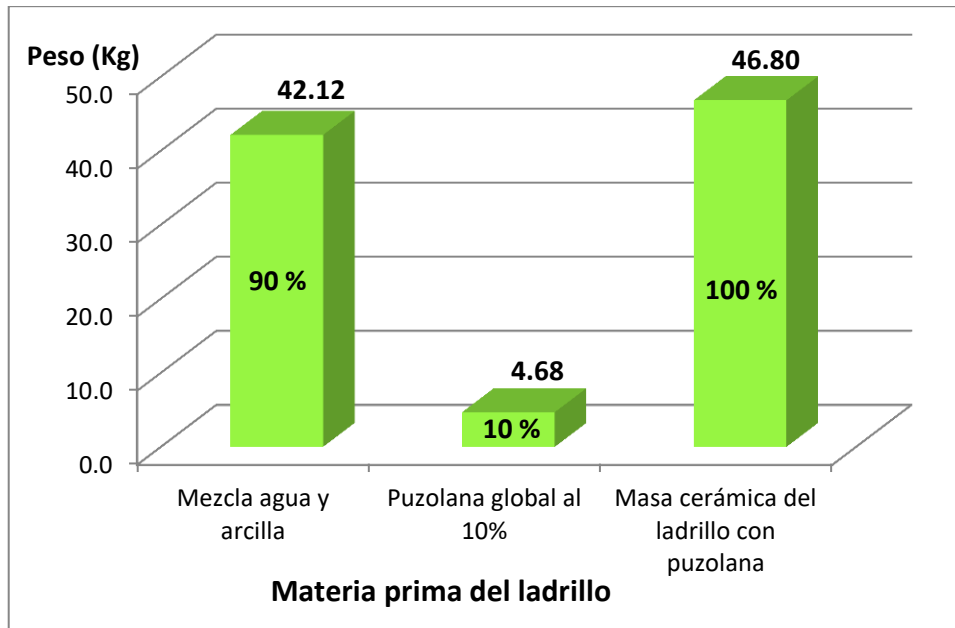


Fuente: Elaboración Propia

C).- Ladrillo adicionado con puzolana global

C1.- Dosificación de ladrillos con puzolana global al 10%

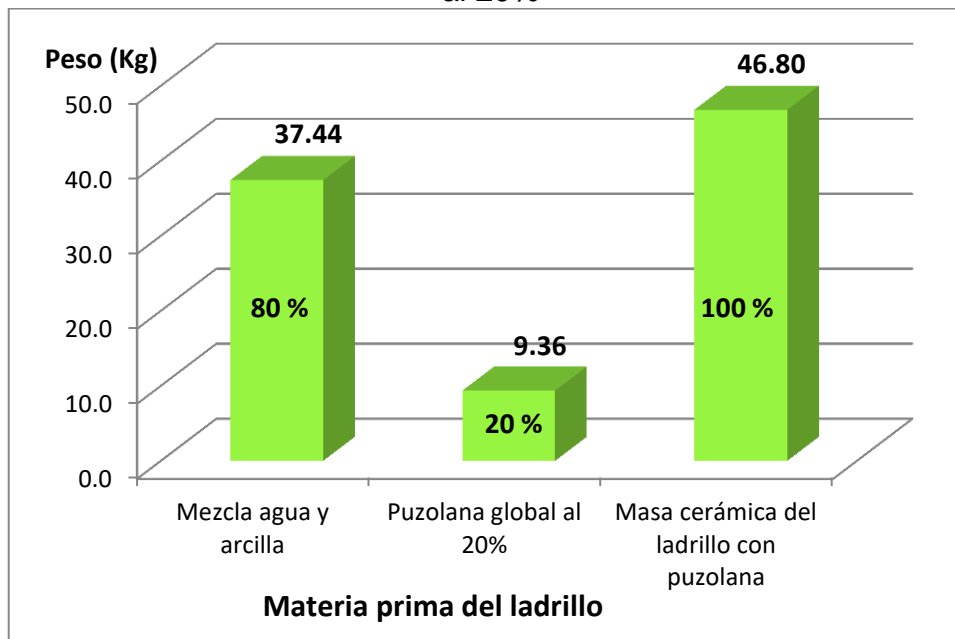
Ilustración 33: Dosificación de materiales para 10 ladrillos con puzolana global al 10%



Fuente: Elaboración Propia

C2.- Dosificación de ladrillos con puzolana global al 20%

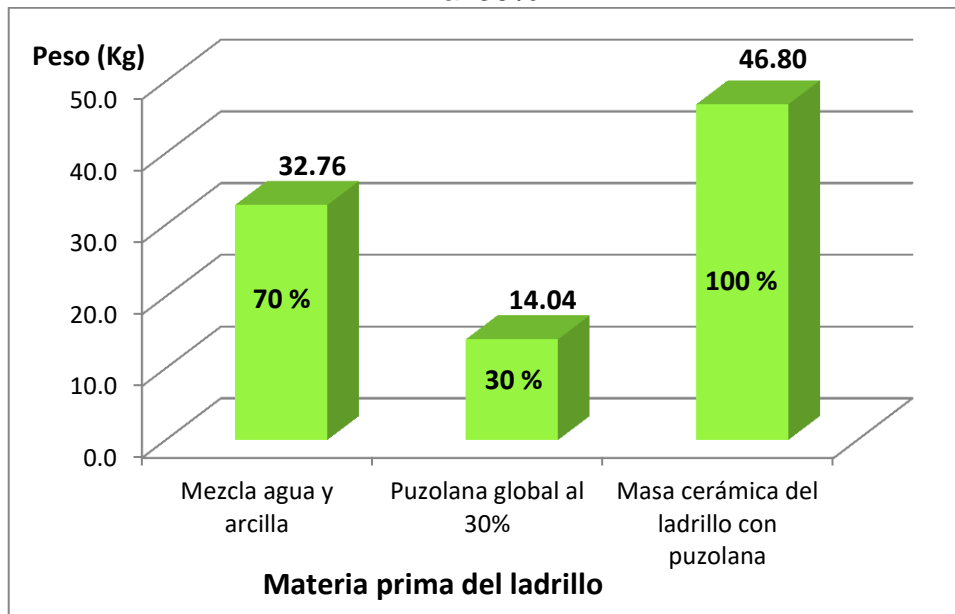
Ilustración 34: Dosificación de materiales para 10 ladrillos con puzolana global al 20%



Fuente: Elaboración Propia

C3.- Dosificación de ladrillos con puzolana global al 30%

Ilustración 35: Dosificación de materiales para 10 ladrillos con puzolana global al 30%



Fuente: Elaboración Propia

3.6.4.3. Análisis de la prueba

A).- Ladrillo King Kong 18 huecos

La dosificación de materiales del ladrillo King Kong 18 huecos tradicional, se tomaron en cuenta los pesos del ladrillo crudo y del ladrillo cocido, determinando así la cantidad de agua y de arcilla.

De los resultados se obtuvieron que el ladrillo tradicional está conformado por: 3.44 Kg de arcilla representando el 73.5%, y agua con un peso de 1.24 Kg el cual es equivalente a 1.24 litros con un porcentaje de 26.5%.

B).- Ladrillo adicionado con puzolana tamizada

Los resultados de dosificación de ladrillos con puzolana retenida en los tamices N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100, se realizaron al 10% cada una, teniendo así tamaños de granos de puzolana seleccionados en los ladrillos.

El ladrillo King Kong 18 huecos adicionado con puzolana de la cantera Raqchi, está conformado con 4.21 Kg de la mezcla de arcilla y agua representando el



90% del ladrillo, la puzolana tamizada para un ladrillo es de 0.47 Kg siendo el 10% de la masa cerámica del ladrillo.

Para elaborar un total de 10 ladrillos adicionados con puzolana tamizada para cada tamaño seleccionado en los tamices mencionados, por lo tanto para un total de 10 ladrillos se requieren 42.1 Kg de la mezcla de agua con arcilla, y 4.7 Kg de puzolana tamizada.

C).- Ladrillo adicionado con puzolana global

Se dosificaron ladrillos adicionados con puzolana de la cantera Raqchi, con tamaños de puzolanas que pasaron el tamiz N° 4, en porcentajes del 10%, 20% y 30%, para elaborar 10 ladrillos por cada porcentaje de puzolana global mencionado.

Para elaborar 10 ladrillos adicionados con puzolana global al 10%, se requieren 42.1 Kg de la mezcla de agua con arcilla, y 4.7 Kg de puzolana global. Para 10 ladrillos adicionados con puzolana global al 20%, se requieren 37.44 Kg de mezcla de arcilla con agua y 9.36 Kg de puzolana global. Para 10 ladrillos adicionados con puzolana global al 30% se requieren 32.76 Kg de mezcla de agua con arcilla y 14.04 Kg de puzolana global.

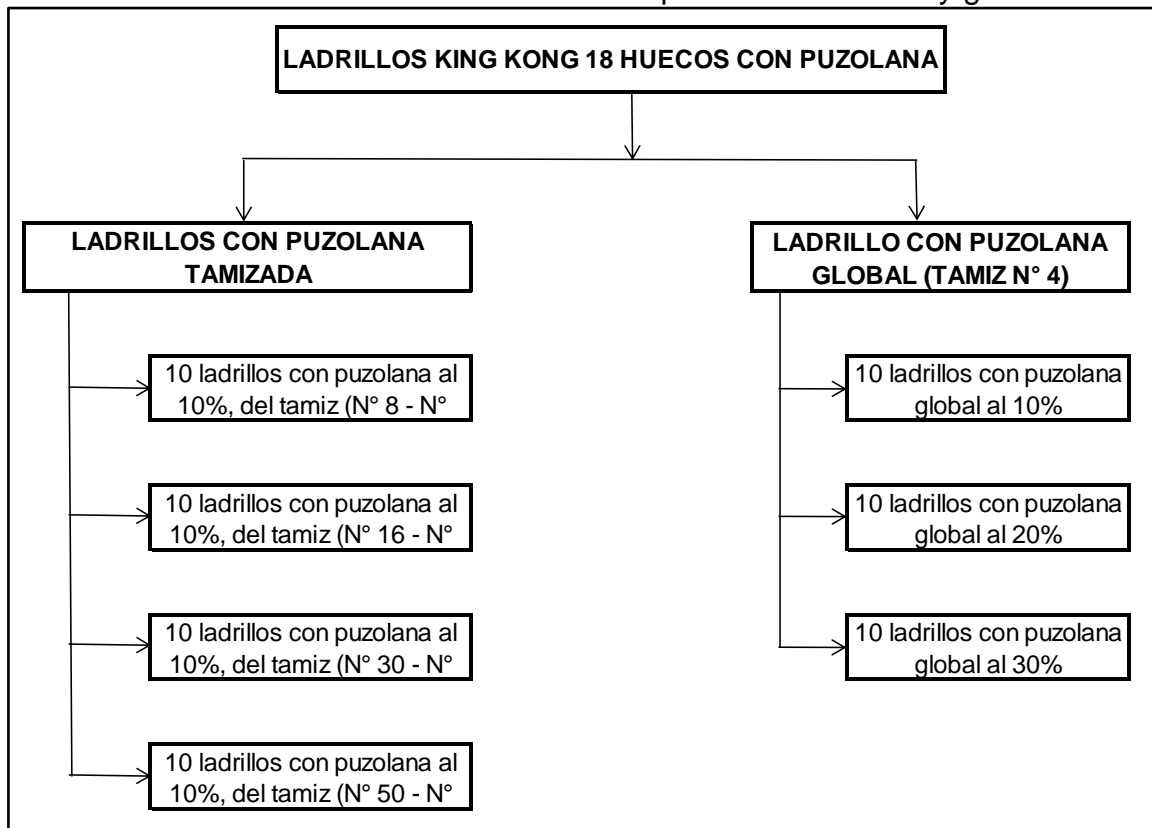
3.6.5 Elaboración de ladrillos King Kong

3.6.5.1. Cálculos de la prueba

Los nuevos ladrillos King Kong 18 huecos adicionados con puzolana de la cantera Raqchi se fabricaron en la Ladrillera Latesa, para lo cual se utilizaron las maquinarias eléctricas de dosificación, extrusión y moldeo, en donde la materia prima que es la arcilla mezclada con agua pasan por etapas hasta que resulte el ladrillo con adiciones de puzolana.

3.6.5.2. Diagramas

Ilustración 36: Ladrillos elaborados con puzolana tamizada y global



Fuente: Elaboración Propia

3.6.5.3. Análisis de la prueba

Se elaboraron un total de 70 ladrillos King Kong 18 huecos adicionados con puzolana, de los cuales 40 ladrillos se elaboraron con adición del 10% de puzolana retenida en los tamices N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100, y 30 ladrillos se elaboraron con adiciones de puzolana global pasantes el tamiz N° 4, en porcentajes del 10%, 20% y el 30% como se observa en el esquema anterior. De los cuales se observó que los ladrillos con puzolana al 10% retenido en el tamiz N° 16 resultaron un poco ásperos en sus caras o superficies, pero los ladrillos adicionados con puzolana retenida en el tamiz N° 30, N° 50 y N° 100 resultaron con superficies lisas.

3.6.6 Succión del ladrillo

3.6.6.1. Cálculos de la prueba

La succión de los ladrillos King Kong 18 huecos se realizaron en tres etapas determinando en primer lugar la succión del ladrillo tradicional para luego proseguir con los ladrillos adicionados con puzolana tamizada y finalmente con el ladrillo con puzolana global.

Para determinar la succión de los ladrillos se utiliza la fórmula matemática emitida por la Norma Técnica Peruana 399.613, la cual está en función del peso mojado, del peso seco y del área en contacto con el agua del ladrillo.

Tabla N° 67: Succión del ladrillo King Kong tradicional

DESCRIPCIÓN	LADRILLO KING KONG 18 HUECOS				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Succion del ladrillo (gr/200cm ²)	24.41	33.82	33.47	30.47	18.18
Succion promedio del ladrillo (gr/200cm²)	28.071				

Fuente: Elaboración Propia

La succión de los ladrillos adicionados con puzolana tamizada y puzolana global, se determinó utilizando la fórmula matemática mencionada, de los cuales la succión resultó como se observa en las siguientes tablas.

Tabla N° 68: Succión del ladrillo con 10% de puzolana global

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Succion del ladrillo (gr/200cm ²)	29.11	30.97	29.47	29.35	31.04
Succion promedio del ladrillo (gr/200cm²)	29.99				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 69: Succión del ladrillo con 20% de puzolana global

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 20% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Succion del ladrillo (gr/200cm ²)	31.70	32.24	31.28	31.53	30.94
Succion promedio del ladrillo (gr/200cm²)	31.539				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 70: Succión del ladrillo con 30% de puzolana global

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 30% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Succion del ladrillo (gr/200cm ²)	33.55	33.41	32.90	32.57	32.22
Succion promedio del ladrillo (gr/200cm²)	32.929				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 71: Succión del ladrillo con puzolana del tamiz N° 16

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Succion del ladrillo (gr/200cm ²)	41.66	40.91	41.89	39.65	41.07
Succion promedio del ladrillo (gr/200cm²)	41.036				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 72: Succión del ladrillo con puzolana del tamiz N° 30

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Succion del ladrillo (gr/200cm ²)	38.04	37.97	37.77	37.94	37.28
Succion promedio del ladrillo (gr/200cm²)	37.80				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 73: Succión del ladrillo con puzolana del tamiz N° 50

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Succion del ladrillo (gr/200cm ²)	32.46	35.42	35.11	34.16	36.67
Succion promedio del ladrillo (gr/200cm²)	34.76				

Fuente: Elaboración Propia

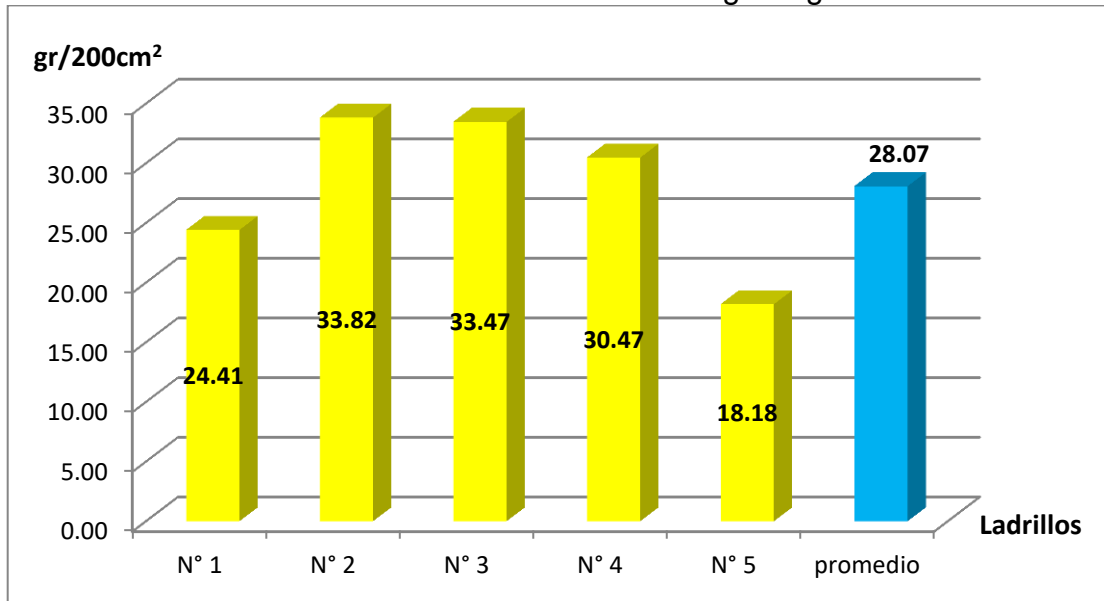
Tabla N° 74: Succión del ladrillo con puzolana del tamiz N° 100

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Succion del ladrillo (gr/200cm ²)	32.17	31.23	32.09	30.84	31.58
Succion promedio del ladrillo (gr/200cm²)	31.58				

Fuente: Elaboración Propia

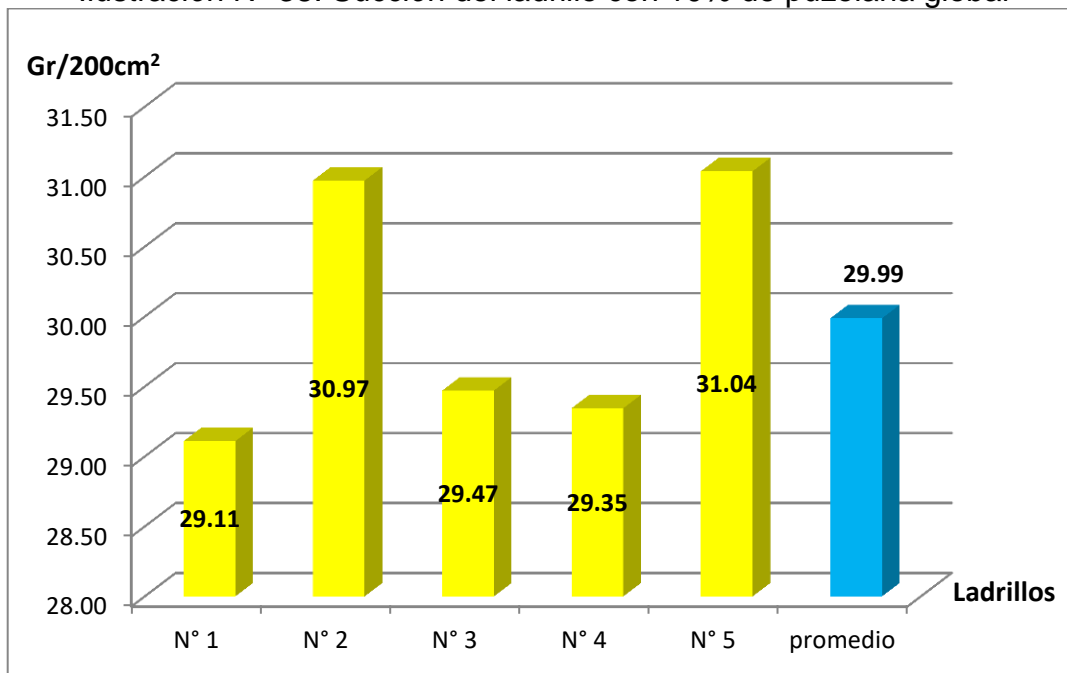
3.6.6.2. Diagramas

Ilustración N° 37: Succión del ladrillo King Kong tradicional



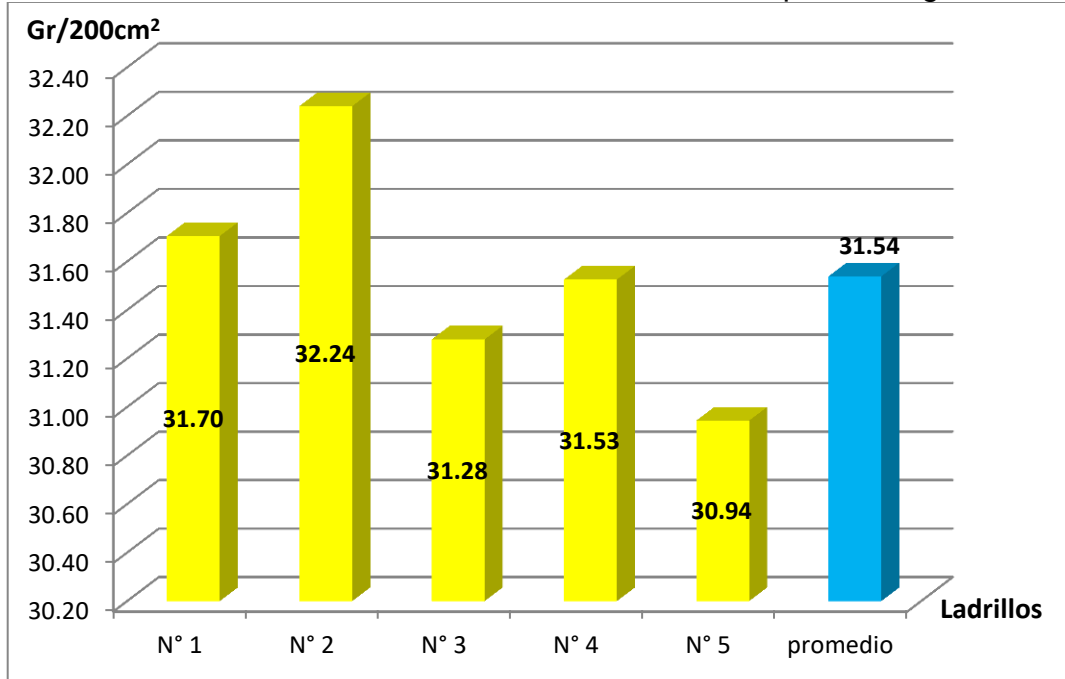
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 38: Succión del ladrillo con 10% de puzolana global



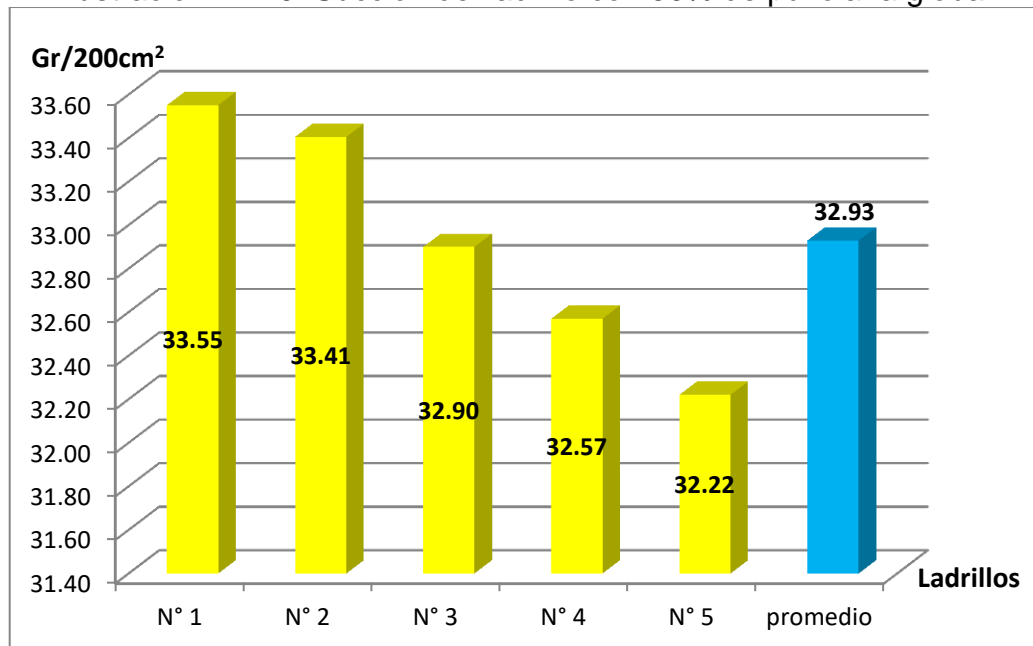
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 39: Succión del ladrillo con 20% de puzolana global



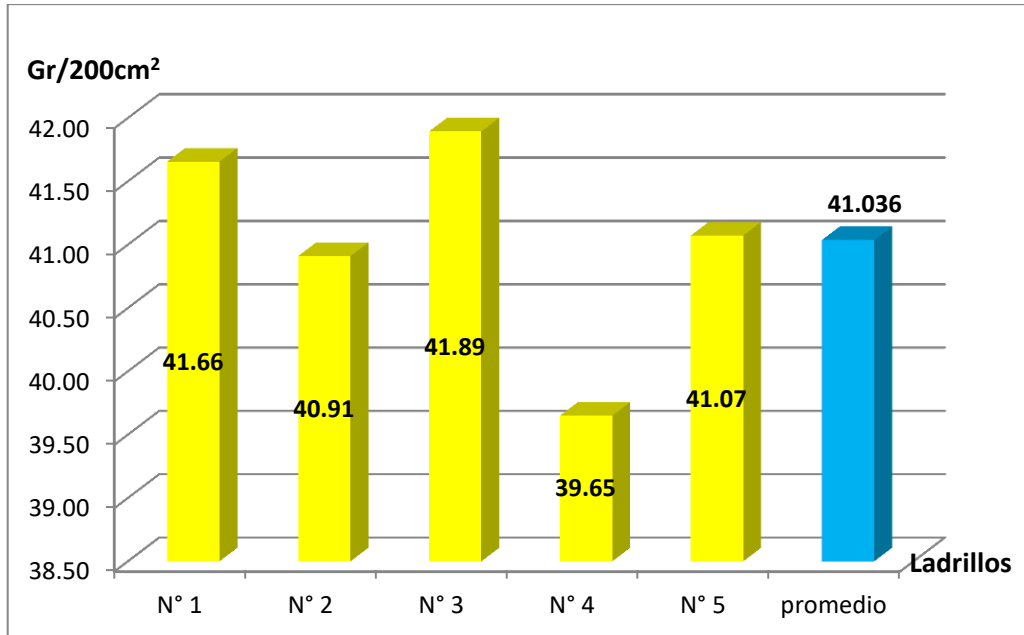
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 40: Succión del ladrillo con 30% de puzolana global



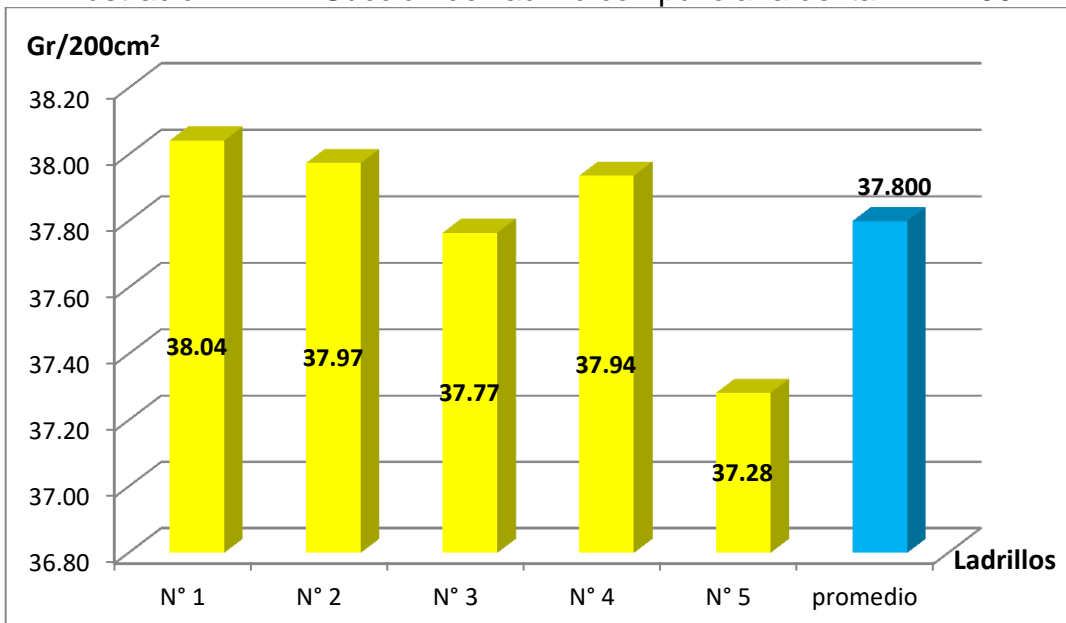
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 41: Succión del ladrillo con puzolana del tamiz N° 16



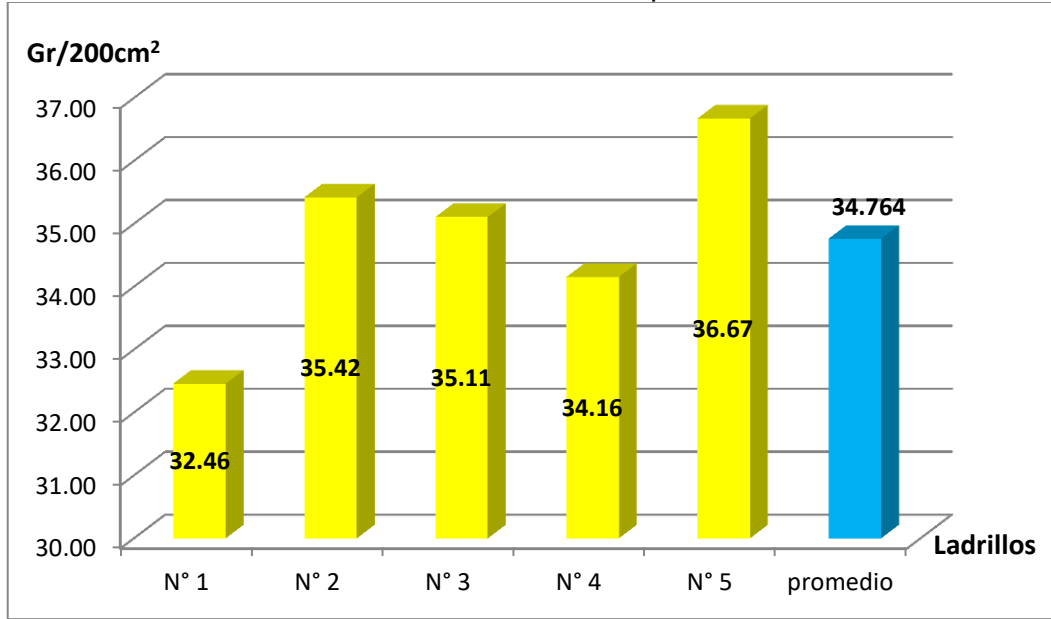
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 42: Succión del ladrillo con puzolana del tamiz N° 30



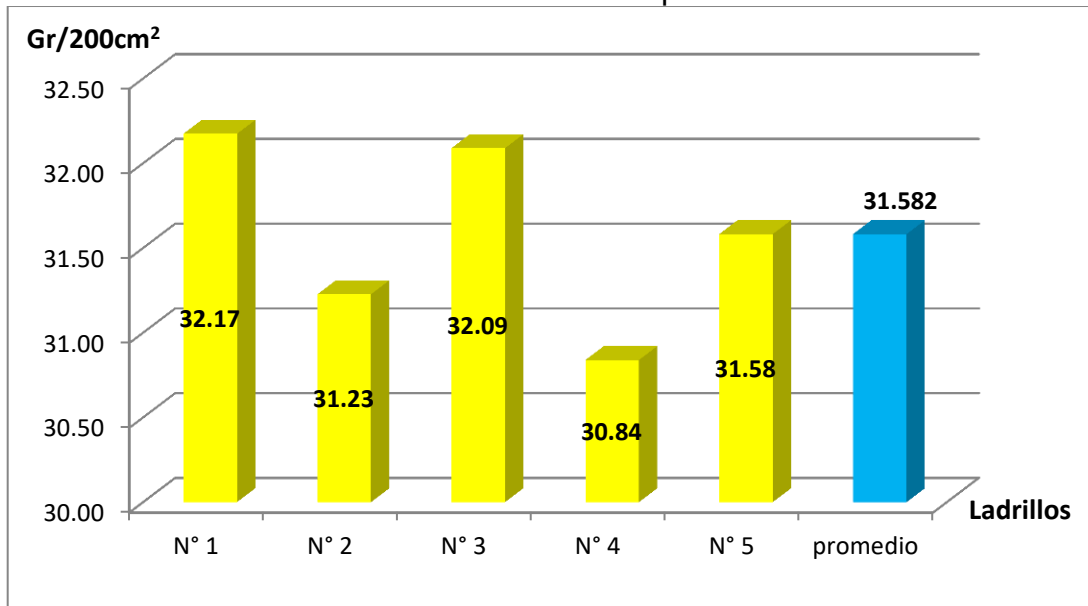
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 43: Succión del ladrillo con puzolana del tamiz N° 50



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 44: Succión del ladrillo con puzolana del tamiz N° 100



Fuente: Elaboración Propia

3.6.6.3. Análisis de la prueba

De los resultados se puede observar que los ladrillos adicionados con puzolana ya sean globales y tamizados, succionan agua en mayor cantidad que los ladrillos tradicionales, esto se debe a que la puzolana contiene vacíos y al estar en contacto con el agua, estos vacíos de la puzolana se llenan de agua.

3.6.7 Absorción del ladrillo

3.6.7.1. Cálculos de la prueba

Para determinar la absorción de los ladrillos se utiliza la fórmula matemática emitida por la Norma Técnica Peruana 399.613, la cual está en función del peso saturado y del peso seco.

Tabla N° 75: Absorción del ladrillo King Kong tradicional

DESCRIPCIÓN	LADRILLO KING KONG 18 HUECOS				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Absorción (%)	14.96	14.52	14.25	13.82	15.57
Absorción promedio del ladrillo (%)	14.62				

Fuente: Elaboración Propia

La absorción de los ladrillos adicionados con puzolana tamizada y global, se determinó con la fórmula mencionada, resultando de esta manera los valores de la absorción:

Tabla N° 76: Absorción del ladrillo con 10% de puzolana global

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Absorción (%)	15.08	15.39	15.46	15.25	15.39
Absorción promedio del ladrillo (%)	15.32				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 77: Absorción del ladrillo con 20% de puzolana global

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 20% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Absorción (%)	17.07	16.82	16.72	17.02	16.51
Absorción promedio del ladrillo (%)	16.826				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 78: Absorción del ladrillo con 30% de puzolana global

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 30% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Absorción (%)	18.28	17.87	18.31	17.79	18.24
Absorción promedio del ladrillo (%)	18.101				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 79: Absorción del ladrillo con puzolana del tamiz N° 16

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Absorción (%)	19.16	18.81	18.55	19.07	19.01
Absorción promedio del ladrillo (%)	18.922				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 80: Absorción del ladrillo con puzolana del tamiz N° 30

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Absorción (%)	16.93	17.43	17.25	17.47	17.48
Absorción promedio del ladrillo (%)	17.312				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 81: Absorción del ladrillo con puzolana del tamiz N° 50

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Absorción (%)	16.30	15.72	16.04	15.88	16.17
Absorción promedio del ladrillo (%)	16.022				

Fuente: Elaboración Propia

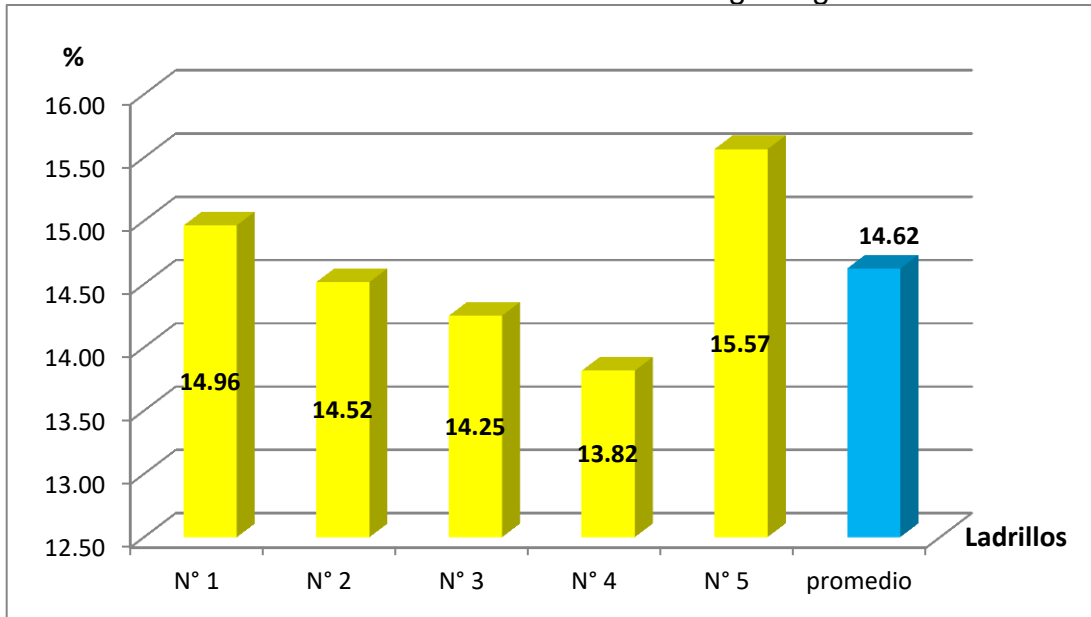
Tabla N° 82: Absorción del ladrillo con puzolana del tamiz N° 100

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Absorción (%)	14.94	15.00	15.10	14.80	15.07
Absorción promedio del ladrillo (%)	14.982				

Fuente: Elaboración Propia

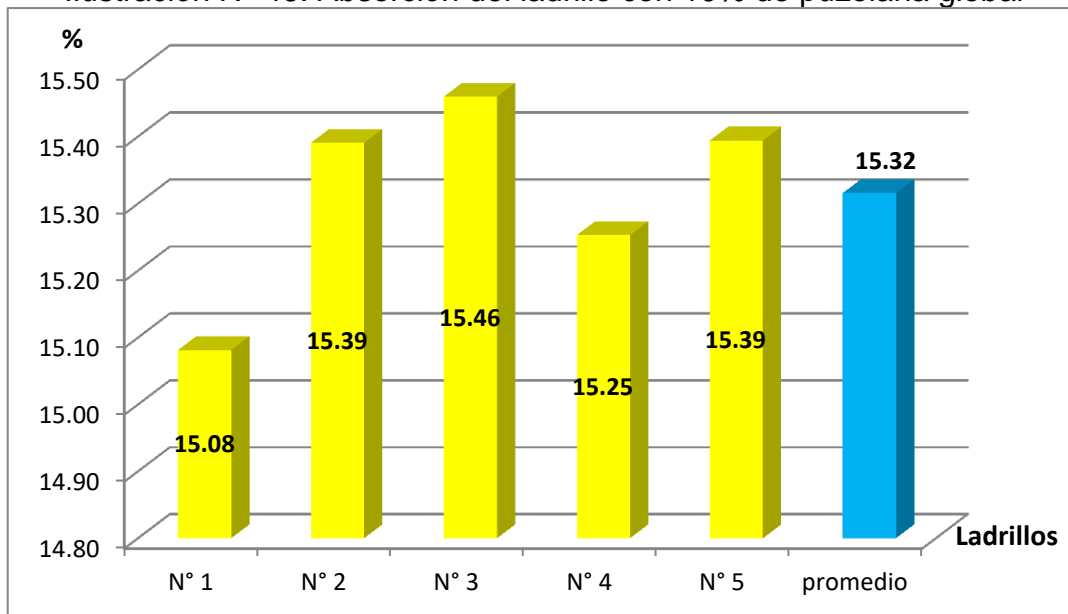
3.6.7.2. Diagramas

Ilustración N° 45: Absorción del ladrillo King Kong tradicional



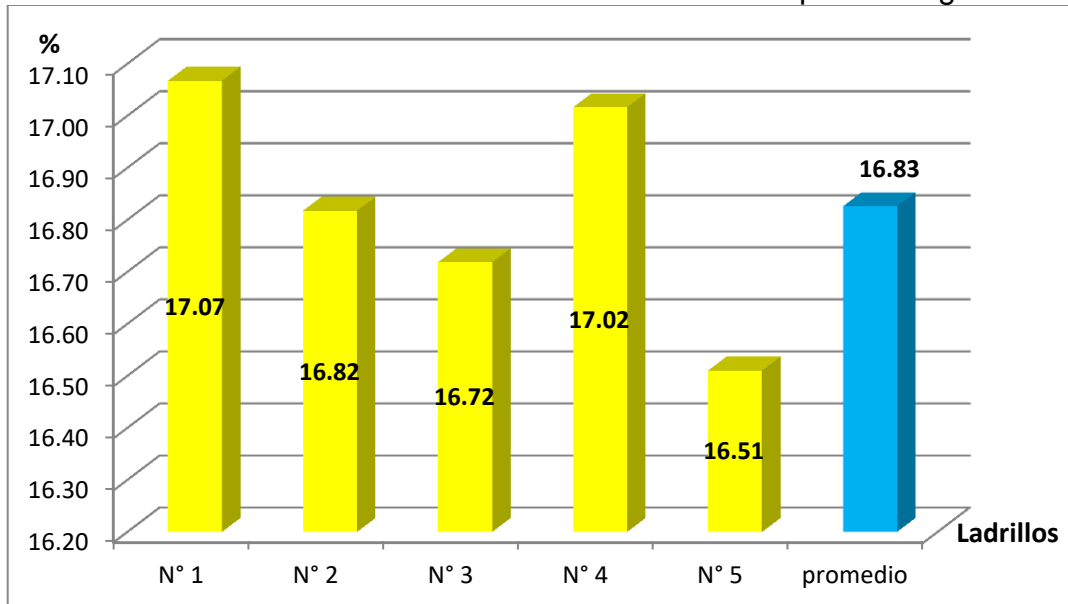
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 46: Absorción del ladrillo con 10% de puzolana global



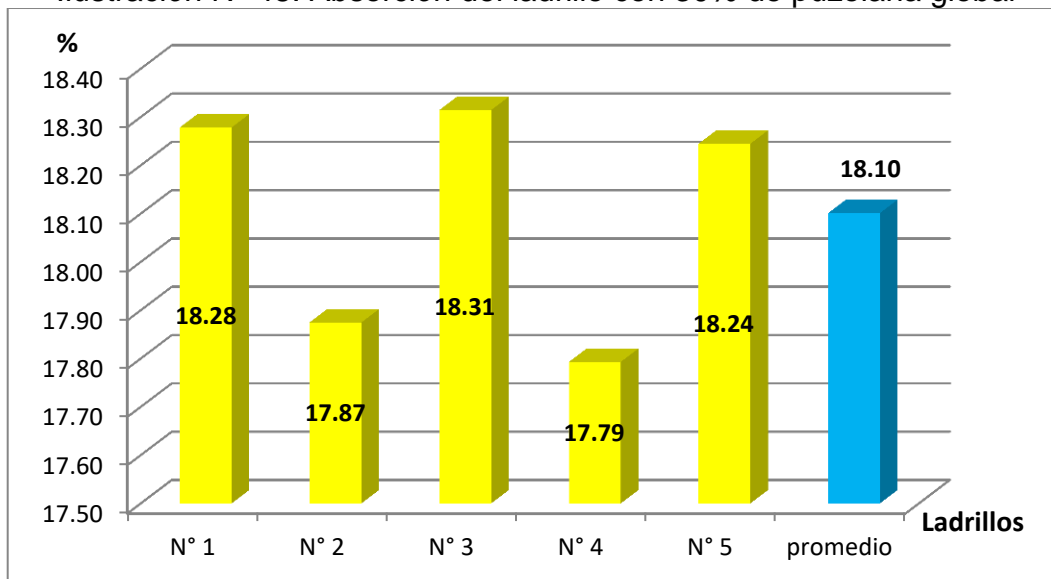
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 47: Absorción del ladrillo con 20% de puzolana global



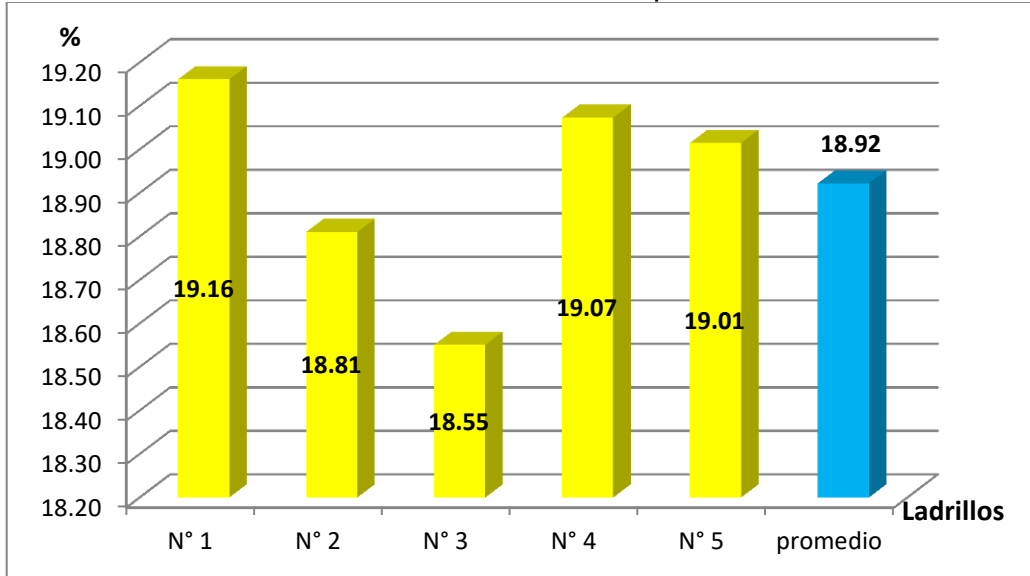
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 48: Absorción del ladrillo con 30% de puzolana global



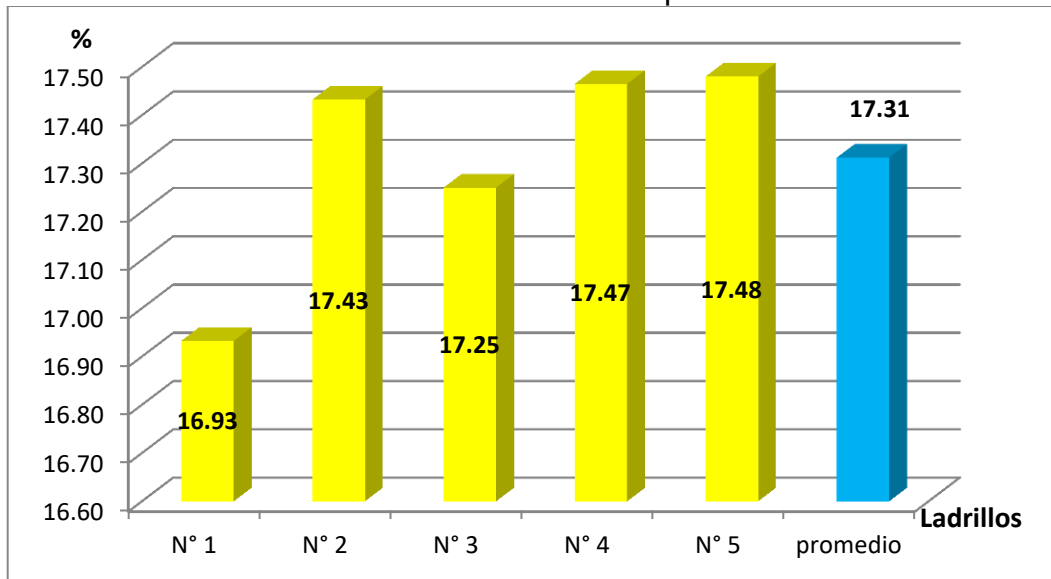
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 49: Absorción del ladrillo con puzolana del tamiz N° 16



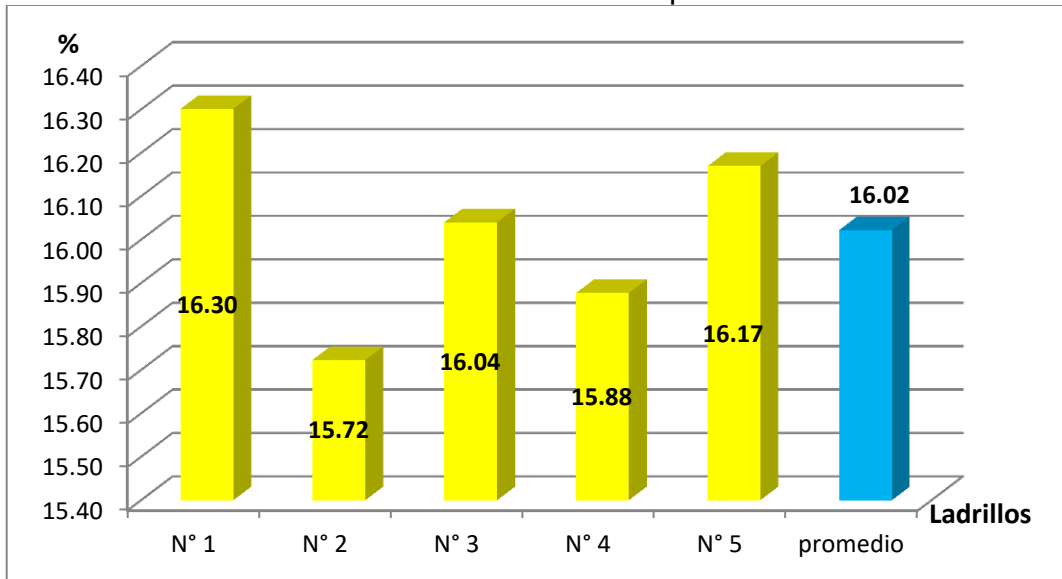
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 50: Absorción del ladrillo con puzolana del tamiz N° 30



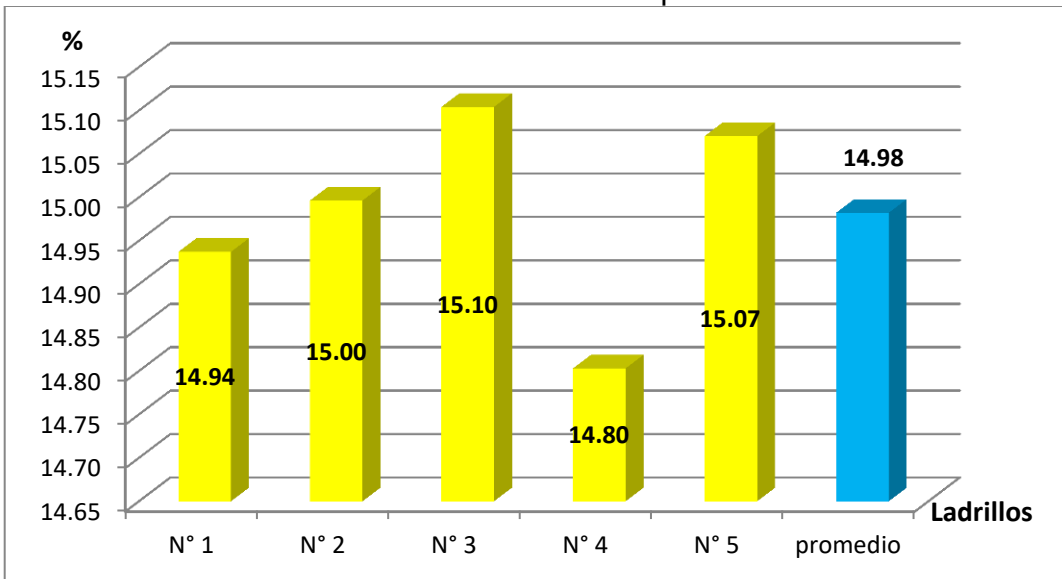
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 51: Absorción del ladrillo con puzolana del tamiz N° 50



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 52: Absorción del ladrillo con puzolana del tamiz N° 100



Fuente: Elaboración Propia

3.6.7.3. Análisis de la prueba

Como se puede observar en las tablas anteriores, la absorción del ladrillo adicionado con puzolana es mayor con respecto al de un ladrillo tradicional, esto se debe a que la puzolana del ladrillo posee vacíos y poros, que al momento de estar en contacto con el agua estos vacíos se saturaron con agua, absorbiendo de este modo mayor cantidad de agua que un ladrillo tradicional.

3.6.8 Tracción del ladrillo

3.6.8.1. Cálculos de la prueba

Para determinar la tracción del ladrillo previamente se tomaron las dimensiones de la unidad de albañilería, posteriormente se tomaron las medidas de la luz entre ejes de los apoyos y la carga de rotura, puesto que la fórmula de tracción del ladrillo requiere de estos parámetros.

Tabla N° 83: Resistencia a la tracción del ladrillo King Kong tradicional

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS KING KONG 18 HUECOS				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Tracción de ladrillos (Kg/cm ²)	27.81	21.03	22.55	21.47	23.28
Tracción promedio del ladrillo (Kg/cm²)	23.23				

Fuente: Elaboración Propia

La tracción de los ladrillos King Kong 18 huecos adicionados con puzolana, varían de acuerdo a la cantidad y tamaño de granos de la puzolana, los resultados del ensayo se muestran en las siguientes tablas.

Tabla N° 84: Resistencia a la tracción del ladrillo con 10% de puzolana global

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Tracción de ladrillos (Kg/cm ²)	24.23	28.19	24.92	23.15	26.34
Tracción promedio del ladrillo (Kg/cm²)	25.37				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 85: Resistencia a la tracción del ladrillo con 20% de puzolana global

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 20% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Tracción de ladrillos (Kg/cm ²)	30.32	27.11	28.65	27.28	29.45
Tracción promedio del ladrillo (Kg/cm²)	28.56				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 86: Resistencia a la tracción del ladrillo con 30% de puzolana global

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 30% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Tracción de ladrillos (Kg/cm ²)	22.59	23.95	23.74	22.08	20.77
Tracción promedio del ladrillo (Kg/cm²)	22.62				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 87: Resistencia a la tracción del ladrillo con puzolana del tamiz N° 16

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Tracción de ladrillos (Kg/cm ²)	19.10	20.66	20.55	20.43	20.55
Tracción promedio del ladrillo (Kg/cm²)	20.26				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 88: Resistencia a la tracción del ladrillo con puzolana del tamiz N° 30

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Tracción de ladrillos (Kg/cm ²)	22.91	22.97	20.36	21.25	21.54
Tracción promedio del ladrillo (Kg/cm²)	21.81				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 89: Resistencia a la tracción del ladrillo con puzolana del tamiz N° 50

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Tracción de ladrillos (Kg/cm ²)	22.15	25.66	24.89	22.93	22.98
Tracción promedio del ladrillo (Kg/cm²)	23.72				

Fuente: Elaboración Propia

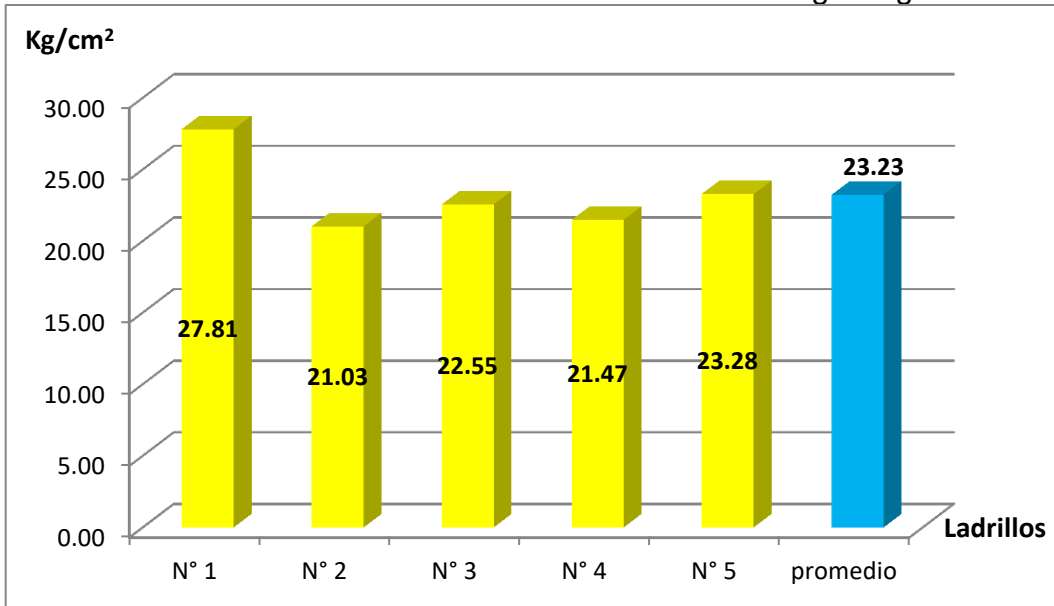
Tabla N° 90: Resistencia a la tracción del ladrillo con puzolana del tamiz N° 100

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Tracción de ladrillos (Kg/cm ²)	28.02	24.09	26.05	25.47	25.20
Tracción promedio del ladrillo (Kg/cm²)	25.77				

Fuente: Elaboración Propia

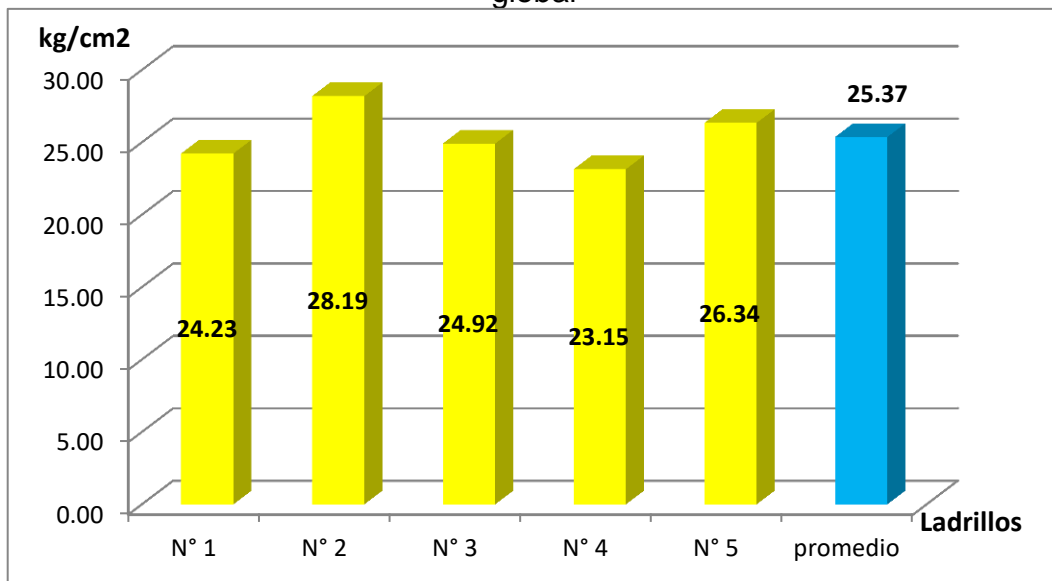
3.6.8.2 Diagramas

Ilustración N° 53: Resistencia a la tracción del ladrillo King Kong tradicional



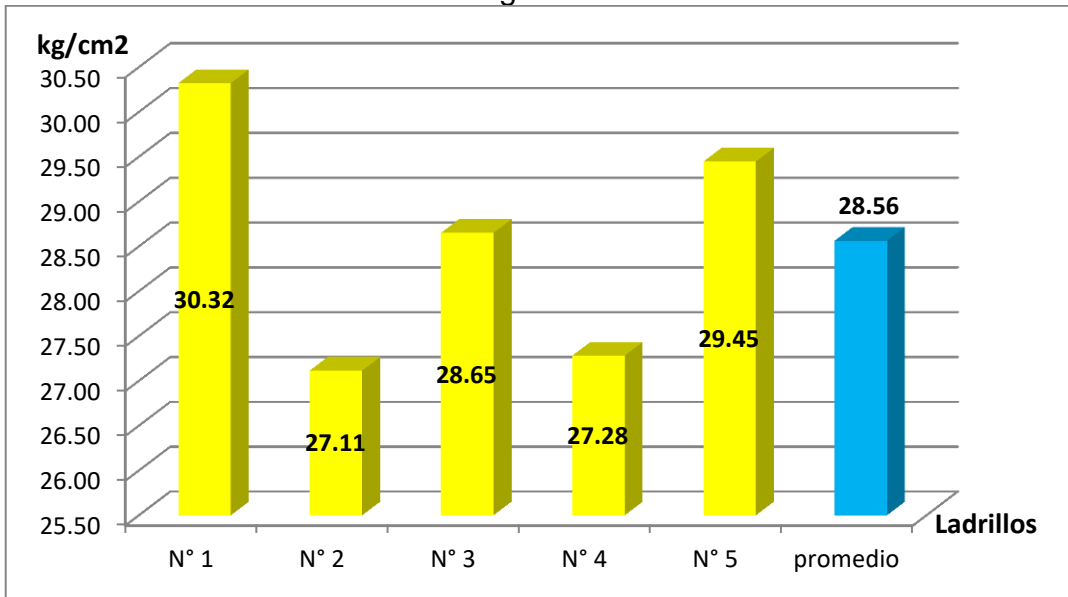
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 54: Resistencia a la tracción del ladrillo con 10% de puzolana global



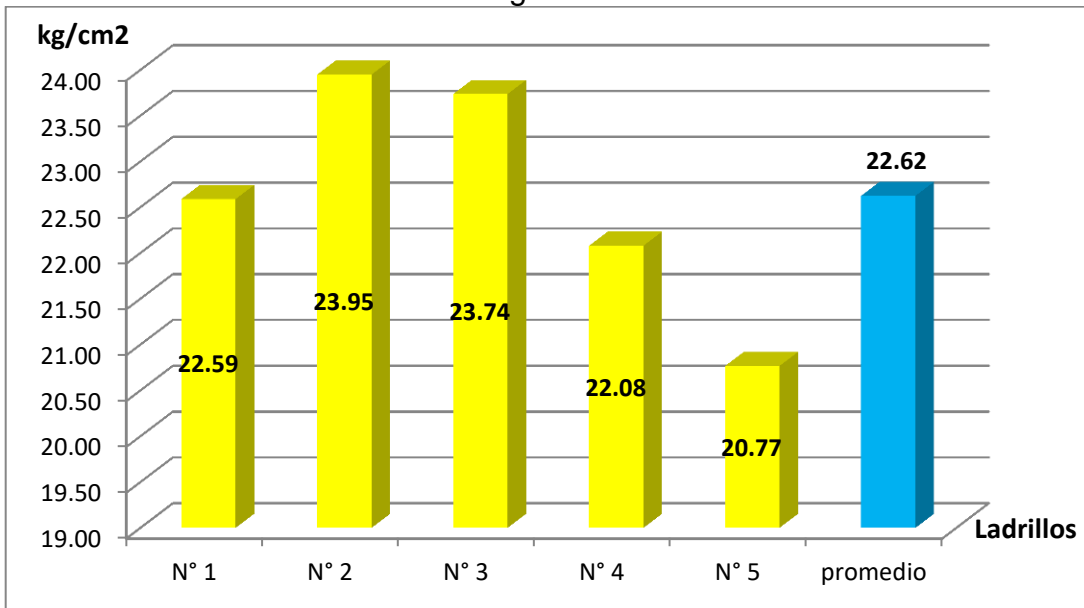
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 55: Resistencia a la tracción del ladrillo con 20% de puzolana global



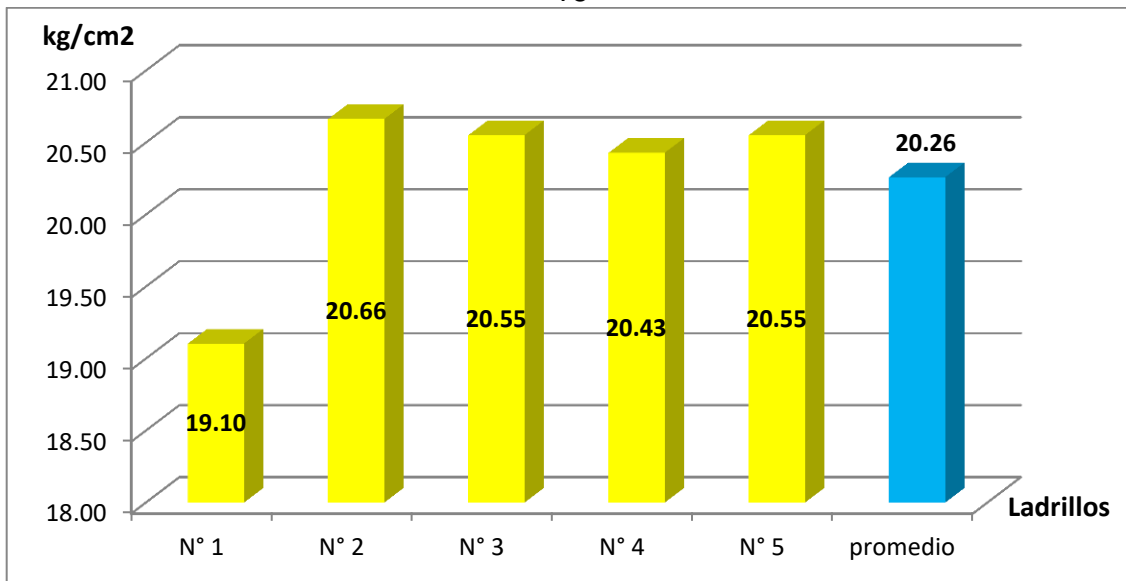
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 56: Resistencia a la tracción del ladrillo con 30% de puzolana global



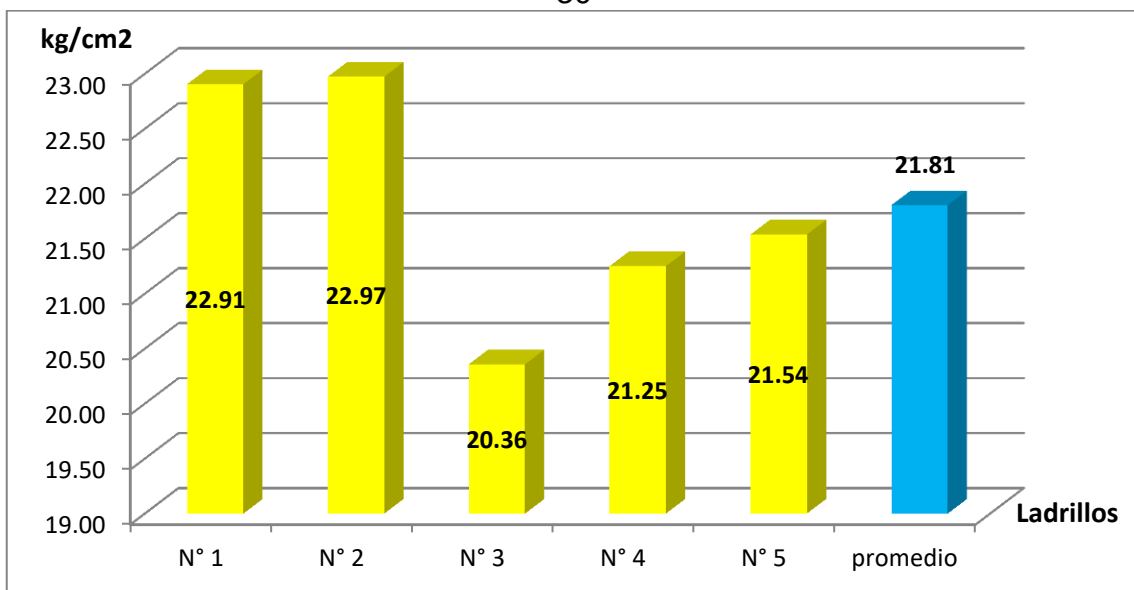
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 57: Resistencia a la tracción del ladrillo con puzolana del tamiz N° 16



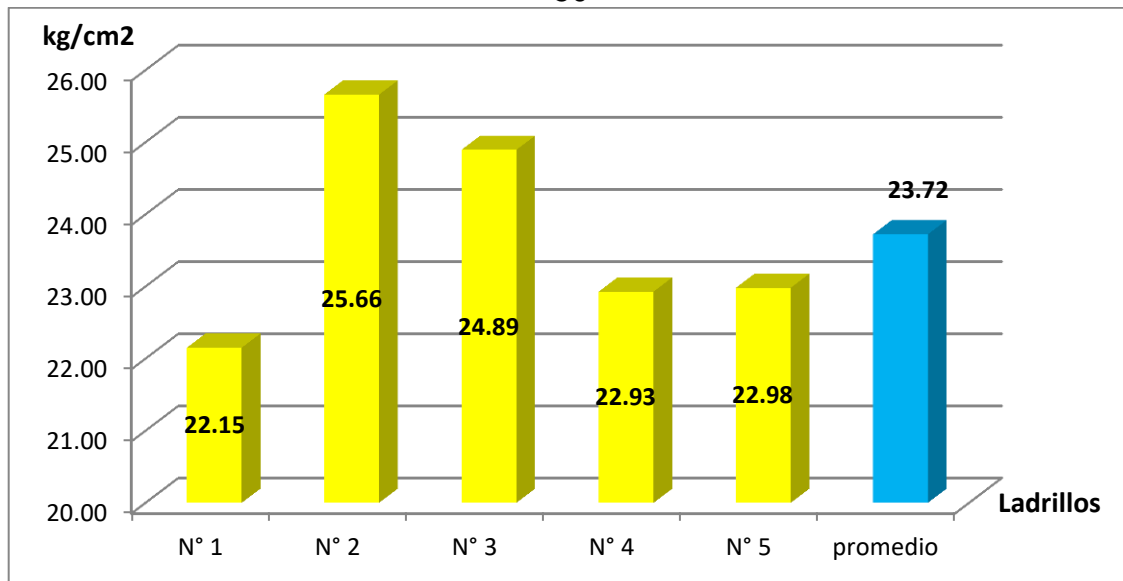
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 58: Resistencia a la tracción del ladrillo con puzolana del tamiz N° 30



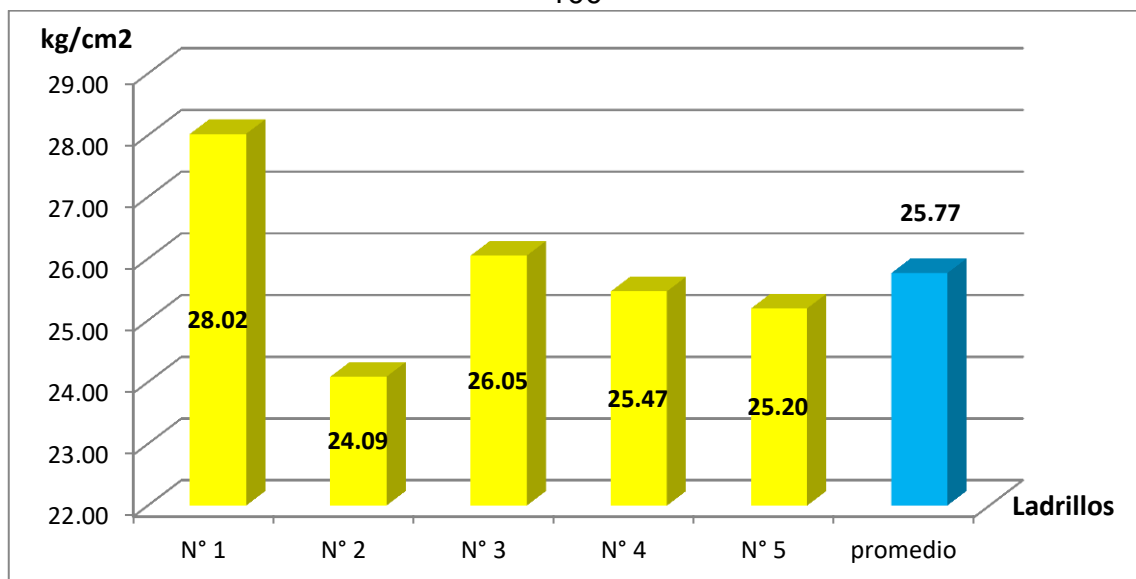
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 59: Resistencia a la tracción del ladrillo con puzolana del tamiz N° 50



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 60: Resistencia a la tracción del ladrillo con puzolana del tamiz N° 100



Fuente: Elaboración Propia

3.6.8.3. Análisis de la prueba

Los resultados indican que para tamaños de granos retenidos entre los tamices (N° 50 – N° 100), la tracción de los ladrillos King Kong 18 huecos adicionados con puzolana se incrementan con respecto a la tracción del ladrillo tradicional, pero conforme los granos de la puzolana se agrandan la resistencia a la tracción del ladrillo disminuye.

La puzolana global incrementa la resistencia a la tracción del ladrillo con respecto al valor patrón del ladrillo tradicional, esto ocurre cuando la adición de la puzolana es el 20%, pero adiciones de puzolana superiores al 30% disminuyen la resistencia a la tracción del ladrillo.

3.6.9 Resistencia a la compresión del ladrillo

3.6.9.1. Cálculos de la prueba

Para determinar la resistencia a la compresión del ladrillo, se tomaron las dimensiones de este, siendo el largo y ancho de medios ladrillos, para determinar el área promedio de superficie de asiento, y la carga aplicada por el equipo de compresión.

Tabla N° 91: Resistencia a la compresión del ladrillo King Kong tradicional

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS KING KONG 18 HUECOS				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Compresión de ladrillos (Kg/cm ²)	136.56	152.36	197.71	241.25	235.0
Compresión promedio (Kg/cm²)	192.58				

Fuente: Elaboración Propia

La resistencia a la compresión de los ladrillos King Kong 18 huecos adicionados con puzolana, varían de acuerdo a la cantidad y tamaño de granos de la puzolana, los resultados del ensayo se muestran en las siguientes tablas.

Tabla N° 92: Resistencia a la compresión del ladrillo con 10% de puzolana global

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Compresión de ladrillos (Kg/cm ²)	247.94	157.32	204.03	141.39	241.66
Compresión promedio (Kg/cm²)	198.47				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 93: Resistencia a la compresión del ladrillo con 20% de puzolana global

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 20% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Compresión de ladrillos (Kg/cm ²)	151.91	167.30	215.32	258.60	252.25
Compresión promedio (Kg/cm²)	209.1				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 94: Resistencia a la compresión del ladrillo con 30% de puzolana global

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 30% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Compresión de ladrillos (Kg/cm ²)	146.47	243.32	207.14	249.41	161.61
Compresión promedio (Kg/cm²)	201.6				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 95: Resistencia a la compresión del ladrillo con puzolana del tamiz N° 16

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Compresión de ladrillos (Kg/cm ²)	215.51	132.62	176.15	221.62	115.37
Compresión promedio (Kg/cm²)	172.3				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 96: Resistencia a la compresión del ladrillo con puzolana del tamiz N° 30

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Compresión de ladrillos (Kg/cm ²)	229.42	235.74	190.18	144.19	127.21
Compresión promedio (Kg/cm²)	185.3				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 97: Resistencia a la compresión del ladrillo con puzolana del tamiz N° 50

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Compresión de ladrillos (Kg/cm ²)	236.49	152.26	198.42	242.75	136.02
Compresión promedio (Kg/cm²)	193.2				

Fuente: Elaboración Propia

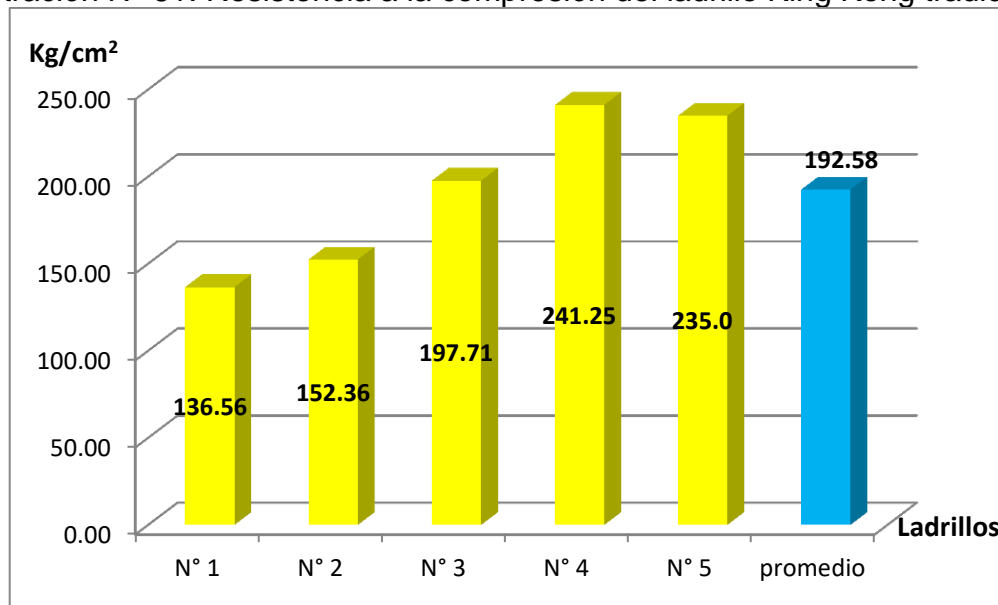
Tabla N° 98: Resistencia a la compresión del ladrillo con puzolana del tamiz N° 100

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Compresión de ladrillos (Kg/cm ²)	147.57	255.28	211.35	163.34	248.89
Compresión promedio (Kg/cm²)	205.3				

Fuente: Elaboración Propia

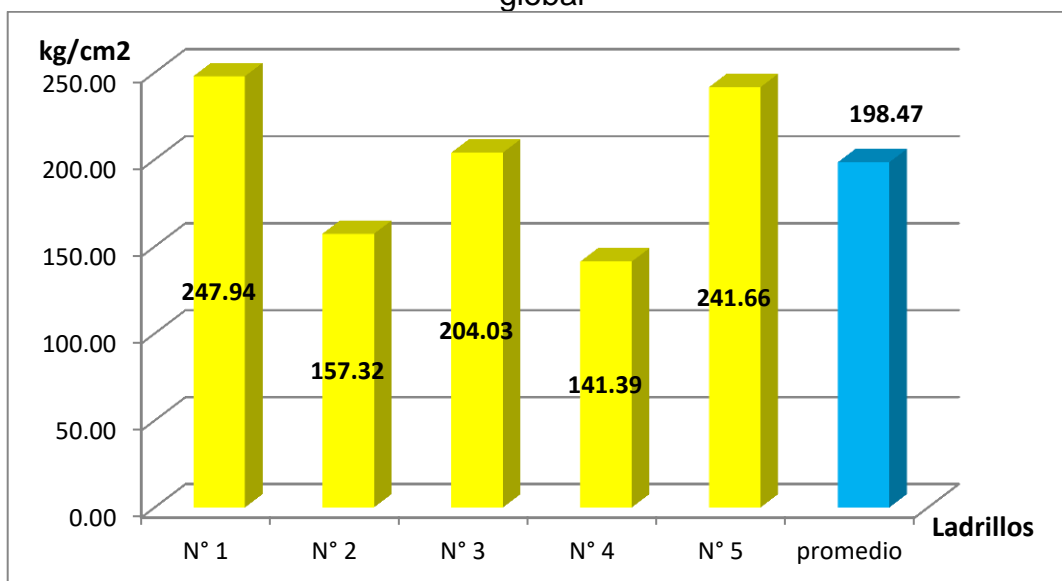
3.6.9.2. Diagramas

Ilustración N° 61: Resistencia a la compresión del ladrillo King Kong tradicional



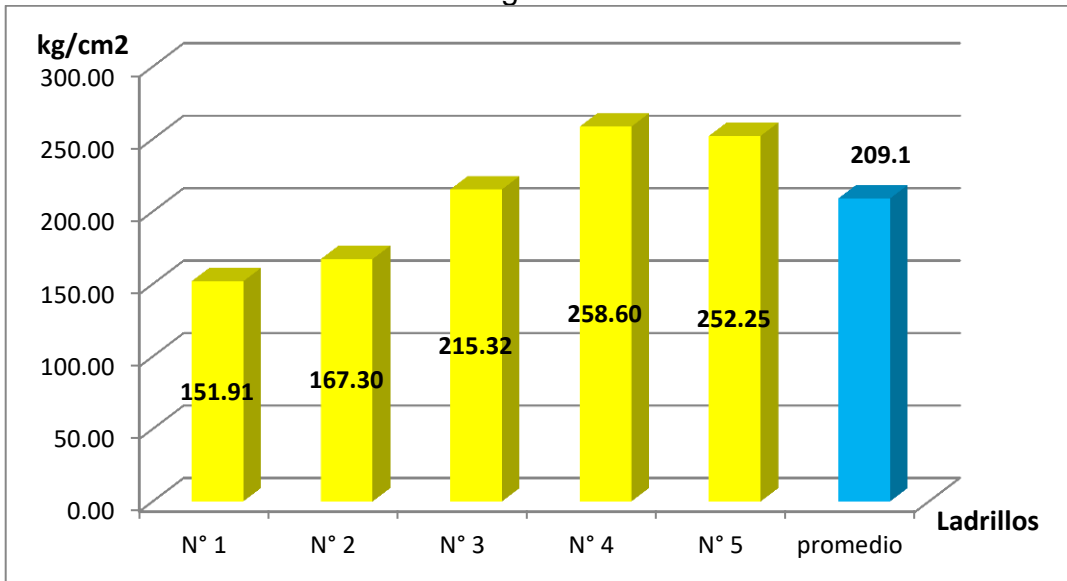
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 62: Resistencia a la compresión del ladrillo con 10% de puzolana global



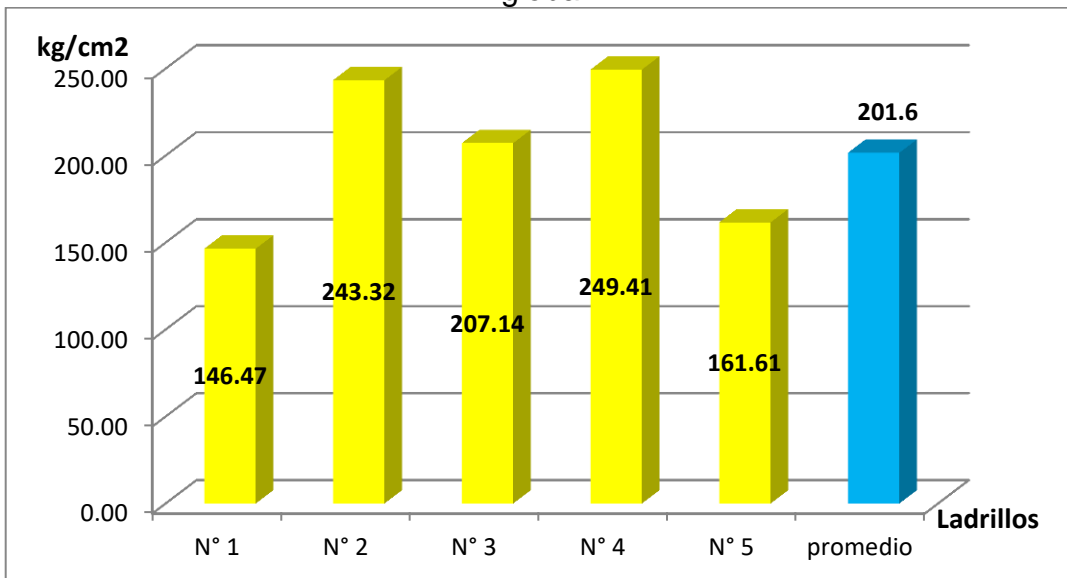
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 63: Resistencia a la compresión del ladrillo con 20% de puzolana global



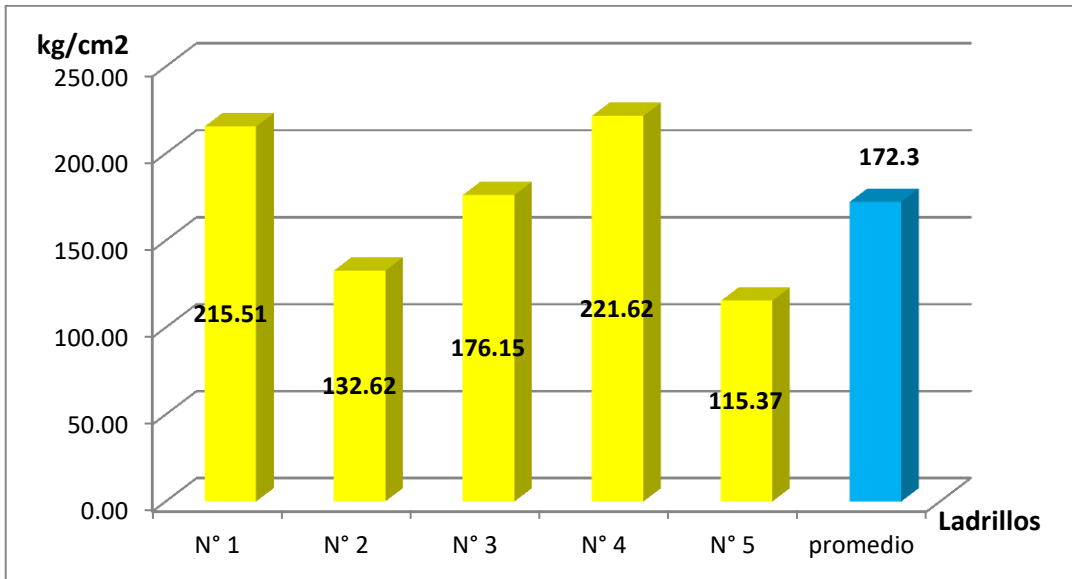
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 64: Resistencia a la compresión del ladrillo con 30% de puzolana global



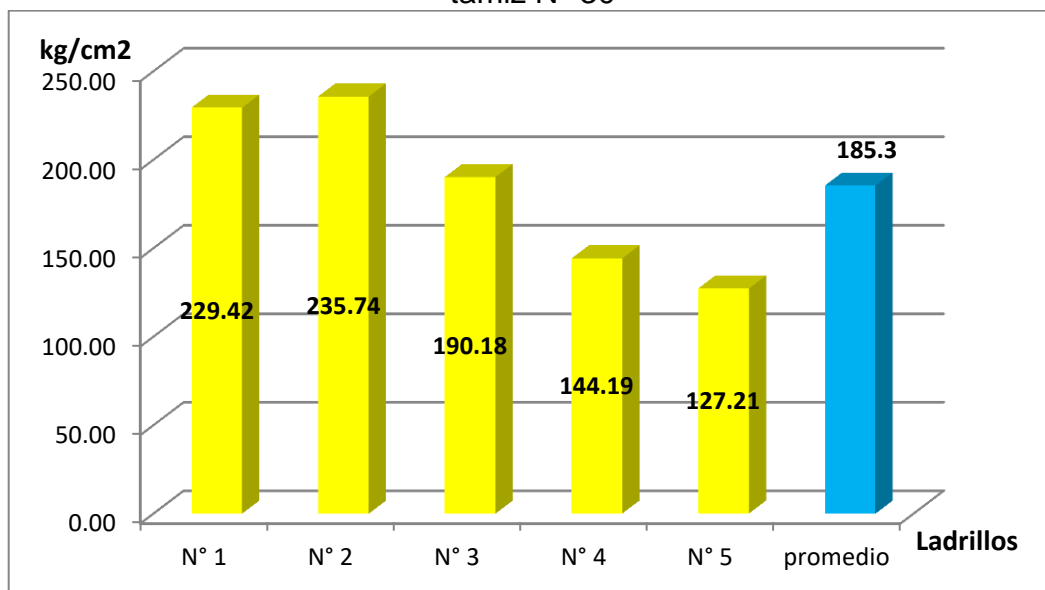
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 65: Resistencia a la compresión del ladrillo con puzolana del tamiz N° 16



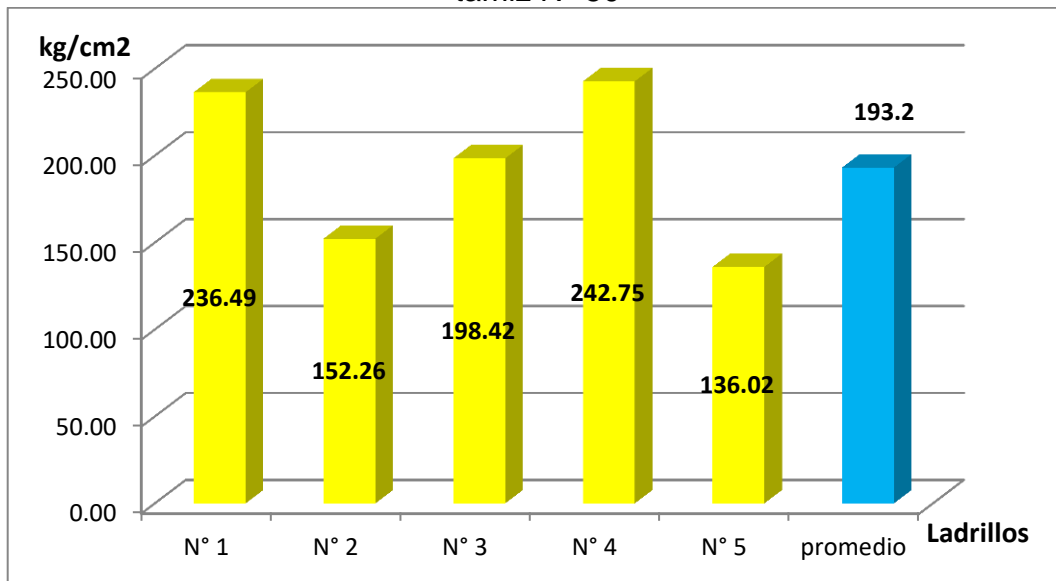
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 66: Resistencia a la compresión del ladrillo con puzolana del tamiz N° 30



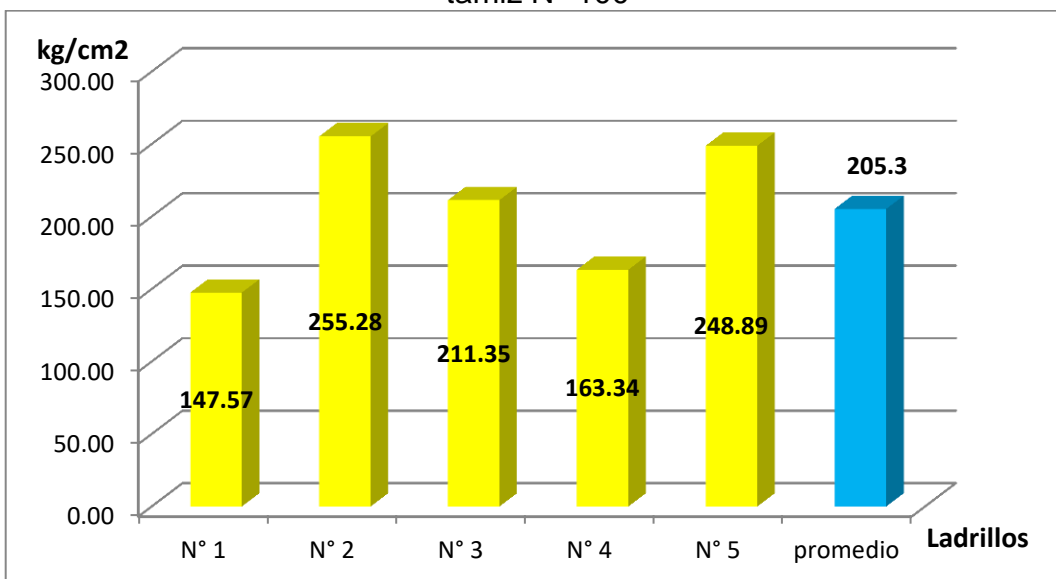
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 67: Resistencia a la compresión del ladrillo con puzolana del tamiz N° 50



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 68: Resistencia a la compresión del ladrillo con puzolana del tamiz N° 100



Fuente: Elaboración Propia

3.6.9.3. Análisis de la prueba

De los resultados se observa que para tamaños de granos retenidos entre los tamices (N° 50 – N° 100), la resistencia a la compresión de los ladrillos King Kong 18 huecos adicionados con puzolana se incrementan con respecto a la compresión del ladrillo tradicional, pero conforme el tamaño de los granos de la puzolana se incrementan, la resistencia a la compresión del ladrillo disminuye.

La puzolana global adicionada al ladrillo King Kong, incrementa la resistencia a la compresión con respecto al valor patrón del ladrillo tradicional, esto ocurre cuando la adición de la puzolana global es el 20%, pero adiciones de puzolana superiores al 30% disminuyen la resistencia a la compresión del ladrillo.

3.6.10 Conductividad térmica del ladrillo

3.6.10.1. Cálculos de la prueba

Para determinar la conductividad térmica de los ladrillos, se tomaron las dimensiones del ladrillo y se calibraron los instrumentos, dispositivos y equipos eléctricos que permitieron determinar la potencia eléctrica y las temperaturas en las placas caliente y fría, puesto que la fórmula matemática de la conductividad térmica de los ladrillos, están en función de los parámetros mencionados.

Tabla N° 99: Conductividad térmica del ladrillo King Kong tradicional

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS KING KONG 18 HUECOS				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Conductividad térmica de ladrillos (wat/(m ·°K))	0.6613	0.6477	0.6473	0.6510	0.6557
Conductividad térmica (wat/(m.°K))	0.6526				

Fuente: Elaboración Propia

La conductividad térmica de los ladrillos adicionados con puzolana se reduce, con respecto a la conductividad térmica de los ladrillos tradicionales, en los dos casos de adición de tamaño y cantidad de puzolana, dichos resultados se reportan en las siguientes tablas.

Tabla N° 100: Conductividad térmica del ladrillo con 10% de puzolana global

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Conductividad térmica de ladrillos (wat/(m ·°K))	0.6228	0.6186	0.6153	0.6283	0.6152
Conductividad térmica (wat/(m.°K))	0.6200				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 101: Conductividad térmica del ladrillo con 20% de puzolana global

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 20% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Conductividad térmica de ladrillos (wat/(m ·°K))	0.5896	0.5840	0.5891	0.5901	0.5826
Conductividad térmica (wat/(m.°K))	0.5871				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 102: Conductividad térmica del ladrillo con 30% de puzolana global

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 30% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Conductividad térmica de ladrillos (wat/(m ·°K))	0.5360	0.5372	0.5336	0.5387	0.5418
Conductividad térmica (wat/(m.°K))	0.5375				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 103: Conductividad térmica del ladrillo con puzolana del tamiz N° 16

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Conductividad térmica de ladrillos (wat/(m ·°K))	0.4890	0.4935	0.4967	0.4937	0.4924
Conductividad térmica (wat/(m.°K))	0.4930				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 104: Conductividad térmica del ladrillo con puzolana del tamiz N° 30

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Conductividad térmica de ladrillos (wat/(m ·°K))	0.5326	0.5327	0.5319	0.5329	0.5276
Conductividad térmica (wat/(m.°K))	0.5315				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 105: Conductividad térmica del ladrillo con puzolana del tamiz N° 50

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Conductividad térmica de ladrillos (wat/(m ·°K))	0.5728	0.5703	0.5803	0.5770	0.5648
Conductividad térmica (wat/(m.°K))	0.5730				

Fuente: Elaboración Propia

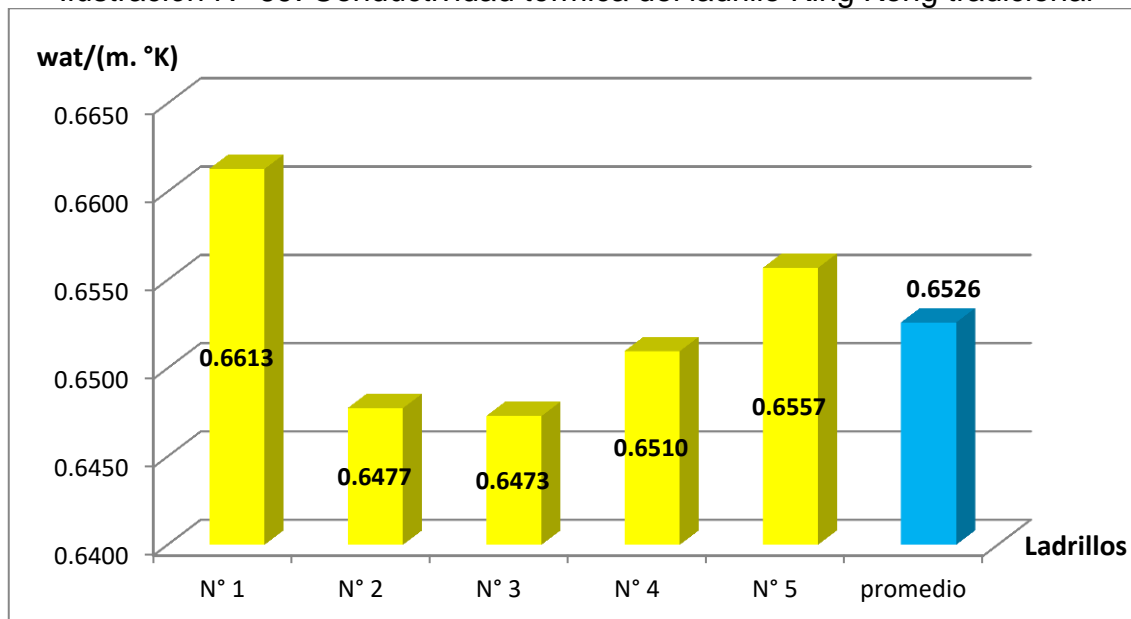
Tabla N° 106: Conductividad térmica del ladrillo con puzolana del tamiz N° 100

DESCRIPCIÓN	LADRILLOS CON 10% DE PUZOLANA				
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Conductividad térmica de ladrillos (wat/(m °K))	0.6201	0.6106	0.6172	0.6201	0.6177
Conductividad térmica (wat/(m.°K))	0.6171				

Fuente: Elaboración Propia

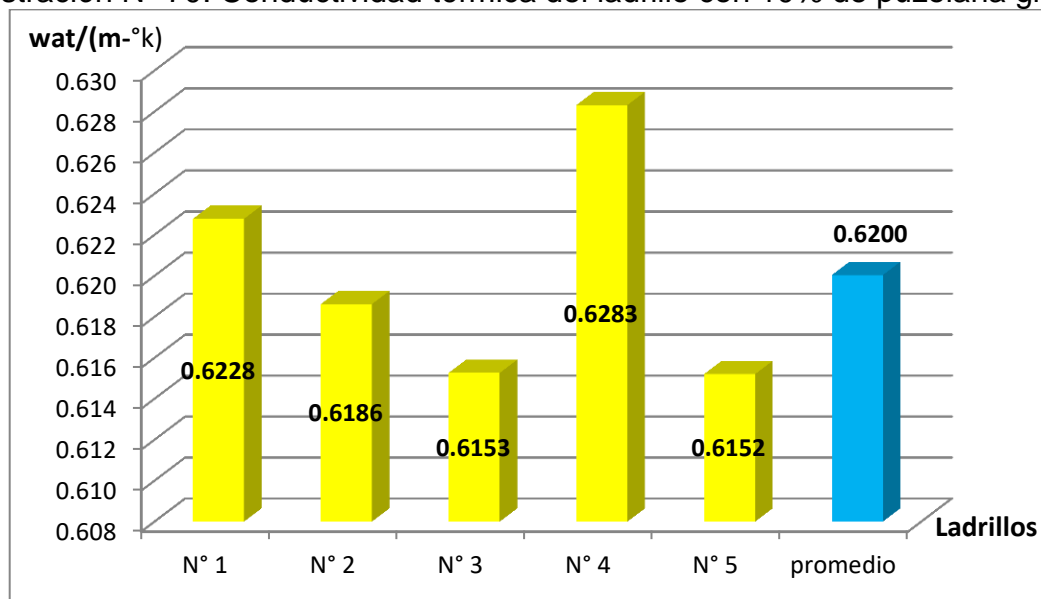
3.6.10.2. Diagramas

Ilustración N° 69: Conductividad térmica del ladrillo King Kong tradicional



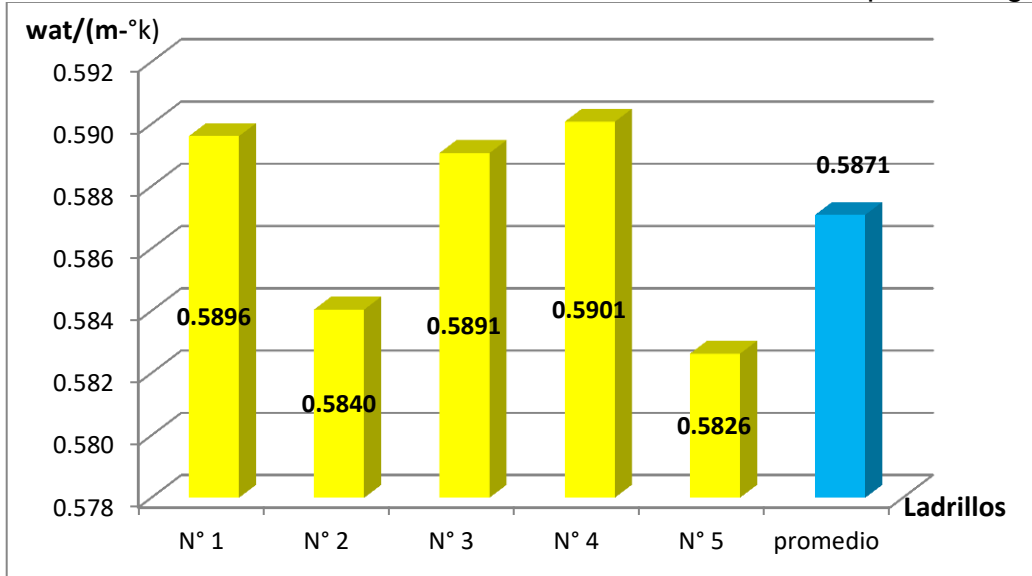
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 70: Conductividad térmica del ladrillo con 10% de puzolana global



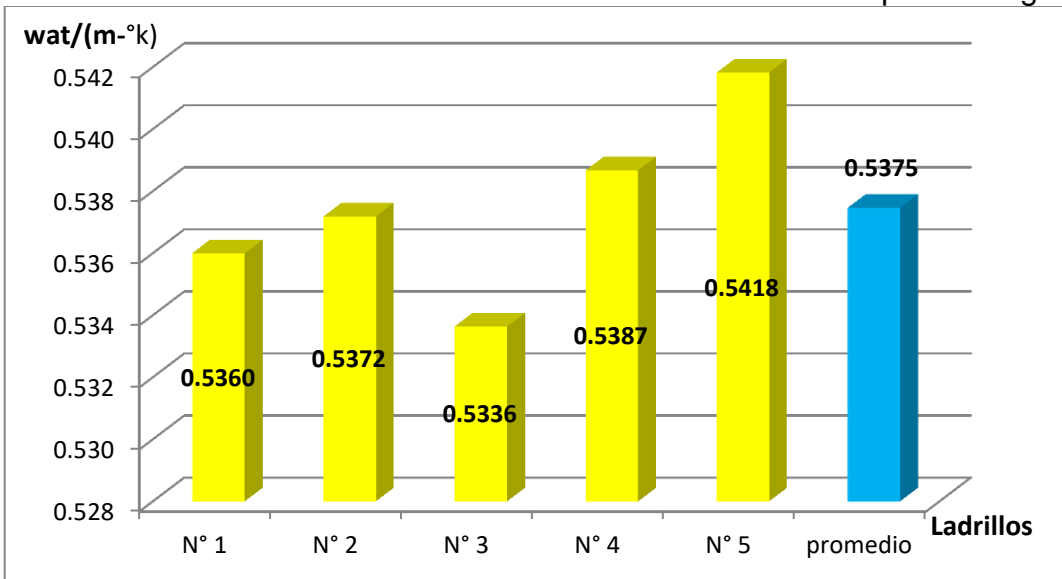
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 71: Conductividad térmica del ladrillo con 20% de puzolana global



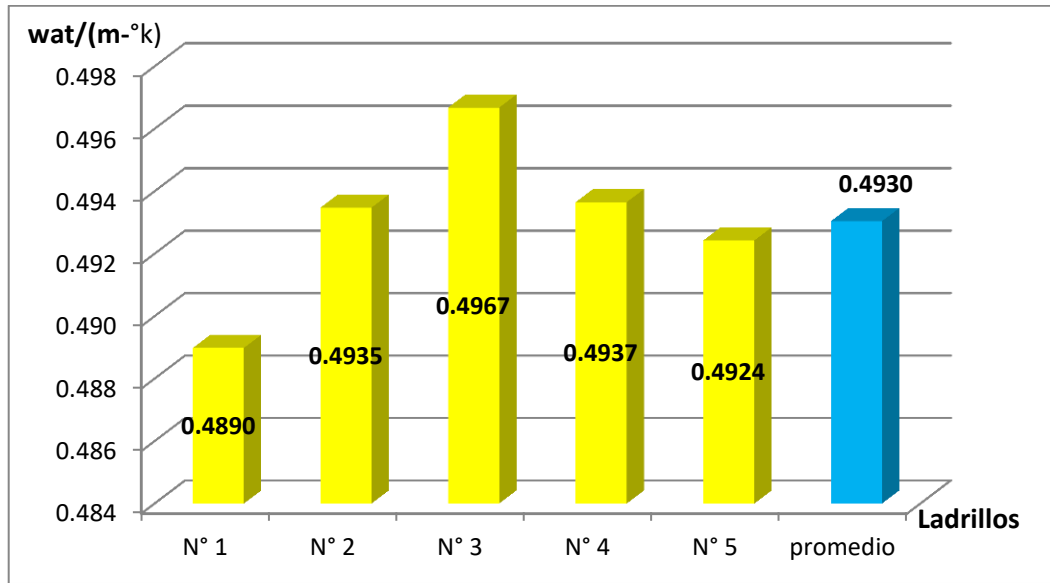
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 72: Conductividad térmica del ladrillo con 30% de puzolana global



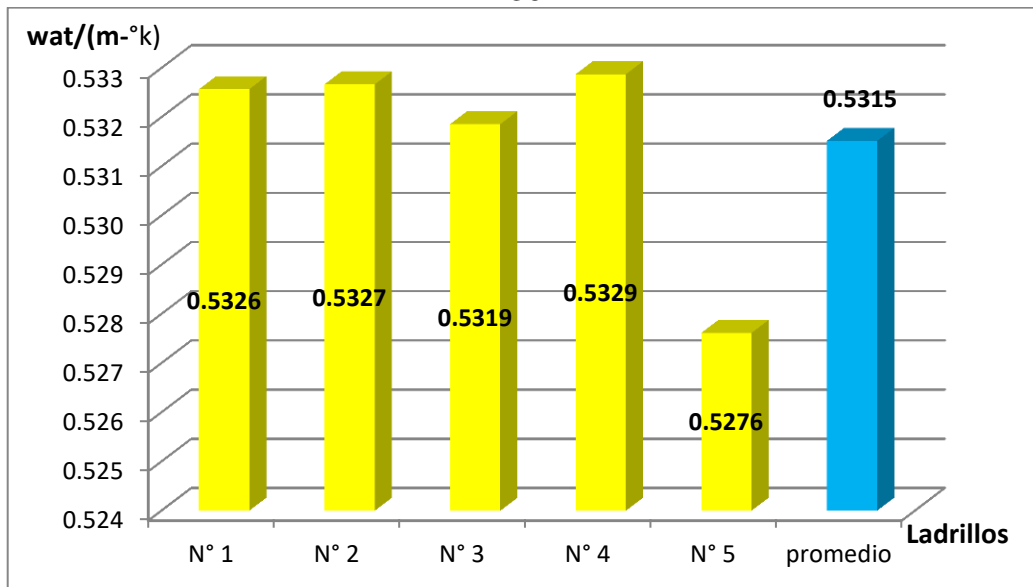
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 73: Conductividad térmica del ladrillo con puzolana del tamiz N° 16



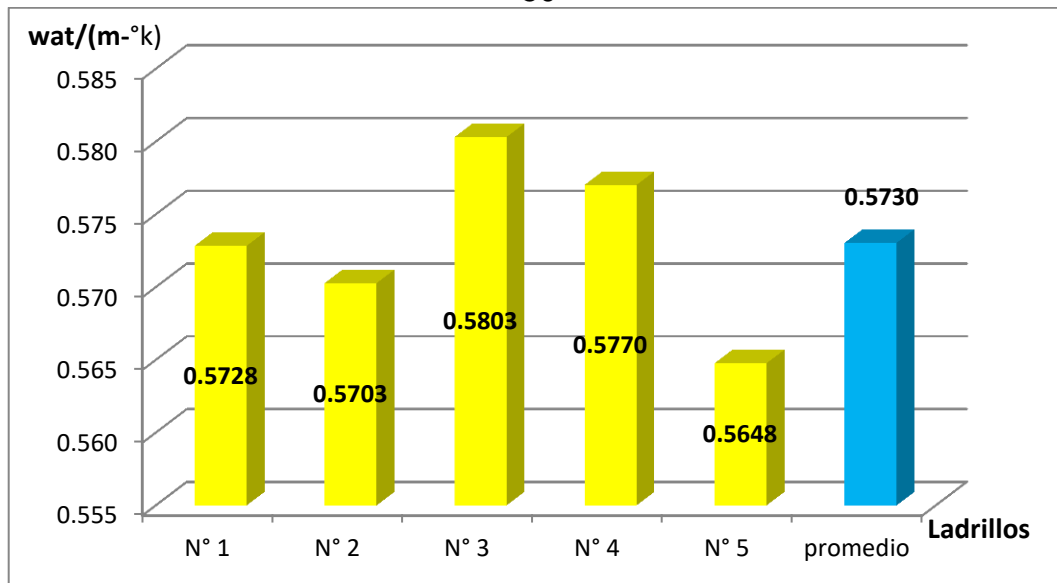
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 74: Conductividad térmica del ladrillo con puzolana del tamiz N° 30



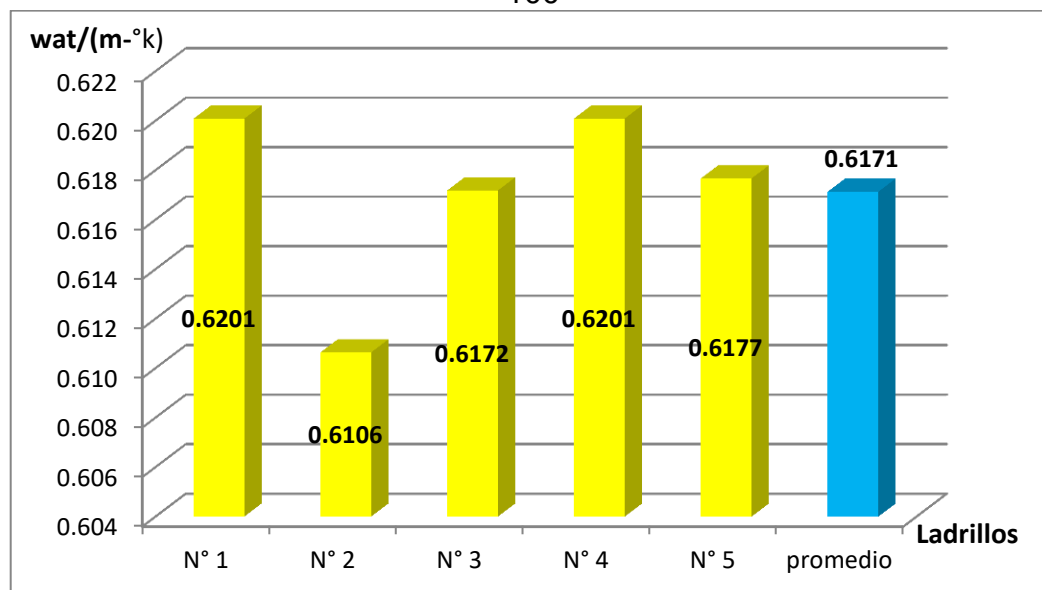
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 75: Conductividad térmica del ladrillo con puzolana del tamiz N° 50



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración N° 76: Conductividad térmica del ladrillo con puzolana del tamiz N° 100



Fuente: Elaboración Propia

3.6.10.3. Análisis de la prueba

Del reporte de resultados se puede deducir que, la conductividad térmica de los ladrillos adicionados con puzolana de la cantera Raqchi, se reducen con respecto a la conductividad térmica del ladrillo tradicional, este dato nos indica que el ladrillo King Kong 18 huecos es más aislante térmicamente, con respecto al ladrillo King Kong tradicional, a mayor tamaño de puzolana

adicionada al ladrillo se reduce la conductividad térmica, además a mayor cantidad de puzolana adicionada al ladrillo King Kong, se reduce la conductividad térmica.

3.6.11. Variación dimensional del ladrillo

3.6.11.1. Cálculos de la prueba

Para determinar la variación dimensional de los ladrillos King Kong, se realiza mediante la fórmula matemática que está en función del promedio de las dimensiones del ladrillo, dicha variación dimensional se expresa en porcentaje.

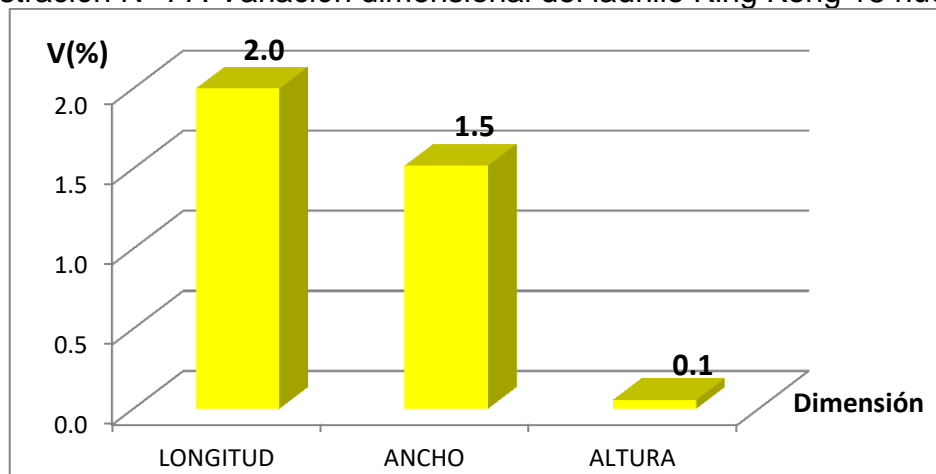
Tabla N° 107: Variación dimensional del ladrillo King Kong 18 huecos

	LONGITUD	ANCHO	ALTURA
MP (cm)	23.52	13.79	9.0
DE (cm)	24	14	9
VD (%)	2.0	1.5	0.1

Fuente: Elaboración Propia

3.6.11.2. Diagramas

Ilustración N° 77: Variación dimensional del ladrillo King Kong 18 huecos



Fuente: Elaboración Propia

3.6.11.3. Análisis de la prueba

El ladrillo King Kong 18 huecos, tiene una mayor variación dimensional en la longitud siendo este de 2%, y menor variación en la altura de 0.1%, los ladrillos tradicionales y ladrillos adicionados con puzolana tienen la misma variación dimensional, puesto que el equipo moldeador de la ladrillera Latesa es una sola, y produce ladrillos con las mismas dimensiones.

3.6.12. Alabeo del ladrillo

3.6.12.1. Cálculos de la prueba

Para determinar el alabeo de los ladrillos King Kong, se realiza mediante las relaciones matemáticas, siendo los promedios de la concavidad y de la convexidad.

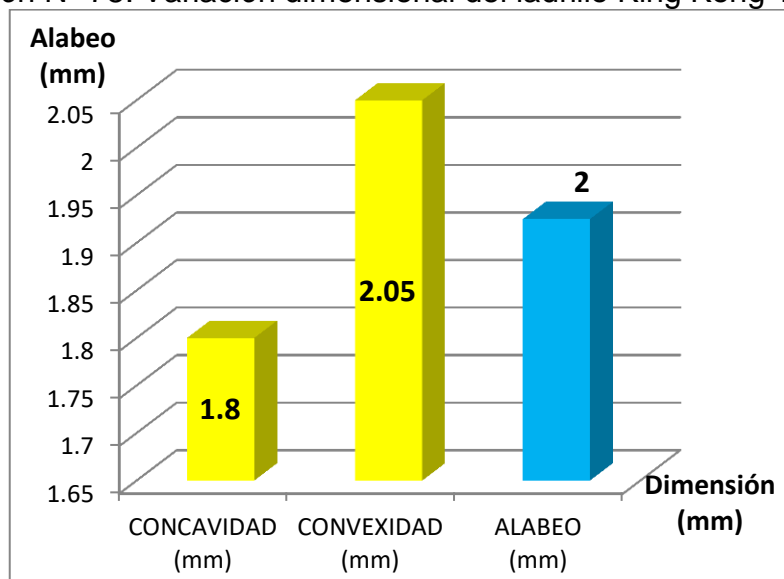
Tabla N° 108: Alabeo del ladrillo King Kong 18 huecos

CONCAVIDAD (mm)	CONVEXIDAD (mm)	ALABEO (mm)
1.8	2.05	2

Fuente: Elaboración Propia

3.6.12.2. Diagramas

Ilustración N° 78: Variación dimensional del ladrillo King Kong 18 huecos



Fuente: Elaboración Propia

3.6.12.3. Análisis de la prueba

El ladrillo King Kong 18 huecos presenta mayor valor en la convexidad que la concavidad, llegando la convexidad a 2.05 mm, resultando así el alabeo de los ladrillos de 2 mm, los ladrillos tradicionales y ladrillos adicionados con puzolana tienen el mismo alabeo, puesto que el equipo moldeador de la ladrillera Latesa es una sola, y produce ladrillos con las mismas dimensiones.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Resultados de la elaboración de ladrillo King Kong 18 huecos adicionados con puzolana

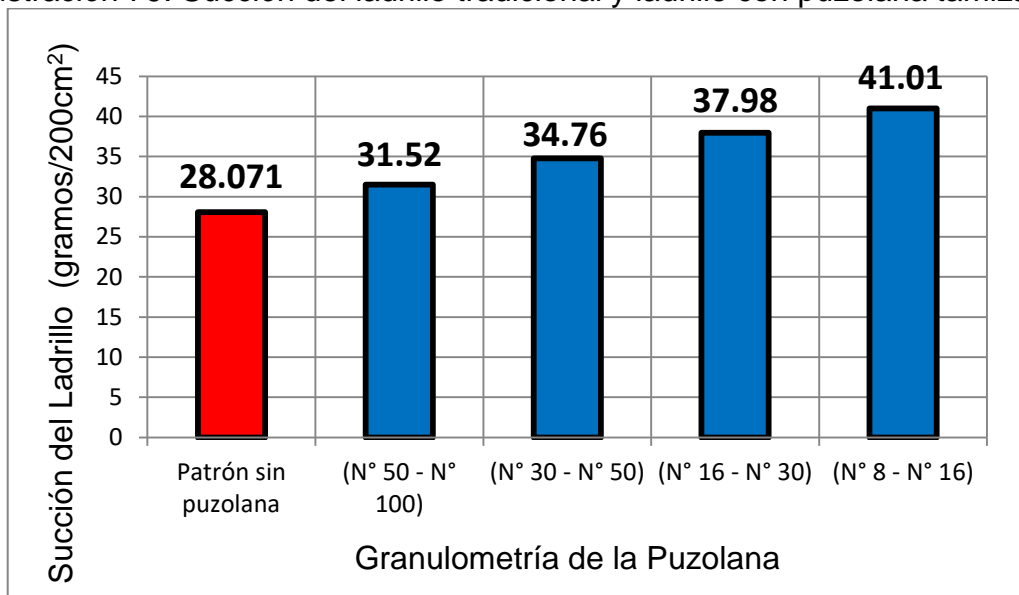
4.1.1. Resultado de la succión del ladrillo

La succión del ladrillo tradicional King Kong 18 huecos es 28.071 gr/200cm², siendo este parámetro el valor patrón de la succión del ladrillo, el valor de succión de los ladrillos según la Norma Técnica E.070 de albañilería está comprendida entre 10 a 20 gr/200 cm², por lo tanto la succión de los ladrillos King Kong tradicionales superan el valor estipulado por norma.

4.1.1.1. Ladrillo adicionado con puzolana tamizada

La succión de los ladrillos King Kong elaborados con adiciones de puzolana tamizada al 10%, se incrementa de acuerdo al tamaño de los granos de la puzolana, superando así el valor de succión del ladrillo tradicional siendo este 28.071 gr/200cm².

Ilustración 79: Succión del ladrillo tradicional y ladrillo con puzolana tamizada



Fuente: Elaboración Propia

Para la adición del 10% de tamaños de puzolana retenidas entre los tamices N° (50 – 100), la succión del ladrillo se incrementa a 31.52 gr/200cm², lo que representa un incremento del 12%, y para puzolanas retenidas entre los tamices N° (8 - 16), la succión del ladrillo se incrementa a 41.01 gr/200cm²,

siendo este incremento el 46% con respecto a la succión tradicional, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla N° 109: Variación de succión del ladrillo adicionado con puzolana tamizada

Tamiz N°	Succión del ladrillo tradicional (gr/200cm ²)	Succión del ladrillo con puzolana (gr/200cm ²)	Incremento de Succión (%)
(50 - 100)	28.071	31.52	12%
(30 - 50)	28.071	34.76	24%
(16 - 30)	28.071	37.98	35%
(8 - 16)	28.071	41.01	46%

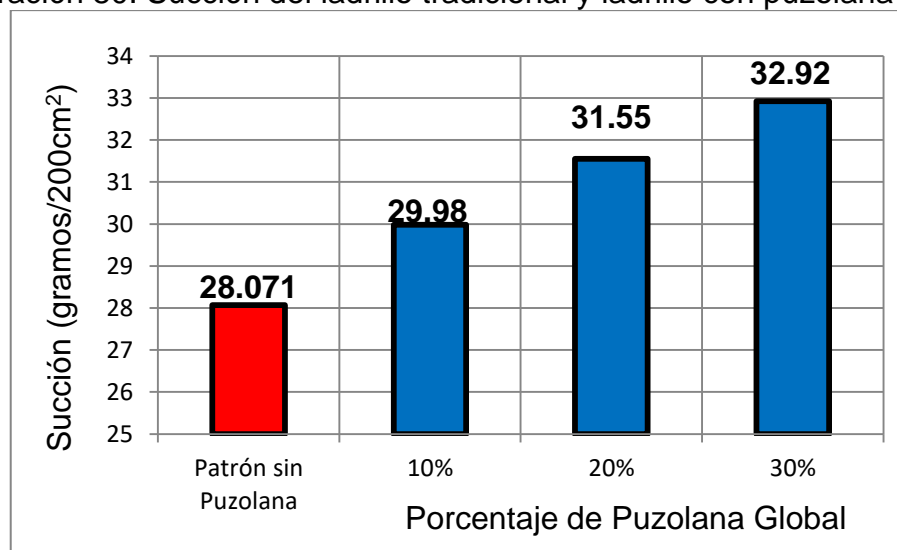
Fuente: Elaboración Propia

Los ladrillos King Kong adicionados con puzolana tamizada al 10%, tienen valores de succión superiores al que se estipulan en la Norma Técnica E.070 de albañilería, que está comprendida entre 10 a 20 gr/200 cm².

4.1.1.2. Ladrillo adicionado con puzolana global

La succión de los ladrillos King Kong elaborados con adiciones en porcentajes de puzolana global al 10%, 20% y 30%, se incrementa de acuerdo a la cantidad de puzolana que contiene la masa cerámica del ladrillo, superando así el valor de succión del ladrillo tradicional siendo este 28.071 gr/200cm².

Ilustración 80: Succión del ladrillo tradicional y ladrillo con puzolana global



Fuente: Elaboración Propia

Para la adición de puzolana global al 10%, 20% y 30% a la masa cerámica del ladrillo, la succión de dicho ladrillo se incrementa a 29.98 gr/200cm², 31.55 gr/200cm² y 32.92 gr/200cm², lo que representa un incremento del 7%, 12% y 17% respectivamente con respecto al ladrillo tradicional, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla N° 110: Variación de succión del ladrillo adicionado con puzolana global

Puzolana global %	Succión del ladrillo tradicional gr/200cm ²	Succión del ladrillo con puzolana gr/200cm ²	Incremento de la Succión %
10%	28.071	29.98	7%
20%	28.071	31.55	12%
30%	28.071	32.92	17%

Fuente: Elaboración Propia

Los ladrillos King Kong adicionados con porcentajes de puzolana global al 10%, 20% y 30%, tienen valores de succión superiores al que se estipulan en la Norma Técnica E.070 de albañilería, que está comprendida entre 10 a 20 gramos/200cm².

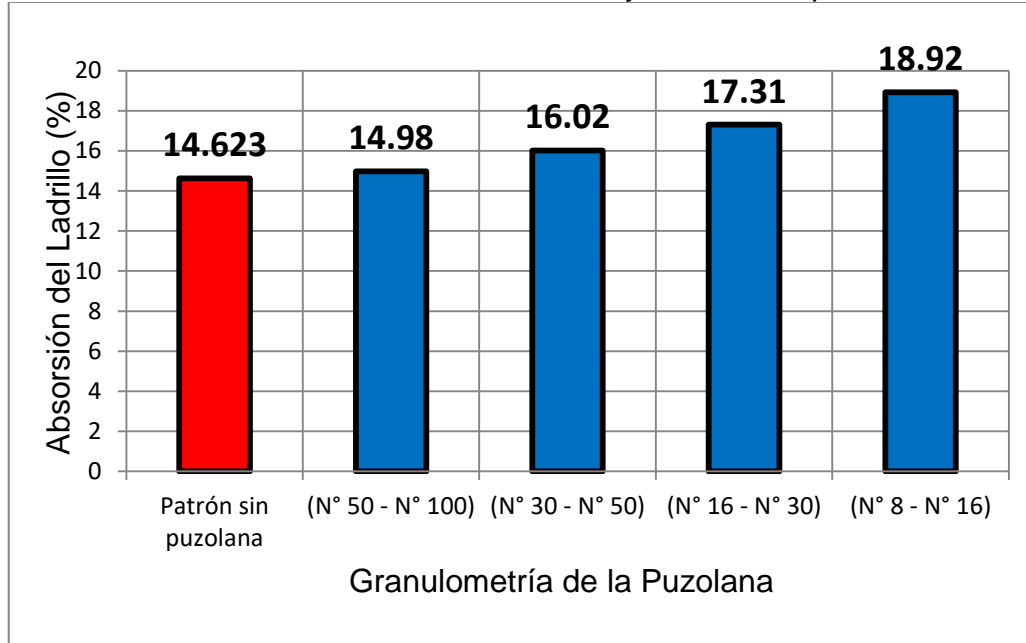
4.1.2. Resultado de la absorción del ladrillo

El porcentaje de absorción del ladrillo tradicional King Kong 18 huecos es 14.623 %, siendo este parámetro el valor patrón del porcentaje de absorción del ladrillo, el valor de la absorción de los ladrillos según la Norma Técnica E.070 de albañilería no debe superar el 22%, por lo tanto el porcentaje de absorción de ladrillos King Kong tradicionales se encuentran por debajo del valor estipulado por norma.

4.1.2.1. Ladrillo adicionado con puzolana tamizada

El porcentaje de absorción de ladrillos King Kong elaborados con adiciones de puzolana tamizada al 10%, se incrementa de acuerdo al tamaño de los granos de la puzolana, superando así el porcentaje de absorción del ladrillo tradicional siendo este 14.623%.

Ilustración 81: Absorción del ladrillo tradicional y ladrillo con puzolana tamizada



Fuente: Elaboración Propia

Para la adición del 10% de tamaños de puzolana retenidas entre los tamices N° (50 – 100), el porcentaje de absorción del ladrillo se incrementa a 14.98%, lo que representa un incremento del 2%, y para puzolanas retenidas entre los tamices N° (8 - 16), el porcentaje de absorción del ladrillo se incrementa a 18.92%, siendo este incremento el 29% con respecto a la absorción del ladrillo tradicional, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla N° 111: Variación de absorción del ladrillo adicionado con puzolana tamizada

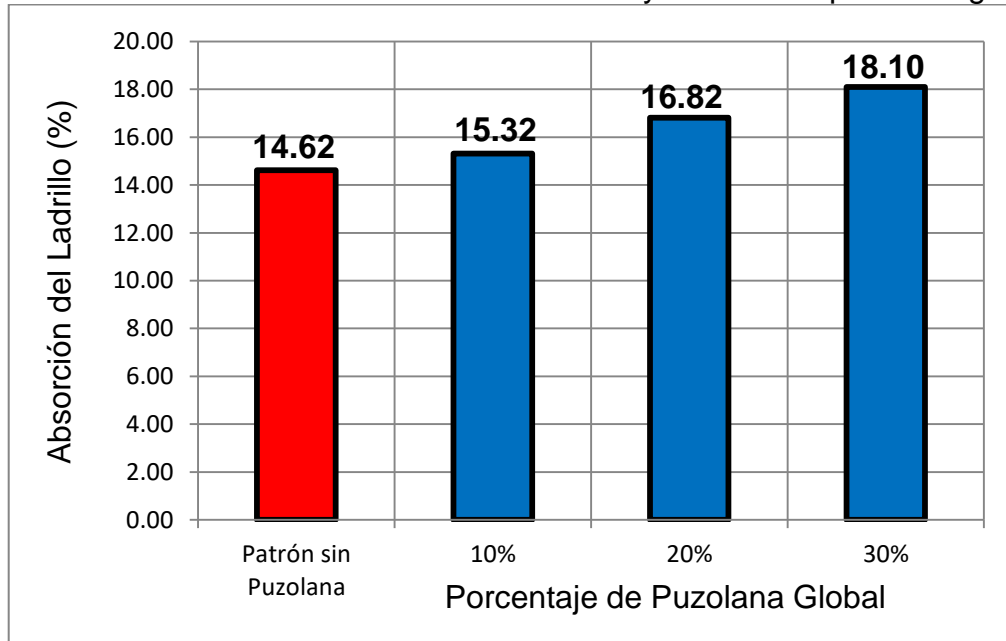
Tamiz N°	Absorción del ladrillo tradicional %	Absorción del ladrillo con puzolana %	Incremento de la Absorción %
(50 - 100)	14.623	14.98	2%
(30 - 50)	14.623	16.02	10%
(16 - 30)	14.623	17.31	18%
(8 - 16)	14.623	18.92	29%

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2.2. Ladrillo adicionado con puzolana global

El valor patrón de la absorción del ladrillo King Kong tradicional es 14.62%, la absorción de los ladrillos elaborados con adiciones de puzolana global se incrementan de acuerdo a la cantidad de puzolana adicionada al ladrillo, si la adición es el 10% de puzolana global la absorción es 15.32%, si la adición es el 30% de puzolana global la absorción se incrementa a 18.10%.

Ilustración 82: Absorción del ladrillo tradicional y ladrillo con puzolana global



Fuente: Elaboración Propia

Para la adición de puzolana global al 10%, 20% y 30% a la masa cerámica del ladrillo, el porcentaje de absorción del ladrillo se incrementa a 15.32%, 16.82% y 18.10%, lo que representa un incremento del 5%, 15% y 24% respectivamente con respecto al ladrillo tradicional.

Tabla N° 112: Variación de absorción del ladrillo adicionado con puzolana global

Puzolana global %	Absorción del ladrillo tradicional %	Absorción del ladrillo con puzolana %	Incremento de la Absorción %
10%	14.623	15.32	5%
20%	14.623	16.82	15%
30%	14.623	18.1	24%

Fuente: Elaboración Propia

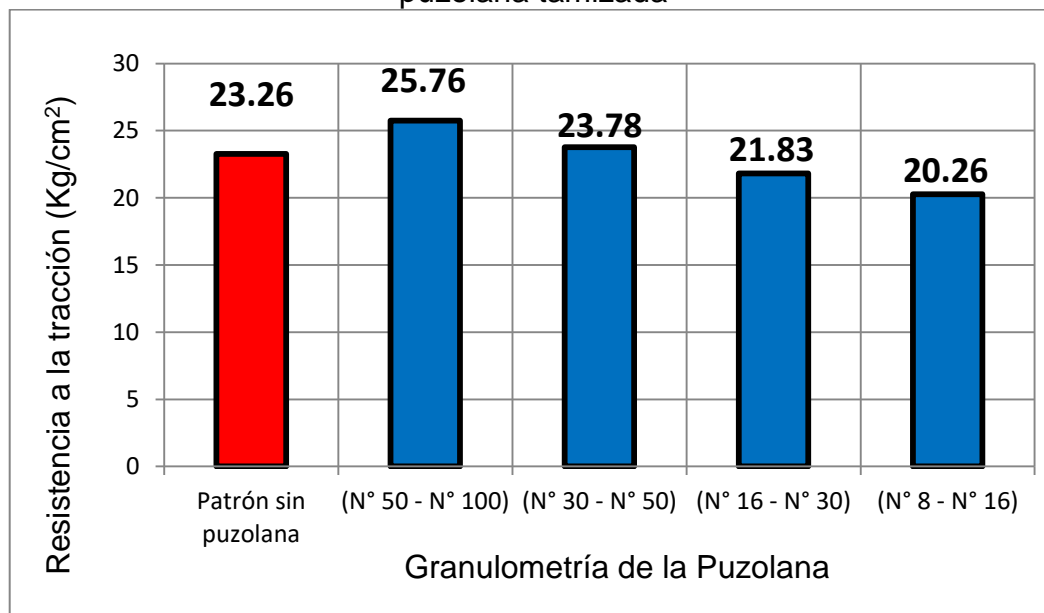
4.1.3. Resultado de la resistencia a la tracción del ladrillo

La resistencia a la tracción del ladrillo tradicional King Kong 18 huecos es 23.26 Kg/cm², siendo este parámetro el valor patrón de la tracción del ladrillo.

4.1.3.1. Ladrillo adicionado con puzolana tamizada

La resistencia a la tracción de los ladrillos King Kong elaborados con adiciones de puzolana tamizada al 10%, varía de acuerdo al tamaño de los granos de la puzolana, puesto que para puzolanas retenidas entre los tamices (N° 50 – N° 100), la tracción se incrementa hasta 25.76 Kg/cm², pero aumentando el tamaño de puzolanas en el ladrillo, la tracción del ladrillo disminuye hasta por debajo del valor patrón de tracción del ladrillo, como se observa en la siguiente ilustración.

Ilustración 83: Resistencia a la tracción del ladrillo tradicional y ladrillo con puzolana tamizada



Fuente: Elaboración Propia

Para la adición del 10% de tamaños de puzolana retenidas entre los tamices (N° 50 – N° 100), la resistencia a la tracción del ladrillo se incrementa a 25.76 Kg/cm², lo que representa un incremento del 11% con respecto al valor patrón del ladrillo tradicional, y para tamaños de puzolanas retenidas a partir de entre los tamices (N° 16 – N° 30) a más, la tracción del ladrillo tiende a disminuir, con respecto a la tracción del ladrillo tradicional, esto se debe a que la puzolana adicionada al ladrillo contiene vacíos la cual debilita al ladrillo.

Tabla N° 113: Variación de tracción del ladrillo adicionado con puzolana tamizada

Tamiz N°	Tracción del ladrillo tradicional Kg/cm ²	Tracción del ladrillo con puzolana Kg/cm ²	Variación de la Tracción %
(50 - 100)	23.26	25.76	11%
(30 - 50)	23.26	23.78	2%
(16 - 30)	23.26	21.83	-6%
(8 - 16)	23.26	20.26	-13%

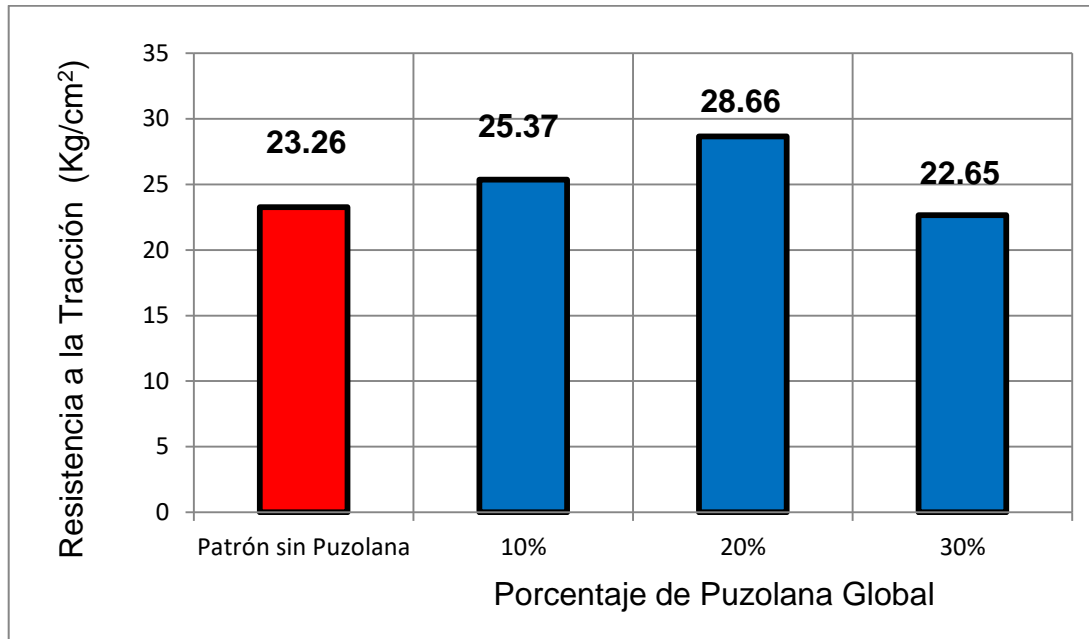
Fuente: Elaboración Propia

Para la adición del 10% de puzolana retenida en el tamiz (N° 50 – N° 100) la tracción del ladrillo se incrementa, puesto que la masa cerámica del ladrillo adquiere resistencia gracias a la adición de puzolana natural de la cantera Raqchi.

4.1.3.2. Ladrillo adicionado con puzolana global

La adición del 10% y 20% de puzolana global a la masa cerámica del ladrillo incrementa la resistencia a la tracción, la cantidad óptima para incrementar la tracción es la adición del 20% de puzolana global, puesto que la tracción se incrementa hasta 28.66 Kg/cm², pero incrementos superiores de puzolana global a partir del 30% reducen la resistencia a la tracción del ladrillo, como se observa en la siguiente ilustración.

Ilustración 84: Resistencia a la Tracción del Ladrillo Tradicional y Ladrillo con Puzolana Global



Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a la tracción del ladrillo patrón, la adición de puzolana global al 10% y 20% a la masa cerámica del ladrillo, incrementan la resistencia a la tracción en 9% y 23% respectivamente, pero la adición de puzolana global al 30% reduce la tracción del ladrillo en 3%.

Tabla N° 114: Variación de tracción del ladrillo adicionado con puzolana global

Puzolana global %	Tracción del ladrillo tradicional Kg/cm ²	Tracción del ladrillo con puzolana Kg/cm ²	Variación de la Tracción %
10%	23.26	25.37	9%
20%	23.26	28.66	23%
30%	23.26	22.65	-3%

Fuente: Elaboración Propia

La cantidad apropiada de adición de puzolana global a la masa cerámica del ladrillo es el 20%, debido a que la tracción del ladrillo se incrementa hasta 28.66 Kg/cm², puesto que la masa cerámica del ladrillo adquiere resistencia gracias a la adición de puzolana natural de la cantera Raqchi.

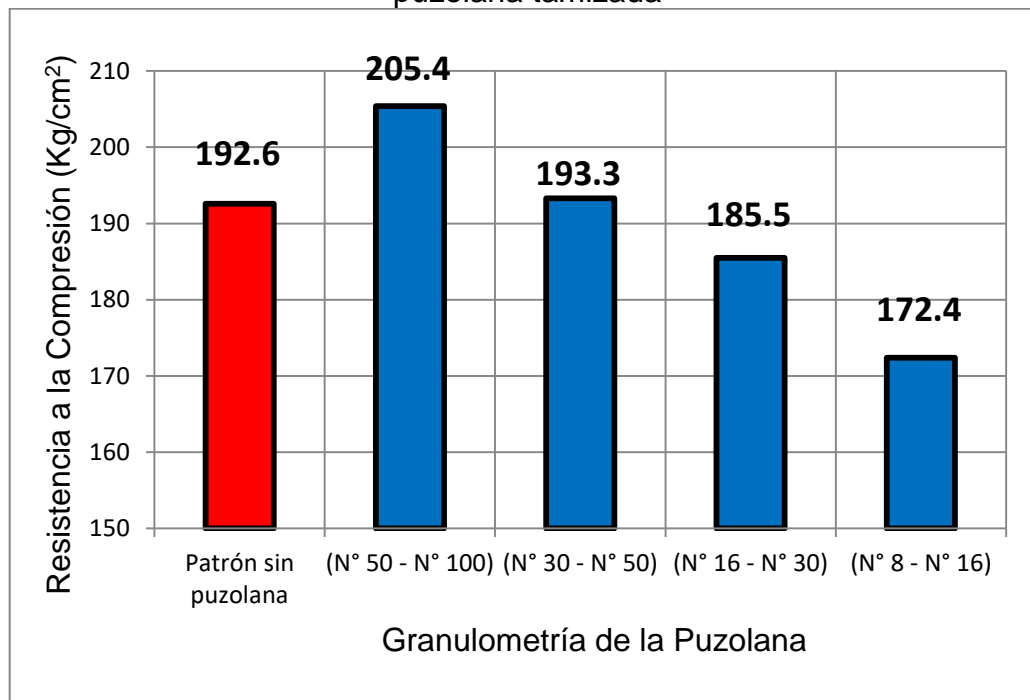
4.1.4. Resultado de la resistencia a la compresión del ladrillo.

La resistencia a la compresión del ladrillo tradicional King Kong 18 huecos es 192.6 Kg/cm², siendo este parámetro el valor patrón de la resistencia a la compresión del ladrillo, según la Norma Técnica E.070 de albañilería la resistencia a la compresión de los ladrillos tipo V como mínimo es 180 Kg/cm², por lo tanto el valor de la compresión de los ladrillos King Kong tradicionales son del tipo V, por encontrarse por encima del valor estipulado por la norma técnica.

4.1.4.1. Ladrillo adicionado con puzolana tamizada

La resistencia a la compresión de los ladrillos King Kong elaborados con adiciones de puzolana tamizada al 10%, varía de acuerdo al tamaño de los granos de la puzolana, puesto que para puzolanas retenidas entre los tamices (N° 50 – N° 100), la resistencia a la compresión se incrementa hasta 205.4 Kg/cm², pero aumentando el tamaño de puzolanas en el ladrillo, la resistencia a la compresión del ladrillo disminuye hasta por debajo del valor patrón de compresión del ladrillo, como se observa en la siguiente ilustración.

Ilustración 85: Resistencia a la compresión del ladrillo tradicional y ladrillo con puzolana tamizada



Fuente: Elaboración Propia

Para la adición del 10% de tamaños de puzolana retenidas entre los tamices (N° 50 – N° 100), la resistencia a la compresión del ladrillo se incrementa a 205.4 Kg/cm², lo que representa un incremento del 7% con respecto al valor patrón del ladrillo tradicional, y para tamaños de puzolanas retenidas a partir de entre los tamices (N° 16 – N° 30) a más, la resistencia a la compresión del ladrillo tiende a disminuir, con respecto a la resistencia del ladrillo tradicional, esto se debe a que la puzolana adicionada al ladrillo contiene vacíos y porosidad la cual debilita el cuerpo el ladrillo.

Tabla N° 115: Variación de la resistencia a la compresión del ladrillo adicionado con puzolana tamizada

Tamiz N°	Resistencia a la compresión del ladrillo tradicional Kg/cm ²	Resistencia a la compresión del ladrillo con puzolana Kg/cm ²	Variación de la resistencia a la compresión %
(50 - 100)	192.6	205.4	7%
(30 - 50)	192.6	193.3	0.4%
(16 - 30)	192.6	185.5	-4%
(8 - 16)	192.6	172.4	-10%

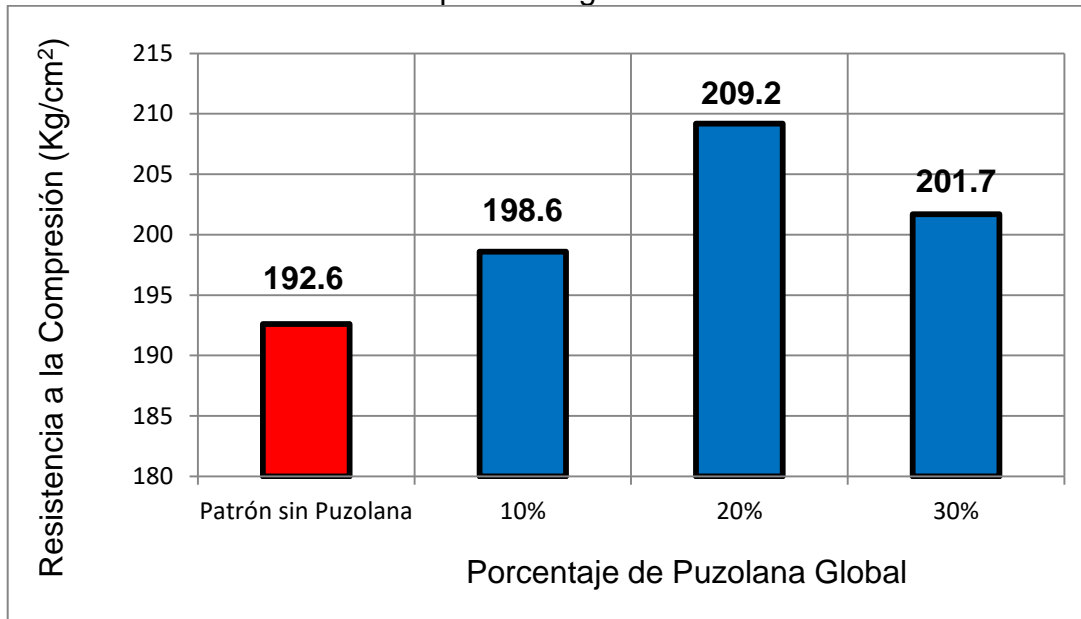
Fuente: Elaboración Propia

Para la adición del 10% de puzolana retenida en el tamiz (N° 50 – N° 100), la resistencia a la compresión del ladrillo se mantiene como tipo V según Norma Técnica E.070 de albañilería, puesto que la masa cerámica del ladrillo adquiere resistencia gracias a la adición de puzolana natural de la cantera Raqchi.

4.1.4.2. Ladrillo adicionado con puzolana global

La adición del 10%, 20% y 30% de puzolana global a la masa cerámica del ladrillo incrementa la resistencia a la compresión, la cantidad óptima para incrementar la resistencia a la compresión es la adición del 20% de puzolana global, puesto que la resistencia se incrementa hasta 209.2 Kg/cm², pero incrementos mayores de puzolana global al 30% reducen la resistencia del ladrillo, como se observa en la siguiente ilustración.

Ilustración 86: Resistencia a la compresión del ladrillo tradicional y ladrillo con puzolana global



Fuente: Elaboración Propia

Con respecto al valor de la resistencia a la compresión del ladrillo patrón, la adición de puzolana global al 10%, 20% y 30% a la masa cerámica del ladrillo, incrementan la resistencia a la compresión en 3%, 9% y 5% respectivamente, pero adiciones de puzolana global superiores al 30% reducen la resistencia a la compresión.

Tabla N° 116: Variación de resistencia a la compresión del ladrillo adicionado con puzolana global

Puzolana global %	Resistencia a la compresión del ladrillo tradicional Kg/cm ²	Resistencia a la compresión del ladrillo con puzolana Kg/cm ²	Variación de la resistencia a la compresión %
10%	192.6	198.6	3%
20%	192.6	209.2	9%
30%	192.6	201.7	5%

Fuente: Elaboración Propia

Los ladrillos King Kong adicionados con porcentajes de puzolana global al 10%, 20% y 30%, tienen valores de resistencia a la compresión superiores al ladrillo tipo V el cual es 180 Kg/cm², que se estipulan en la Norma Técnica E.070 de albañilería.

4.1.5. Resultado de la conductividad térmica del ladrillo

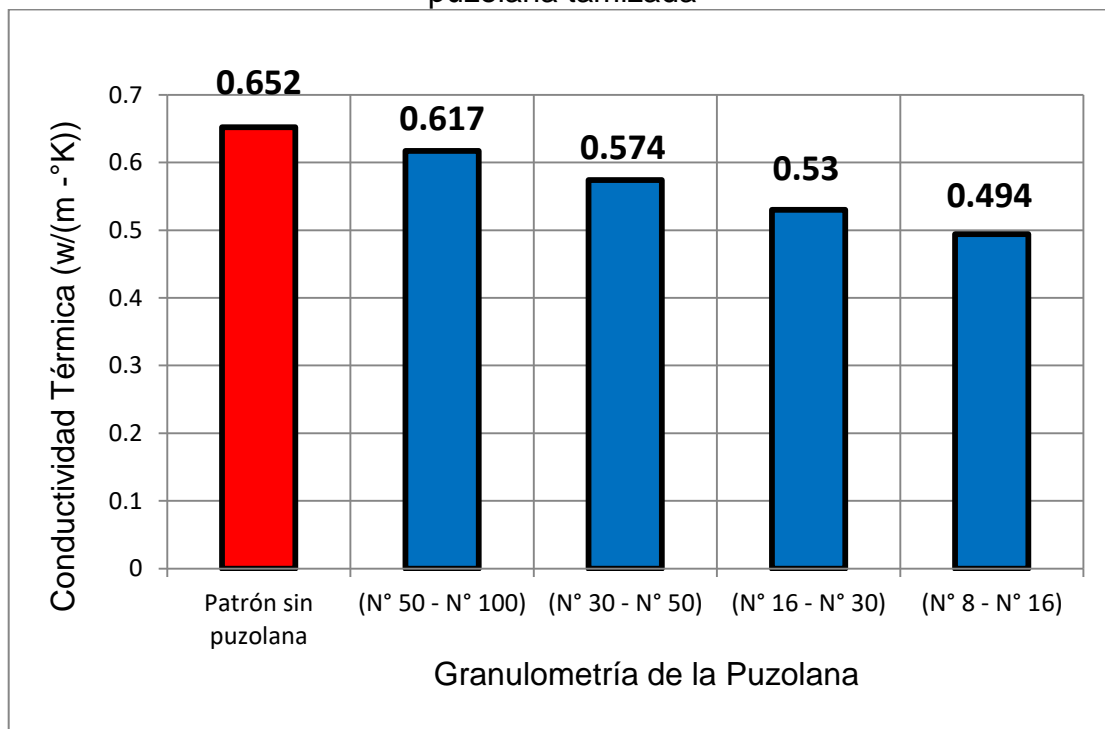
El coeficiente de conductividad térmica se determinó tomando en cuenta la norma, ASTM C177-13 Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus, del mismo modo se calculó la conductividad térmica del ladrillo aplicando la ley de la conducción de calor de Fourier

La conductividad térmica del ladrillo tradicional King Kong es $0.652 \text{ Watt}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{K})$, siendo este parámetro el valor patrón de la conductividad térmica del ladrillo.

4.1.5.1. Ladrillo adicionado con puzolana tamizada

El coeficiente de la conductividad térmica de los ladrillos King Kong elaborados con adiciones de puzolana tamizada al 10%, se reduce con respecto a la conductividad térmica del ladrillo patrón, de acuerdo al tamaño de los granos de la puzolana, es decir que el ladrillo adicionado con puzolana tamizada tiende a ser más aislante térmicamente.

Ilustración 87: Conductividad térmica del ladrillo tradicional y ladrillos con puzolana tamizada



Fuente: Elaboración Propia

Para adiciones del 10% de tamaños de puzolana retenidas entre los tamices N° (50 – 100), el valor del coeficiente de la conductividad térmica del ladrillo se reduce a 0.617 Watt/(m.°K), lo que representa una reducción del 5% con respecto a la conductividad térmica patrón, y para puzolanas retenidas entre los tamices N° (8 - 16), la conductividad térmica del ladrillo se reduce a 0.494 Watt/(m.°K), siendo esta reducción el 24% con respecto a la conductividad térmica tradicional, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla N° 117: Variación de la conductividad térmica del ladrillo con puzolana tamizada

Tamiz N°	Conductividad térmica del ladrillo tradicional Watt/(m.°k)	Conductividad térmica del ladrillo con puzolana Watt/(m.°k)	Variación de la conductividad térmica %
(50 - 100)	0.652	0.617	-5%
(30 - 50)	0.652	0.574	-12%
(16 - 30)	0.652	0.53	-19%
(8 - 16)	0.652	0.494	-24%

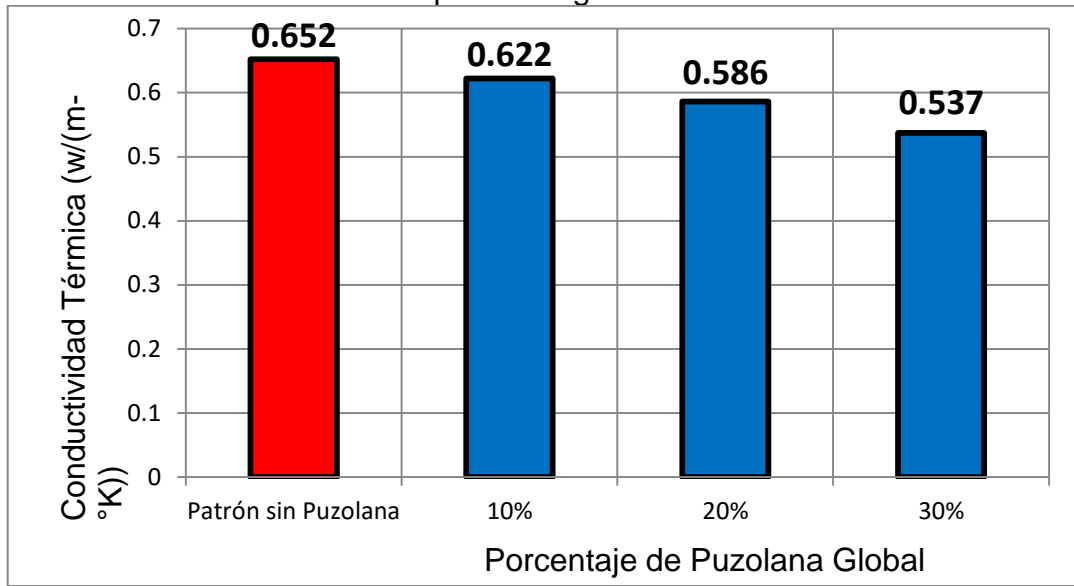
Fuente: Elaboración Propia

Los ladrillos King Kong adicionados con puzolana tamizada al 10%, reducen la conductividad térmica del ladrillo la cual está en función de los tamaños de granos de la puzolana adicionada, obteniendo de esta manera ladrillos térmicamente más aislantes que los ladrillos tradicionales.

4.1.5.2. Ladrillo adicionado con puzolana global

La conductividad térmica de los ladrillos King Kong elaborados con adiciones en porcentajes de puzolana global al 10%, 20% y 30%, se reducen de acuerdo a la cantidad de puzolana que contiene la masa cerámica del ladrillo a 0.622 Watt/(m.°K), 0.586 Watt/(m.°K) y 0.537 Watt/(m.°K) respectivamente, obteniendo de esta manera ladrillos térmicamente más aislantes que el ladrillo tradicional.

Ilustración 88: Conductividad térmica del ladrillo tradicional y ladrillos con puzolana global



Fuente: Elaboración Propia

Para la adición de puzolana global al 10%, 20% y 30% a la masa cerámica del ladrillo, la conductividad térmica de dicho ladrillo se reduce a 0.622 Watt/(m.°K), 0.586 Watt/(m.°K) y 0.537 Watt/(m.°K), lo que representa una reducción del 5%, 10% y 18% respectivamente con respecto a la conductividad térmica del ladrillo tradicional, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla N° 118: Variación de la conductividad térmica del ladrillo con puzolana global

Puzolana global %	Conductividad térmica del ladrillo tradicional Watt/(m.°k)	Conductividad térmica del ladrillo con puzolana Watt/(m.°k)	Variación de la conductividad térmica %
10%	0.652	0.622	-5%
20%	0.652	0.586	-10%
30%	0.652	0.537	-18%

Fuente: Elaboración Propia

Los ladrillos King Kong adicionados con puzolana global al 10%, 20% y 30% reducen la conductividad térmica del ladrillo, la cual está en función de la cantidad de puzolana adicionada, obteniendo de esta manera ladrillos térmicamente más aislantes que los ladrillos tradicionales, gracias a la porosidad de la puzolana adicionada al ladrillo.

4.1.6. Clasificación de ladrillos adicionados con puzolana

La clasificación de los ladrillos King Kong 18 huecos adicionados con puzolana global y puzolana tamizada para fines estructurales, se realizaron tomando en cuenta la norma E-070 de Albañilería, y considerando los resultados más desfavorables.

4.1.6.1 Clasificaciones de ladrillos con puzolana tamizada

Tabla N° 119: Clasificación de ladrillos con puzolana tamizada

LADRILLOS CON PUZOLANA TAMIZADA						
TAMIZ N°	VARIACIÓN DIMENSIONAL (máxima en porcentaje)			ALABEO (máxima en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	TIPO
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm			
(N° 8 - N° 16)	0.1	1.5	2	2	172.4	IV
(N° 16 - N° 30)	0.1	1.5	2	2	185.5	IV
(N° 30 - N° 50)	0.1	1.5	2	2	193.3	IV
(N° 50 - N° 100)	0.1	1.5	2	2	205.4	IV

Fuente: Elaboración Propia

4.1.6.2. Clasificación de ladrillos con puzolana global

Tabla N° 120: Clasificación de ladrillos con puzolana global

LADRILLOS CON PUZOLANA TAMIZADA						
PUZOLANA GLOBAL (%)	VARIACIÓN DIMENSIONAL (máxima en porcentaje)			ALABEO (máxima en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	TIPO
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm			
10%	0.1	1.5	2	2	198.47	IV
20%	0.1	1.5	2	2	209.1	IV
30%	0.1	1.5	2	2	201.6	IV

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

A).- Contraste de resultados con referente al marco teórico.

Discusión n° 1.- ¿Por qué se utilizó la puzolana de la cantera Raqchi para adicionar al ladrillo?

Se utilizó la puzolana de la cantera Raqchi porque este material proviene de la erupción del volcán Quinsachata, se encuentra en su forma natural y no está contaminado por otras sustancias, además esta puzolana es utilizada desde la época incaica hasta la actualidad por los pobladores de Raqchi para elaborar cerámica de arcilla adicionado con puzolana como raquis, aríbalos, salamancas, y otros, quienes manifiestan que la puzolana o piedra volcánica adicionada a la arcilla le da buena resistencia y duración a los mencionados trabajos de cerámica.

B).- Interpretación de los resultados encontrados en la investigación.

Discusión n° 2.- ¿Las propiedades mecánicas de las unidades de albañilería adicionados con puzolana de la cantera Raqchi son similares a los resultados obtenidos en las investigaciones consignadas como antecedentes?

Las propiedades mecánicas analizadas en esta investigación fueron la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción, los resultados a la resistencia a la compresión se muestran en la tabla N° 115, para adiciones al 10% de puzolana de entre los tamices N° (50 - 100), la resistencia a la compresión se incrementa a 205.4 Kg/cm², pero adicionando tamaños de puzolana superiores al tamiz indicado, la resistencia a compresión se reduce, lo que indica que esta propiedad mecánica varía inversamente proporcional a los tamaños de los granos de la puzolana, y de la tabla N° 116, se puede observar que para adiciones de puzolana global al 20% la resistencia a la compresión se incrementa a 209.2 Kg/cm², pero adicionando puzolana global superiores al porcentaje indicado la resistencia a la compresión se reduce, indicando que esta propiedad mecánica varía inversamente proporcional a la cantidad de puzolana adicionada a la masa cerámica del ladrillo. Por lo tanto la resistencia a la compresión de los ladrillos adicionados con porcentajes de puzolana, se

encuentran dentro de los resultados de las investigaciones anteriores, pero no se tienen como resultados en los antecedentes la resistencia a la tracción.

Discusión n° 3.- ¿Las propiedades físicas de las unidades de albañilería adicionados con puzolana de la cantera Raqchi son similares a los resultados obtenidos en las investigaciones consignadas como antecedentes?

Las propiedades físicas analizadas en la presente investigación fueron el porcentaje de absorción y la succión de los ladrillos King Kong 18 huecos, adicionados con porcentajes de puzolana de la cantera Raqchi, los resultados del porcentaje de absorción se encuentran en la tabla N° 111, donde se observa que para adiciones de puzolana tamizada al 10%, el porcentaje de absorción del ladrillo se incrementa con respecto al valor patrón siendo 14.623%, lo que indica que el porcentaje de absorción del ladrillo se incrementa proporcionalmente al tamaño de los granos de la puzolana, así mismo en la tabla N° 112, se observa que la absorción del ladrillo se incrementa proporcionalmente a la cantidad de puzolana global adicionada a la masa cerámica del ladrillo, pero los resultados de la succión no se encontraron en los estudios anteriores.

C).- Comentario de la demostración de la hipótesis.

Discusión n° 4.- ¿La puzolana de la cantera Raqchi varía la resistencia a la compresión del ladrillo?

La puzolana de la cantera Raqchi adicionada a la masa cerámica del ladrillo le incrementa la resistencia a la compresión del ladrillo, este bajo ciertas condiciones de cantidad y tamaño de puzolana adicionada como se observó en la presente investigación, que para una adición del 20% de puzolana global, la resistencia a la compresión del ladrillo se incrementa en 9%, pero adiciones de puzolana global superiores al 20% reducen su resistencia a la compresión, y para una adición del 10% de puzolana retenida entre los tamiz N° (50 – 100) la resistencia a la compresión se incrementa hasta en 7% con respecto a la resistencia patrón del ladrillo, pero adiciones del tamaño de puzolana



superiores a los retenidos en los tamices N° (50 – 100), reducen la resistencia a la compresión del ladrillo.

Discusión n° 5.- ¿La puzolana de la cantera Raqchi disminuye la tracción del ladrillo?

La puzolana de la cantera Raqchi adicionada a la masa cerámica del ladrillo le incrementa la tracción del ladrillo, este bajo ciertas condiciones de cantidad y tamaño de la puzolana adicionada, como se observó en la presente investigación, que para una adición del 20% de puzolana global, la tracción del ladrillo se incrementa en 23%, pero adiciones de puzolana global superiores al 20% reducen su resistencia a la tracción, y para una adición del 10% de puzolana retenida entre los tamices N° (50 - 100) tracción se incrementa hasta en 11% con respecto a la tracción patrón del ladrillo, pero adiciones del tamaño de puzolana superiores a los retenidos en los tamices N° (50 – 100), reducen la resistencia a la tracción del ladrillo.

D).- Aporte de la investigación.

Discusión n° 6.- ¿Las características mecánicas de las unidades de albañilería adicionados con puzolana de la cantera Raqchi hacen posible su uso en la construcción de viviendas?

Se determinaron la resistencia a la compresión y la tracción de las unidades de albañilería adicionados con puzolana de la cantera Raqchi, en la tabla N° 115, nos muestra que la resistencia a la compresión del ladrillo tradicional King Kong es 192.6 Kg/cm², se encuentra en el rango del ladrillo tipo V, pero según los resultados de la variación dimensional de la unidad, el ladrillo tradicional es del tipo IV, puesto que la Norma E0.70 toma en cuenta los resultados más desfavorables de los ensayos.

Los ladrillos adicionados con 10% de puzolana de los tamices N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100 son del tipo IV, así mismo los ladrillos adicionados con puzolana global al 10%, 20% y 30%, son clasificados como tipo IV, considerando que la norma E0.70 se toman en cuenta los resultados más desfavorables. Por lo



tanto los ladrillos King Kong 18 huecos adicionados con puzolana de la cantera Raqchi pueden ser utilizados en la construcción de viviendas.

Discusión n° 7.- ¿Las características físicas de las unidades de albañilería adicionados con puzolana de la cantera Raqchi hacen posible su uso en la construcción de viviendas?

Se determinaron el porcentaje de absorción y succión de los ladrillos adicionados con puzolana de la cantera Raqchi, de las tablas N° 111 y N°112 se observa que para adiciones en porcentajes de puzolanas en tamaño y cantidad la absorción de los ladrillos se incrementan, pero el valor de este incremento se mantiene por debajo de lo permitido por la Norma E.070 de albañilería siendo máximo el 22%, así mismo en las tablas N° 109 y N° 110, se observa que para adiciones en porcentajes de puzolanas en tamaño y en cantidad, la succión de los ladrillos se incrementan con respecto a la succión del ladrillo tradicional 28.071 gr/200cm², la succión permitido por Norma E.070 debe estar comprendido entre 10 a 20 gr/200cm², lo que indica que la succión del ladrillo tradicional y el ladrillo adicionado con puzolana no están dentro de lo permitido por norma, frente a estos casos la Norma E.070 recomienda que los ladrillos deben ser regados durante media hora, entre 10 y 15 horas antes de asentarlas, por lo tanto los nuevos ladrillos King Kong 18 huecos adicionados con puzolana de la cantera Raqchi se pueden utilizar en la construcción de viviendas.

Discusión n° 8.- ¿Los ladrillos adicionados con puzolana de la cantera Raqchi disminuyeron de peso con respecto al ladrillo tradicional?

Los ladrillos adicionados con puzolana de la cantera Raqchi, disminuyeron de peso con respecto al ladrillo tradicional King Kong 18 huecos, puesto que el porcentaje de puzolana adicionada a la masa cerámica del ladrillo, contiene porosidades y vacíos según el tamaño de su granulometría.



E).- Incorporación de temas nuevos que se han presentado durante el proceso de la investigación que no estaba considerado dentro de los objetivos de la investigación.

Discusión n° 9.- ¿Con el equipo eléctrico elaborado para el ensayo de la conductividad térmica del ladrillo King Kong 18 huecos, se pueden ensayar otros tipos de ladrillos y bloques?

Con el equipo eléctrico elaborado para el ensayo de la conductividad térmica del ladrillo King Kong 18 huecos, no se puede realizar el ensayo de la conductividad térmica de otros tipos de ladrillos, porque el equipo eléctrico está diseñado exactamente para las dimensiones del ladrillo King Kong 18 huecos, además la placa de aluminio de la unidad calefactora tiene un área de 216 cm^2 , la cual es igual área de la cara lateral del ladrillo King Kong 18 huecos.

Para determinar la conductividad térmica de otros tipos de ladrillos y bloques, se puede diseñar y elaborar otro equipo eléctrico para los ensayos respectivos, para ello se deben tomar en cuenta las dimensiones de las unidades y calcular el área lateral de los ladrillos y bloques, ya sean estos de arcilla o de concreto, este dato es importante para diseñar la placa de aluminio generadora de calor.

Por lo tanto si es posible determinar la conductividad térmica de las unidades sólidas, huecas, alveolares, tubulares y apilables, ya sean estas de arcilla o de concreto.



GLOSARIO

Alfarería.- Arte y técnica de fabricar objetos de barro cocido.

Amperímetro.- Instrumento para medir la intensidad de una corriente eléctrica. "el amperímetro mide en amperios; los amperímetros siempre se colocan en serie en la rama del circuito que se quiere medir la intensidad"

Arcillas.- Las arcillas son cualquier sedimento o depósito mineral que es plástico cuando se humedece y que consiste de un material granuloso muy fino, formado por partículas muy pequeñas cuyo tamaño es inferior a 0.002 mm, y que se componen principalmente de silicatos de aluminio hidratados.

Bloque.- Es aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.

Coloide.- El coloide es un estado intermedio entre lo líquido y sólido. Ejemplo es un gel, gelatina.

Concesión.- Una concesión es el otorgamiento del derecho de explotación, por un período determinado, de bienes y servicios por parte de una administración pública o empresa a otra, generalmente privada.

Concreto líquido o grout.- Concreto con o sin agregado grueso, de consistencia fluida.

Conductividad térmica.- es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor. En otras palabras la conductividad térmica es también la capacidad de una sustancia de transferir la energía cinética de sus moléculas a otras moléculas adyacentes o a sustancias con las que no está en contacto.



Confort térmico.- El confort térmico es la sensación que expresa la satisfacción de los usuarios de los edificios con el ambiente térmico.

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

Corriente eléctrica.- La corriente eléctrica o intensidad eléctrica es el flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un material, Se debe al movimiento de las cargas (normalmente electrones) en el interior del material. En el Sistema Internacional de Unidades se expresa en C/s (culombios sobre segundo), unidad que se denomina amperio.

Corriente alterna.- Corriente eléctrica variable en la que las cargas eléctricas cambian el sentido del movimiento de manera periódica. "la corriente alterna que se utiliza para usos domésticos e industriales se produce en grandes centrales hidroeléctricas, térmicas o nucleares, por medio de generadores llamados alternadores"

Corriente continua.- Corriente de intensidad constante en la que el movimiento de las cargas siempre es en el mismo sentido, "las pilas generan corriente continua".

Dosificación.- Proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto, mortero, grout o revoque.

Filones.- Un filón es el relleno de minerales que ha colmado una fisura en la corteza terrestre.

Hidrotermal.- Que está formado por minerales cristalizados a partir de una solución acuosa y caliente de origen magmático.



Intemperismo.- Acción combinada de procesos (climáticos, biológicos, etc) mediante los cuales la roca es descompuesta y desintegrada por la exposición continua a los agente atmosféricos, transformando a las rocas masivas y duras en un manto residual finamente fragmentado.

Ladrillo.- Es aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano.

Ladrillo tradicional.- Es el ladrillo King Kong 18 huecos fabricados, comercializados y utilizados en la construcción de viviendas.

Ladrillo estructural.- Se refiere a los ladrillos que según la norma técnica E.070 son clasificados para fines estructurales.

Ladrillo no estructural.- Se refiere a los ladrillos que no requieren ser clasificados según norma E.070.

Moldeo mecánico.- El moldeo mecánico permite incrementar la densidad del ladrillo y por tanto su resistencia.

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.

Petrológico.- Geología que está relacionado con el estudio de la composición y transformación de las rocas.

Pelítica.- Se utiliza exclusivamente, para referirse a las rocas arcillosas metamorfizadas (pelitas).



Potencia eléctrica.- La potencia eléctrica se define como la cantidad de trabajo realizado por una corriente eléctrica, es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo.

Potencial eléctrico.- El potencial eléctrico o potencial electrostático en un punto, es el trabajo que debe realizar un campo electrostático para mover una carga positiva “q” desde dicho punto hasta un punto de referencia.

Puzolana.- Materiales silíceos y aluminosos, tales como la ceniza volante o el humo de sílice, que por sí mismos poseen poco o ningún valor cementante, pero que cuando están finamente molidos y en presencia de agua, reaccionan con el hidróxido de calcio a temperaturas normales, para formar compuestos que poseen propiedades cementantes.

Puzolana global.- Cantidad de puzolana tamizada, considerada como pasantes desde el tamiz N° 4 hasta el fondo.

Puzolana tamizada.- Cantidad de puzolana tamizada con la serie de tamices, y tomados como muestra las puzolanas retenidas en el tamiz N° (16, 30 ,50 y 100).

Resistencia a compresión.- Resistencia máxima que una probeta de concreto, mortero o grout puede resistir cuando es cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada. Normalmente se expresa en fuerza por unidad de área de sección transversal, tal como mega pascal (MPa) o libras por pulgada cuadrada (lb/pulg.2 o psi).

Resistencia a flexión.- Capacidad de los sólidos de resistir a la flexión.

Resistencia eléctrica.- Se le denomina resistencia eléctrica a la igualdad de oposición que tienen los electrones al desplazarse a través de un conductor. La unidad de resistencia en el Sistema Internacional es el ohmio, que se representa con la letra griega omega (Ω).



Tixotrópico.- Un fluido tixotrópico es un fluido que tarda un tiempo finito en alcanzar una viscosidad de equilibrio cuando hay un cambio instantáneo en el ritmo de cizalla.

Valor patrón.- Es el valor de una propiedad obtenido de los diferentes ensayos del ladrillo King Kong 18 huecos tradicional.

Variación dimensional.- Define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 12 mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión.

Viscosidad.- Consistencia espesa y pegajosa de una cosa.

Voltímetro.- El voltímetro es un instrumento que se utiliza para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.

Conclusiones

- **Conclusión n° 1.-** Se logró demostrar la hipótesis general que indica: “La conductividad térmica y propiedades físico – mecánicas, del ladrillo King Kong 18 huecos adicionado con porcentajes entre 10% a 30% de puzolana, varía significativamente con respecto a un ladrillo tradicional”.

La adición de puzolana de la cantera Raqchi a la masa cerámica del ladrillo King Kong 18 huecos mejoró la propiedad de la conductividad térmica del ladrillo, puesto que para porcentajes de puzolana tamizada y puzolana global se redujo el valor de la conductividad térmica con respecto a su valor patrón hasta en 24% y 18% respectivamente, del mismo modo para porcentajes de puzolana global y tamizada se incrementó la resistencia a la compresión hasta en 9% y 7% respectivamente, y resistencia a la tracción se incrementó hasta en 23% y 11% respectivamente, se incrementó los valores de absorción en 15% y 29% respectivamente y la succión se incrementó en 17% y 46% respectivamente, del nuevo ladrillo adicionado con puzolana.

- **Conclusión n° 2.-** Se logró demostrar la hipótesis específica N° 1 que indica: “A mayor porcentaje adicionado de puzolana de la cantera Raqchi se obtiene menor conductividad térmica del ladrillo King Kong 18 huecos”.

Considerando la tabla N° 117 de los resultados, la adición del 10% de puzolana tamizada a la masa cerámica del ladrillo reduce la conductividad térmica del ladrillo tradicional siendo el valor patrón de $0.652 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{K})$, la puzolana retenida en los tamices N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100 reducen el valor de la conductividad térmica del ladrillo a $0.494 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{K})$, $0.530 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{K})$, $0.574 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{K})$ y $0.617 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{K})$ respectivamente.



Teniendo en cuenta la tabla N° 118 de los resultados, la adición de puzolana global de la cantera Raqchi reduce la conductividad térmica del ladrillo, para un incremento de puzolana global al ladrillo del 10%, 20% y 30% el valor de la conductividad térmica del ladrillo se reduce a 0.622 W/(m-°K), 0.586 W/(m-°K) y 0.537 W/(m-°K) respectivamente.

- **Conclusión n° 3.-** Se demostró la hipótesis específica N° 2 que indica: “A mayor porcentaje adicionado de puzolana de la cantera Raqchi se obtiene mayor porcentaje de absorción del ladrillo King Kong 18 huecos”.

Considerando la tabla N° 111 de los resultados, la adición del 10% de puzolana tamizada a la masa cerámica del ladrillo incrementa el porcentaje de absorción del ladrillo tradicional, cuyo valor patrón es 14.62%, la puzolana retenida en los tamices N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100 incrementaron el valor del porcentaje de absorción del ladrillo hasta 18.92%, 17.31%, 16.02% y 14.98% respectivamente.

Teniendo en cuenta la tabla N° 112 de los resultados, la adición de puzolana global de la cantera Raqchi a la masa cerámica del ladrillo, incrementa el porcentaje de absorción del ladrillo tradicional, para una adición de puzolana global al 10%, 20% y 30% el valor de la absorción del ladrillo se eleva a 15.32%, 16.82% y 18.10% respectivamente.

- **Conclusión n° 4.-** Se logró demostrar la hipótesis específica N° 3 que decía “A mayor porcentaje adicionado de puzolana de la cantera Raqchi se obtiene mayor succión del ladrillo King Kong 18 huecos”.

Tomando en cuenta la tabla N° 109 de los resultados, La adición del 10% de puzolana tamizada a la masa cerámica del ladrillo incrementa la succión del ladrillo tradicional, siendo su valor patrón de 28.86 gr/cm,² la puzolana retenida en los tamices N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100



incrementaron el valor de la succión del ladrillo a 41.01 gr/cm^2 , 37.98 gr/cm^2 , 34.76 gr/cm^2 y 31.52 gr/cm^2 respectivamente.

Considerando la tabla N° 110 de los resultados, la adición de puzolana global de la cantera Raqchi a la masa cerámica del ladrillo aumenta la succión del ladrillo tradicional, para un incremento de puzolana al 10%, 20% y 30% el valor de la succión del ladrillo se incrementa a 29.98 gr/cm^2 , 31.55 gr/cm^2 y 32.92 gr/cm^2 respectivamente.

- **Conclusión n° 5.-** Se logró demostrar la hipótesis específica N° 4 que decía “La adición de un determinado porcentaje de puzolana a la masa cerámica del ladrillo, le incrementa su resistencia a la compresión”.

Considerando la tabla N° 115 de los resultados, la adición de puzolana tamizada al 10% varía la resistencia a la compresión del ladrillo tradicional, siendo su valor patrón 192.6 Kg/cm^2 , de acuerdo al tamaño de la puzolana, para la puzolana retenida en los tamices N° 50 y N° 100 elevan la resistencia a la compresión hasta 193.3 y 205.4 Kg/cm^2 respectivamente, y para tamaño de granos retenidos en los tamices N° 30 y N° 16 reducen la resistencia a la compresión a 185.5 y 172.4 Kg/cm^2 respectivamente, siendo el apropiado la adición del 10% de puzolana retenida del tamiz N° 100.

Teniendo en cuenta la tabla N° 116 de los resultados, la resistencia a la compresión varía de acuerdo al porcentaje de puzolana global adicionado al ladrillo, para una adición del 10%, 20% y 30% el valor de la compresión es 198.6 , 209.2 y 201.7 Kg/cm^2 respectivamente, siendo apropiado el 20% la cantidad de puzolana global adicionada para mejorar la resistencia a la compresión del ladrillo.



- **Conclusión n° 6.-** Se logró demostrar la hipótesis específica N° 5 que decía “La adición de un determinado porcentaje de puzolana a la masa cerámica del ladrillo, le incrementa su resistencia a la tracción”.

Considerando la tabla N° 113 de los resultados, la adición de puzolana tamizada al 10% varía la tracción del ladrillo tradicional, siendo su valor patrón 23.26 Kg/cm^2 , de acuerdo al tamaño de granos, para puzolana de los tamices N° 100 y N° 50 elevan la tracción a 25.76 y 23.78 Kg/cm^2 respectivamente, y para tamaños de granos de los tamices N° 30 y N° 16 reducen la tracción a 21.83 y 20.26 Kg/cm^2 , siendo el apropiado la adición del 10% de puzolana retenida del tamiz N° 100.

Teniendo en cuenta la tabla N° 114 de los resultados, la tracción varía de acuerdo al porcentaje de puzolana global que se adiciona al ladrillo, para una adición del 10%, 20% y 30% el valor de la tracción es 25.37 , 28.66 y 22.65 Kg/cm^2 respectivamente, la adición del 20% de puzolana global mejora la tracción del ladrillo.



Recomendaciones

- **Recomendación n° 1.-** Para mejorar la resistencia a la compresión y tracción del ladrillo King Kong 18 huecos adicionados con puzolana de la cantera Raqchi, se recomienda dosificar con puzolana global pasantes la malla del tamiz N° 4 y no con puzolana tamizada, pero un incremento excesivo de puzolana a la masa cerámica del ladrillo debilita la resistencia a la compresión y la tracción de los ladrillos.
- **Recomendación n° 2.-** Se recomienda ampliar los estudios de las propiedades físico mecánicas de los ladrillos King Kong 18 huecos, adicionados con puzolana de la cantera Raqchi, para adiciones de puzolana global y tamizada a la masa cerámica del ladrillo en porcentajes de 15%, 25%, 35%, 40%, etc., para verificar el comportamiento y variación de sus propiedades como son la succión, absorción, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y la conductividad térmica del ladrillo.
- **Recomendación n° 3.-** Se sugiere investigar las propiedades de la puzolana de otras canteras, puesto que la puzolana natural o piedra volcánica de la cantera Raqchi tiene propiedades químicas y físicas particulares, en la aplicación a la alfarería y fabricación de cerámica de arcilla en Raqchi.
- **Recomendación n° 4.-** Para mejorar la resistencia a la compresión del ladrillo King Kong 18 huecos adicionado con puzolana de la cantera Raqchi, se recomienda adicionar a la masa cerámica del ladrillo puzolana global pasante el tamiz N° 4 al 20%, la cual incrementó la compresión del ladrillo en 9%, así mismo adicionar el 10% de puzolana a la masa cerámica del ladrillo tamaños retenidos entre los tamices N° (50 - 100), los cuales mejoran la resistencia a la compresión del ladrillo en 7%.



- **Recomendación n° 5.-** Para mejorar la resistencia a la tracción del ladrillo King Kong 18 huecos adicionado con puzolana de la cantera Raqchi se recomienda adicionar a la masa cerámica del ladrillo puzolana global pasante el tamiz N° 4 al 20%, la cual incrementó la tracción del ladrillo en 23%, así mismo adicionar el 10% de puzolana a la masa cerámica del ladrillo tamaños retenidos entre los tamices N° (50 – 100), los cuales mejoran la resistencia a la tracción del ladrillo en 11%.

- **Recomendación n° 6.-** Para lograr ladrillos tipo V, se debe elaborar ladrillos con mínimas variaciones dimensionales y mínimo alabeo, puesto que en la clasificación estructural la resistencia a la compresión los ladrillos se encuentran dentro del rango del tipo V, pero la variación dimensional y el alabeo se encuentran dentro del tipo IV, por lo tanto los ladrillos adicionados con puzolana se clasifican como tipo IV, este por considerar los resultados más desfavorables.

- **Recomendación n° 7.-** Se recomienda realizar los ensayos de compresión y tracción de los muros de albañilería, asentadas con los ladrillos King Kong 18 huecos adicionados con puzolana de la cantera Raqchi, para observar su adecuado uso en la albañilería.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Campos González Luis, 2003. “Caracterización de Propiedades Térmicas e Hídricas de Ladrillos Cerámicos Locales”. Concepción, Chile.
- Ing. Ávila Sáenz Jorge Luis, ing. Regal m. Alberto materiales de construcción.
- Héctor Gallegos, Carlos Casabonne, 2005. “Albañilería Estructural”, tercera edición, Lima – Perú.
- San Bartolomé, Ángel, 1994. “Construcciones de Albañilería”, Lima, Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- San Bartolomé, Ángel, 2005. “Comentarios a la norma técnica de edificación E.070 albañilería”, Lima, Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Abanto Castillo Flavio, 2013. “Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería”. Editorial San Marcos, Lima – Perú.
- Guía de Buenas Prácticas ladrilleras artesanales (aprobado por Resolución Ministerial N° 102 – 2010 - produce del 19-04-2010).
- Alejandro Mella Stappung, 2004. “Estudio caracterización y evaluación de puzolanas locales en la masa cerámica del ladrillo”, Concepción – Chile.
- Alejandra Díaz Valdivieso, Julio Cesar Zedano Cornejo, 2006. “Caracterización de las arcillas en el Perú: mercados y perspectivas”, Lima – Perú.
- Alejandra Díaz Valdivieso, José Ramírez Carrión, 2009 “Compendio de rocas y minerales industriales en el Perú”, Lima – Perú.
- Frank Kreith, Raj m. Manglik, Mark s. Bohn, 2012 “Principios de transferencia de calor”. Monterrey – México.
- Santiago Esplugas, María Esther Chamarro, 2005 “Fundamentos de transmisión de calor”, Barcelona – España.
- Anthony MCB. Collieu, Derek Powney, 1977 “propiedades mecánicas y térmicas de los materiales”, Barcelona – España.
- INDECOPI. (2005). NTP 399.613 Unidades de Albañilería. Métodos de muestreo y ensayos de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Lima, Perú: INDECOPI.

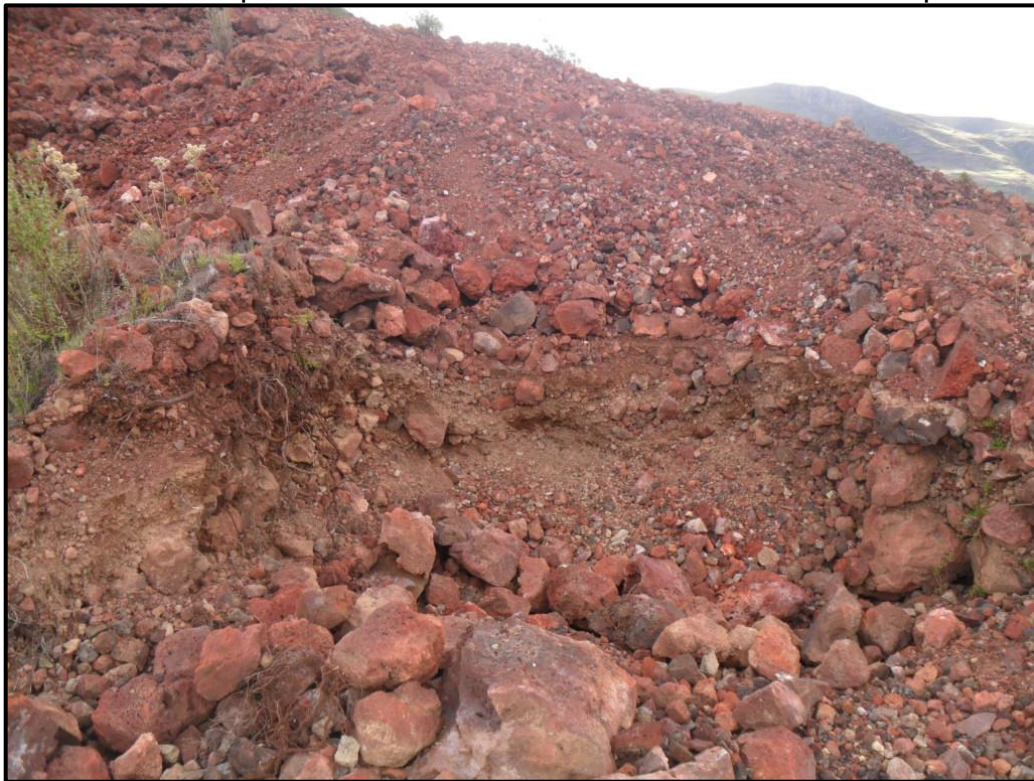


- INDECOPI. (2013). ASTM C177 – 13 Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus. Lima, Perú: INDECOPI.
- Porras Soto Rodrigo A., 2004. “Desarrollo de la Masa Cerámica de Ladrillo Térmicamente Mejorado”. Concepción, Chile.
- Ing. O. Morales G, Ing. F. LOPEZ A, 1997. “Circuitos Eléctricos” tercera edición, Lima – Perú.
- Genaro González, 1997 “Series de Fourier, Transformadas de Fourier y aplicaciones” primera edición, Maracaibo – Venezuela.
- Jorge García Villareal, 2006 “Dispositivos y Componentes Electrónicos”, primera edición, Lima – Perú.
- José Manzano Orrego, 2008 “Electricidad i Teoría Básica y Prácticas”, primera edición, Barcelona – España.
- James W. Nilsson, Susan A. Riedel, 2005. ”Circuitos Electricos”, séptima edición, Madrid – España.
- Frederick J. Bueche, 2007 “física general”, décima edición, Madrid – España.
- Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernandez Collado, maría del pilar baptista lucio, 2014. “Metodología de la Investigación”, quinta edición, México.
- Francisco Blanco Álvarez, 2012 “Ciencia de los Materiales”, primera edición, Oviedo – España.

ANEXOS

A).- Anexo de fotografías

Cantera de puzolana Acco Mocco – ubicada al norte de Raqchi



Fuente: Elaboración Propia

Excavación y extracción de Puzolana en la cantera Raqchi



Fuente: Elaboración Propia

Transporte a lomo de puzolana de la cantera Raqchi por los tesisas



Fuente: Elaboración Propia

Faja transportadora, amasadora, extrusora de arcilla y moldeador de ladrillos de la Fábrica de ladrillos Latesa



Fuente: Elaboración Propia

Moldeador de arcilla y cortador de ladrillos King Kong 18 huecos de la fábrica de ladrillos Latesa



Fuente: Elaboración Propia

Extrusora y moldeadora de arcilla de la fábrica de ladrillos "LATESA"



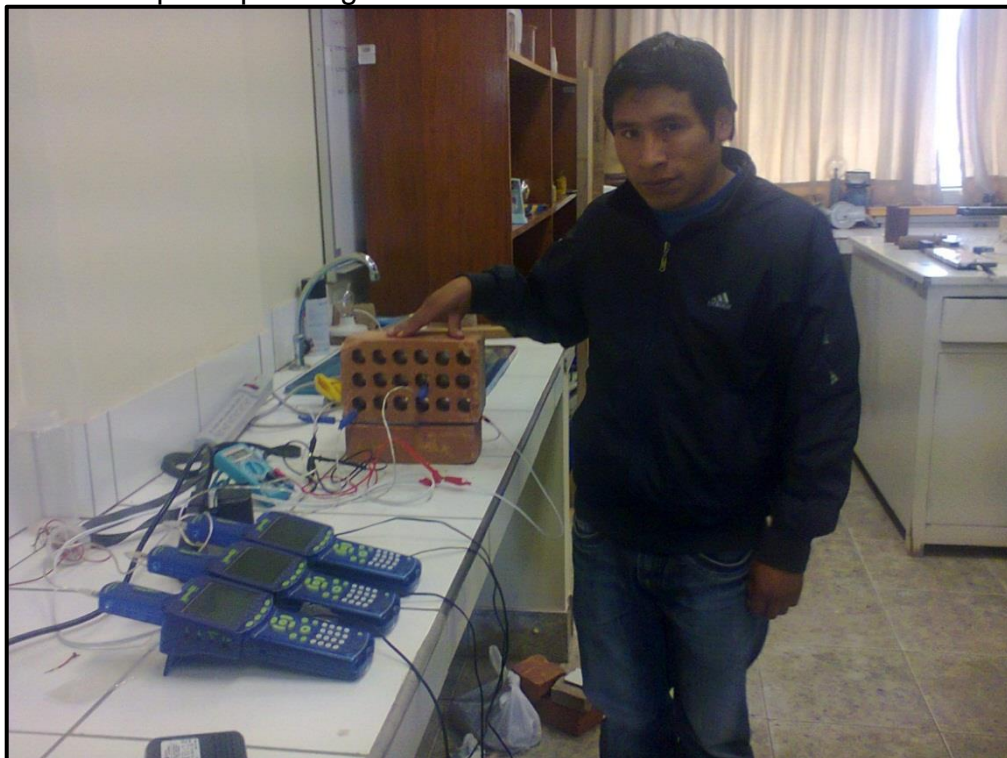
Fuente: Elaboración Propia

Tesistas acompañado del gerente general de la ladrillera Latesa Ing. Ascensión G. Aucapure Rojas



Fuente: Elaboración Propia

Estudios preliminares de la conductividad térmica del ladrillo, utilizando termocuplas tipo K digitales en el laboratorio de física de la U.A.C.



Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de la resistencia a la compresión de los ladrillos King Kong, en el laboratorio de suelos de la U.A.C.



Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de la conductividad térmica del ladrillo King Kong con el equipo eléctrico elaborado por los tesistas, en el laboratorio de suelos de la U.A.C.



Fuente: Elaboración Propia

B). – Decretos Supremos y Leyes

1. – DECRETO SUPREMO N° 008 – 2009 – VIVIENDA, “DECLARACIÓN DE INTERÉS PRIORITARIO LA EJECUCIÓN DE PROGRAMAS DE VIVIENDA EN EL ÁREA RURAL, PARA ATENDER EL DÉFICIT CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE VIVIENDA EN EL PAIS”.

2. – LEY N° 29589, “LEY QUE DECLARA DE INTERÉS PRIORITARIO LA APLICACIÓN DEL BONO FAMILIAR HABITACIONAL EN EL ÁREA RURAL Y ELEVA A RANGO DE LEY EL DECRETO SUPREMO NÚM. 008 – 2009 – VIVIENDA”.



El Peruano
Lima, viernes 10 de abril de 2009

NORMAS LEGALES

394147

VIVIENDA

Declaran de interés prioritario la ejecución de programas de vivienda en el área rural

DECRETO SUPREMO
N° 008-2009-VIVIENDA

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento de conformidad con la Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, tiene competencia para formular, aprobar, ejecutar y supervisar las políticas de alcance nacional aplicables en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento;

Que, de acuerdo con el Plan Nacional de Vivienda "Vivienda para Todos", aprobado por Decreto Supremo N° 005-2006-VIVIENDA, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento tiene como objetivo, el superar las condiciones de precariedad de las familias que habitan las zonas rurales del país, así como, impulsar la producción habitacional de bajo costo y óptima calidad, tanto en el área urbana como en la rural;

Que, en el ámbito rural existe un significativo porcentaje del déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda que requiere ser atendido por el Estado para contribuir a elevar la calidad de vida de la población existente en dicho ámbito, situación que se da principalmente por la precaria condición socio económica de la misma, evidenciándose que, mientras menores son sus ingresos, menor es su posibilidad de acceso a viviendas, lo que ha generado un proceso de autoconstrucción sin asistencia técnica calificada, derivando en inseguridad. Asimismo, el difícil acceso a las zonas rurales producto de la falta de vías, o las malas condiciones en las que éstas se encuentran, genera un alto costo en las viviendas;

Que, a la fecha, el Organismo de Formalización de la Propiedad Informal – COFOPRI, viene realizando labores de saneamiento físico legal en predios ubicados en zonas rurales, en mérito a las facultades otorgadas por la Ley N° 28923, Ley que establece el Régimen Temporal Extraordinario de Formalización y Titulación de Predios Urbanos, y el Decreto Legislativo N° 1069, que establece el Régimen Temporal Extraordinario de Formalización y Titulación de Predios Rurales, dentro del territorio conformado por Centros Poblados Rurales, entre otros;

Que, mediante Ley N° 27829 y modificatorias, se crea el Bono Familiar Habitacional (BFH), como parte de la política sectorial del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el mismo que es administrado por el Fondo MIVIVIENDA S.A., y se otorga por una sola vez a los beneficiarios, con criterio de utilidad pública, sin cargo de restitución por parte de éstos, y que constituye un incentivo y complemento de su ahorro, y de su esfuerzo constructor, siendo sus beneficiarios exclusivos las familias de los ámbitos urbano y rural, que carecen de recursos suficientes para obtener o mejorar una única solución habitacional;

Que, a la fecha, no se ha implementado el otorgamiento del BFH en el área rural, a través del Fondo MIVIVIENDA S.A., por lo que resulta necesario dictar las normas pertinentes que permitan promover su otorgamiento;

De conformidad con lo dispuesto en el inciso 8) del Artículo 118 de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto

Declárese de interés prioritario la ejecución de programas de vivienda en el área rural para atender el déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda existente en el país.

Artículo 2.- Del Bono Familiar Habitacional en área rural.

El otorgamiento del Bono Familiar Habitacional (BFH) bajo las modalidades de construcción en sitio propio o mejoramiento de vivienda en el área rural, incluirá el costo que irroguen las acciones de identificación y de capacitación de la población beneficiaria del bono.

Artículo 3.- De la administración del Bono Familiar Habitacional en área rural

Facúltase al Fondo MIVIVIENDA S.A. a suscribir, en el marco de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, convenios de colaboración interinstitucional con el Banco de Materiales S.A.C., que permitan implementar el otorgamiento del Bono Familiar Habitacional en el área rural, de acuerdo con lo indicado en el literal b) del artículo 6° de la Ley N° 27829, Ley que crea el Bono Familiar Habitacional.

Artículo 4.- De las normas complementarias

Mediante Resolución Ministerial, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento dictará las normas complementarias para el otorgamiento del Bono Familiar Habitacional en el área rural.

Artículo 5.- Vigencia

El presente Decreto Supremo entra en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Artículo 6.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por la Ministra de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los nueve días del mes de abril del año dos mil nueve

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

NIDIA VÍLCHEZ YUCRA
Ministra de Vivienda, Construcción y Saneamiento

334936-4

ORGANISMOS EJECUTORES

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL

Aprueban Cuadro Consolidado de Resoluciones Jefaturales emitidas por el INDECI en el Segundo Semestre del año 2008, mediante las cuales se aceptaron donaciones

RESOLUCIÓN JEFATURAL
N° 093-2009-INDECI

2 de abril del 2009

VISTO: El Memorandum N° 01003-2009-INDECI/12.0 del 12.MAR.2009, del Director Nacional de Logística del INDECI, sus antecedentes; y,

CONSIDERANDO:

Que, conforme al Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 043-2003-PCM y sus modificatorias, en el ámbito de la Administración Pública, rige el principio de publicidad, en mérito al cual se entiende que toda información que posean las entidades del Estado se presume pública, salvo excepciones expresamente establecidas, en cuya virtud se deben adoptar medidas básicas que garanticen y promuevan la transparencia y acceso a la información que las entidades públicas administran;

Que, durante el Primer Semestre del año 2008, el Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI, ha recibido diversas donaciones de bienes de ayuda humanitaria, efectuadas por los gobiernos extranjeros, las organizaciones y organismos internacionales, las entidades públicas y privadas y por personas naturales y jurídicas establecidas en el extranjero y en nuestro país;

Que, estas donaciones han sido aceptadas mediante Resoluciones Jefaturales y destinadas a las diferentes acciones de prevención y de atención de emergencias, entre las que se incluyen la atención de damnificados por fenómenos naturales, siendo necesario aprobar y publicar un cuadro consolidado en donde se consigne



Sistema Peruano de Información Jurídica [El Peruano](#)

Ley que declara de interés prioritario la aplicación del Bono Familiar Habitacional en el Área Rural y eleva a rango de Ley el Decreto Supremo Núm. 008-2009-VIVIENDA
LEY N° 29589

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

POR CUANTO:

El Congreso de la República

Ha dado la Ley siguiente:

EL CONGRESO DE LA REPÚBLICA;

Ha dado la Ley siguiente:

LEY QUE DECLARA DE INTERÉS PRIORITARIO LA APLICACIÓN DEL BONO FAMILIAR HABITACIONAL EN EL ÁREA RURAL Y ELEVA A RANGO DE LEY EL DECRETO SUPREMO NÚM. 008-2009 -VIVIENDA

Artículo 1.- Objeto de la Ley

El objeto de la Ley es dar prioridad a la construcción de viviendas ubicadas en zonas rurales a nivel nacional a través de la aplicación del Bono Familiar Habitacional en el Área Rural (BFHR).

Artículo 2.- Rango de ley del Decreto Supremo núm. 008-2009-VIVIENDA

Elévese a rango de ley para todos sus efectos el Decreto Supremo núm. 008-2009- VIVIENDA, que declara de interés prioritario la ejecución de programas de vivienda en el área rural.

Artículo 3.- Zonas rurales priorizadas por los cambios climáticos

Las zonas rurales más vulnerables a los efectos del cambio climático y a los desastres de origen natural, con daños o destrucción de las viviendas, que comprometen el bienestar de la población deben ser priorizadas para el otorgamiento del Bono Familiar Habitacional en el Área Rural (BFHR).

Artículo 4.- Desarrollo sostenible

El Fondo Mi vivienda S.A., luego de desembolsar el Bono Familiar Habitacional en el Área Rural (BFHR), debe informar a los sectores y entidades involucrados en el desarrollo de las zonas rurales sobre el listado de las familias beneficiarias, las áreas intervenidas y otros datos de utilidad a fin de que implementen programas sociales que contribuyan a lograr un desarrollo sostenible en la zona.

Sistema Peruano de Información Jurídica El Peruano

Artículo 5.- Incentivo a la investigación

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, a través del Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (Sencico), suscribe convenios con universidades públicas y privadas a fin de recoger, validar y promover la investigación sobre nuevos sistemas de construcción sismorresistente, opciones de soluciones sanitarias y alternativas de confort térmico a ser aplicados en el área rural, otorgando la certificación que corresponda para su aplicación.

Artículo 6.- Fiscalización del Bono Familiar Habitacional

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en un plazo de sesenta (60) días calendario, expide las normas que permitan la fiscalización y sanción de parte del Fondo Mivivienda S.A., del otorgamiento y uso del Bono Familiar Habitacional por parte de las entidades técnicas respectivas.

Comuníquese al señor Presidente de la República para su promulgación.

En Lima, a los dieciséis días del mes de setiembre de dos mil diez.

CÉSAR ZUMAETA FLORES
Presidente del Congreso de la República

ALEJANDRO AGUINAGA RECUENCO
Primer Vicepresidente del Congreso de la República

AL SEÑOR PRESIDENTE CONSTITUCIONAL DE LA REPÚBLICA

POR TANTO:

Mando se publique y cumpla.

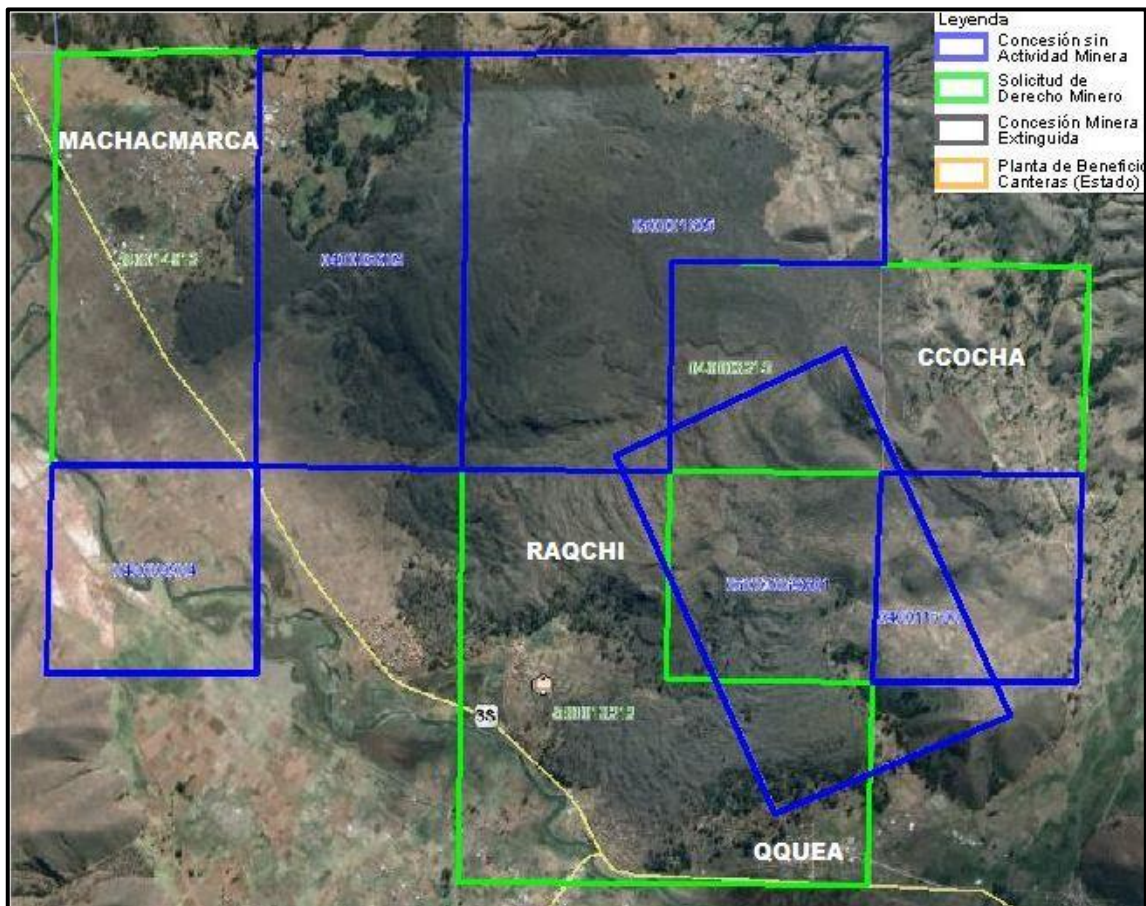
Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintiocho días del mes de septiembre del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JOSÉ ANTONIO CHANG ESCOBEDO
Presidente del Consejo de Ministros y Ministro de Educación

C). – Concesiones

La cantera de puzolana en Raqchi actualmente se encuentra concesionada con el nombre de “AUQUISA DOS” para su respectiva explotación, dicha puzolana es aplicada para la elaboración de materiales de construcción como: unidades de albañilería, tejas, etc.



RESUMEN DEL DERECHO MINERO

Datos Generales			
Código	05003069X01	Nombre	AUQUISA DOS
Fecha de Formulación	17/02/1968	Situación	VIGENTE
Procedimiento	TITULADO(CONCESION)	Tipo	DENUNCIO (D.LEG.109 Y ANTERIORES)
Has. Formuladas	228.00	Sustancia	NO METALICA
Has. Rectificadas		Has. Formadas	
Has. Reducidas		Has. Disponibles	
Ubicación	ARCHIVO CENTRAL desde el 08/01/2009		

Titular Referencial

Tipo	Nombre de Razón Social	Dirección	% Participación
JURIDICO	PUZOLANA INKA S.R.L.		100

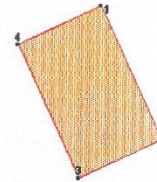
Demarcaciones

Distrito	Provincia	Departamento
SAN PEDRO	CANCHIS	CUSCO

Cartas

Código	Descripción	Zona UTM
29-T	SICUANI	19

Vertice	Coordenadas UTM PSAD56		Coordenadas WGS84	
	Norte	Este	Norte	Este
1	8,433,580.71	245,831.35	8,433,206.47	245,641.38
2	8,431,858.73	246,634.32	8,431,484.47	246,444.38
3	8,431,351.59	245,546.75	8,430,977.32	245,356.80
4	8,433,073.57	244,743.78	8,432,699.32	244,553.80



Pagos

Nro. Recibo	Monto	Fecha Pago	Nro. Cuenta	Banco	Concepto
-------------	-------	------------	-------------	-------	----------

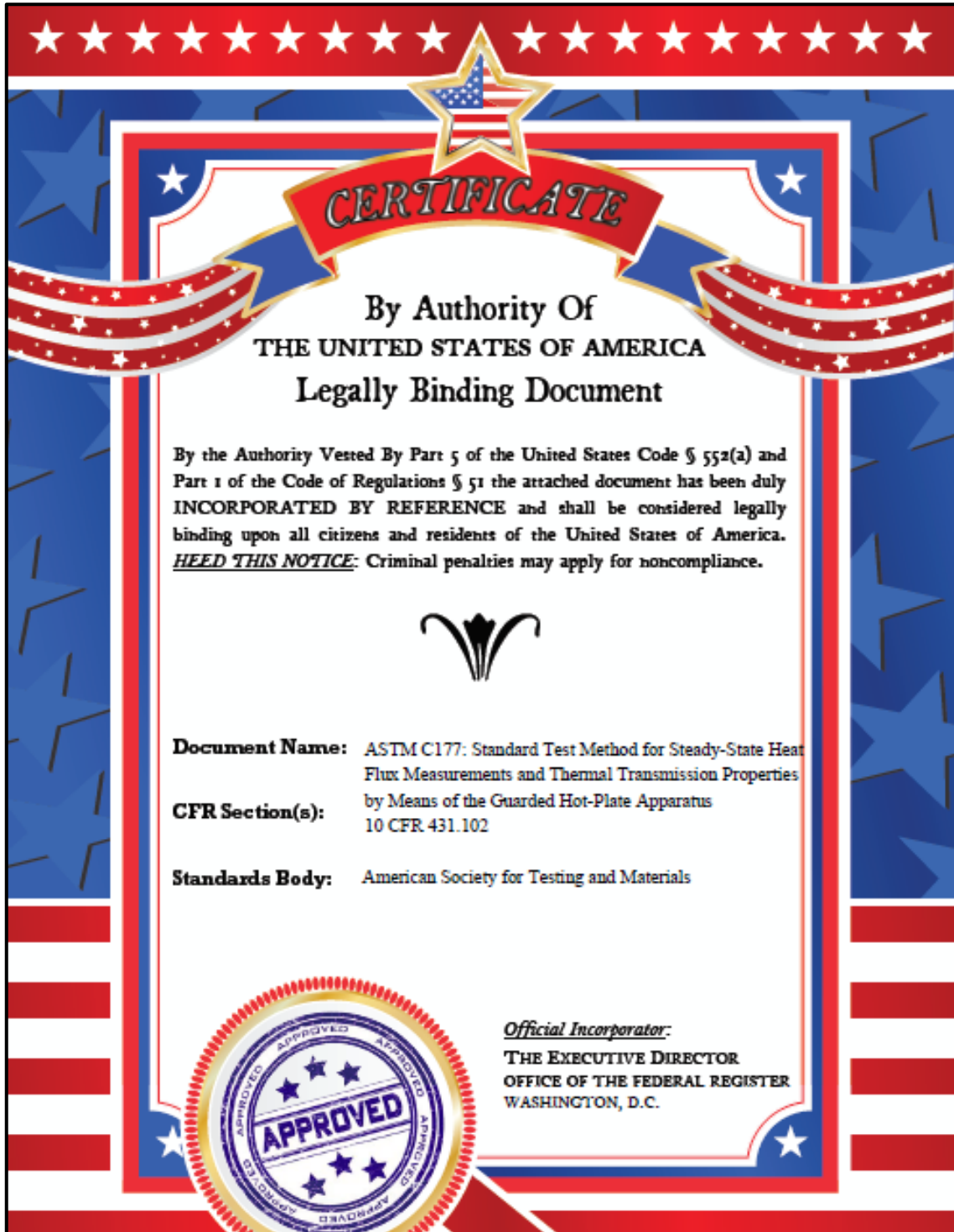
Resoluciones

Nro. Resolución	Fec. Resolución	Decisión	Plazo
RPM	14/12/2000	CARECE DE JURISDICCION ADMINISTRATIVA	0 días
- -RPM	11/11/1996	INCORPORENSE COORDENADAS AL CATAS.MIN.NAC.	0 días
- -RPM	11/11/1996	INSCRIBANSE COORD. UTM A LA PARTIDA REGIS.	0 días
4011-95-RPM	14/08/1995	NULIDAD DE RESOLUCION JEFATURAL	15 días
RD N° 186-95-EM-DGM	10/08/1995	OTROS	0 días
041-95-RPM	31/01/1995	CADUCIDAD - N.P. DE VIGENCIA	15 días
RD N° 153-76-DGM-DCM	04/11/1976	TENGASE COMO NUEVO TITULAR	0 días
RD 061-75-EM-DGM-DCM	05/05/1975	TITULO	0 días
S/N	17/02/1968	AUTO DE AMPARO	0 días

Fecha de emisión: sábado 28 de enero del 2017

D). - Normas:

1. - Norma ASTM C177-13 Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus.





Designation: C177 – 13

Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus¹

This standard is issued under the fixed designation C177; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method establishes the criteria for the laboratory measurement of the steady-state heat flux through flat, homogeneous specimen(s) when their surfaces are in contact with solid, parallel boundaries held at constant temperatures using the guarded-hot-plate apparatus.

1.2 The test apparatus designed for this purpose is known as a guarded-hot-plate apparatus and is a primary (or absolute) method. This test method is comparable, but not identical, to ISO 8302.

1.3 This test method sets forth the general design requirements necessary to construct and operate a satisfactory guarded-hot-plate apparatus. It covers a wide variety of apparatus constructions, test conditions, and operating conditions. Detailed designs conforming to this test method are not given but must be developed within the constraints of the general requirements. Examples of analysis tools, concepts and procedures used in the design, construction, calibration and operation of a guarded-hot-plate apparatus are given in Refs (1-41).²

1.4 This test method encompasses both the single-sided and the double-sided modes of measurement. Both distributed and line source guarded heating plate designs are permitted. The user should consult the standard practices on the single-sided mode of operation, Practice C1044, and on the line source apparatus, Practice C1043, for further details on these heater designs.

1.5 The guarded-hot-plate apparatus can be operated with either vertical or horizontal heat flow. The user is cautioned however, since the test results from the two orientations may be different if convective heat flow occurs within the specimens.

1.6 Although no definitive upper limit can be given for the magnitude of specimen conductance that is measurable on a guarded-hot-plate, for practical reasons the specimen conductance should be less than $16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

1.7 This test method is applicable to the measurement of a wide variety of specimens, ranging from opaque solids to porous or transparent materials, and a wide range of environmental conditions including measurements conducted at extremes of temperature and with various gases and pressures.

1.8 Inhomogeneities normal to the heat flux direction, such as layered structures, can be successfully evaluated using this test method. However, testing specimens with inhomogeneities in the heat flux direction, such as an insulation system with thermal bridges, can yield results that are location specific and shall not be attempted with this type of apparatus. See Test Method C1363 for guidance in testing these systems.

1.9 Calculations of thermal transmission properties based upon measurements using this method shall be performed in conformance with Practice C1045.

1.10 In order to ensure the level of precision and accuracy expected, persons applying this standard must possess a knowledge of the requirements of thermal measurements and testing practice and of the practical application of heat transfer theory relating to thermal insulation materials and systems. Detailed operating procedures, including design schematics and electrical drawings, should be available for each apparatus to ensure that tests are in accordance with this test method. In addition, automated data collecting and handling systems connected to the apparatus must be verified as to their accuracy. This can be done by calibration and inputting data sets, which have known results associated with them, into computer programs.

1.11 It is not practical for a test method of this type to establish details of design and construction and the procedures to cover all contingencies that might offer difficulties to a person without technical knowledge concerning theory of heat flow, temperature measurements and general testing practices. The user may also find it necessary, when repairing or

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C16 on Thermal Insulation and is the direct responsibility of Subcommittee C16.30 on Thermal Measurement.

Current edition approved Sept. 15, 2013. Published October 2013. Originally approved in 1942. Last previous edition approved in 2010 as C177 – 10. DOI: 10.1520/C0177-13.

² The boldface numbers given in parentheses refer to the list of references at the end of this standard.

ASTM C177 - 13

modifying the apparatus, to become a designer or builder, or both, on whom the demands for fundamental understanding and careful experimental technique are even greater. Standardization of this test method is not intended to restrict in any way the future development of new or improved apparatus or procedures.

1.12 This test method does not specify all details necessary for the operation of the apparatus. Decisions on sampling, specimen selection, preconditioning, specimen mounting and positioning, the choice of test conditions, and the evaluation of test data shall follow applicable ASTM Test Methods, Guides, Practices or Product Specifications or governmental regulations. If no applicable standard exists, sound engineering judgment that reflects accepted heat transfer principles must be used and documented.

1.13 This test method allows a wide range of apparatus design and design accuracy to be used in order to satisfy the requirements of specific measurement problems. Compliance with this test method requires a statement of the uncertainty of each reported variable in the report. A discussion of the significant error factors involved is included.

1.14 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.15 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* Specific precautionary statements are given in Note 21.

1.16 Major sections within this test method are arranged as follows:

	Section	Section
Scope		1
Referenced Documents		2
Terminology		3
Summary of Test Method		4
Significance and Use		5
Apparatus		6
Specimen Preparation and Conditioning		7
Procedure		8
Calculation of Results		9
Report		10
Precision and Bias		11
Keywords		12
	Figures	
General Arrangement of the Mechanical Components of the Guarded-Hot-Plate Apparatus		Fig. 1
Illustration of Heat Flow in the Guarded-Hot-Plate Apparatus		Fig. 2
Example Report Form		Fig. 3
	Annexes	
Importance of Thickness		A1.1
Measuring Thickness		A1.2
Limitations Due to Apparatus		A1.3
Limitations Due to Temperature		A1.4
Limitations Due to Specimen		A1.5
Random and Systematic Error Components		A1.6
Error Components for Variables		A1.7
Thermal Conductance or Thermal Resistance Error Analysis		A1.8
Thermal Conductivity or Thermal Resistivity Error Analysis		A1.9
Uncertainty Verification		A1.10

2. Referenced Documents

- 2.1 *ASTM Standards*:³
- C168 Terminology Relating to Thermal Insulation
 - C518 Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus
 - C687 Practice for Determination of Thermal Resistance of Loose-Fill Building Insulation
 - C1043 Practice for Guarded-Hot-Plate Design Using Circular Line-Heat Sources
 - C1044 Practice for Using a Guarded-Hot-Plate Apparatus or Thin-Heater Apparatus in the Single-Sided Mode
 - C1045 Practice for Calculating Thermal Transmission Properties Under Steady-State Conditions
 - C1058 Practice for Selecting Temperatures for Evaluating and Reporting Thermal Properties of Thermal Insulation
 - C1363 Test Method for Thermal Performance of Building Materials and Envelope Assemblies by Means of a Hot Box Apparatus
 - E230 Specification and Temperature-Electromotive Force (EMF) Tables for Standardized Thermocouples
 - E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method
- 2.2 *ISO Standard*:
- ISO 8302 Thermal Insulation—Determination of Steady-State Areal Thermal Resistance and Related Properties—Guarded-Hot-Plate Apparatus⁴
- 2.3 *ASTM Adjuncts*: ASTM
- Table of Theoretical Maximum Thickness of Specimens and Associated Errors⁵
 - Descriptions of Three Guarded-Hot-Plate Designs⁵
 - Line-Heat-Source Guarded Hot-Plate Apparatus⁶

3. Terminology

3.1 *Definitions*:

3.1.1 For definitions of terms and symbols used in this test method, refer to Terminology C168 and the following subsections.

3.2 *Definitions of Terms Specific to This Standard*:

3.2.1 *auxiliary cold surface assembly, n*—the plate that provides an isothermal boundary at the outside surface of the auxiliary insulation.

3.2.2 *auxiliary insulation, n*—insulation placed on the back side of the hot-surface assembly, in place of a second test specimen, when the single sided mode of operation is used. (*Synonym*—backflow specimen.)

3.2.3 *cold surface assembly, n*—the plates that provide an isothermal boundary at the cold surfaces of the test specimen.

³ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

⁴ Available from American National Standards Institute (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.

⁵ Available from ASTM Headquarters, Order Adjunct: ADJC0177.

⁶ Available from ASTM Headquarters, Order Adjunct: ADJC1043.

3.2.4 *controlled environment, n*—the environment in which an apparatus operates.

3.2.5 *guard, n*—promotes one-dimensional heat flow. Primary guards are planar, additional coplanar guards can be used and secondary or edge guards are axial.

3.2.6 *guarded-hot-plate apparatus, n*—an assembly, consisting of a hot surface assembly and two isothermal cold surface assemblies.

3.2.7 *guarded-hot-plate, n*—the inner (rectangular or circular) plate of the hot surface assembly, that provides the heat input to the metered section of the specimen(s).

3.2.8 *hot surface/assembly, n*—the complete center assembly providing heat to the specimen(s) and guarding for the meter section.

3.2.9 *metered section, n*—the portion of the test specimen (or auxiliary insulation) through which the heat input to the guarded-hot-plate flows under ideal guarding conditions.

3.2.10 *mode, double-sided, n*—operation of the guarded-hot-plate apparatus for testing two specimens, each specimen placed on either side of the hot surface assembly.

3.2.11 *mode, single-sided, n*—operation of the guarded-hot-plate apparatus for testing one specimen, placed on one side of the hot-surface assembly.

3.2.12 *thermal transmission properties, n*— those properties of a material or system that define the ability of a material or system to transfer heat such as thermal resistance, thermal conductance, thermal conductivity and thermal resistivity, as defined by Terminology C168.

3.3 *Symbols*—The symbols used in this test method have the following significance:

- 3.3.1 ρ_m — specimen metered section density, kg/m^3 .
- 3.3.2 ρ_s —specimen density, kg/m^3 .
- 3.3.3 λ —thermal conductivity, W/(m K) .
- 3.3.4 σ —Stefan-Boltzmann constant, $\text{W/m}^2 \text{K}^4$.
- 3.3.5 A —metered section area normal to heat flow, m^2 .
- 3.3.6 A_g —area of the gap between the metered section and the primary guard, m^2 .
- 3.3.7 A_m —area of the actual metered section, m^2 .
- 3.3.8 A_s —area of the total specimen, m^2 .
- 3.3.9 C —thermal conductance, $\text{W/(m}^2 \text{K)}$.
- 3.3.10 C_i —the specific heat of the i th component of the metered section, J/(kg K) .
- 3.3.11 dT/dt —potential or actual drift rate of the metered section, K/s .
- 3.3.12 λ_g —thermal conductivity of the material in the primary guard region, W/(m K) .
- 3.3.13 L —in-situ specimen thickness, m .
- 3.3.14 m —mass of the specimen in the metered section, kg .
- 3.3.15 m_i —the mass of the i th component, kg .
- 3.3.16 m_s —mass of the specimen, kg .
- 3.3.17 Q —heat flow rate in the metered section, W .

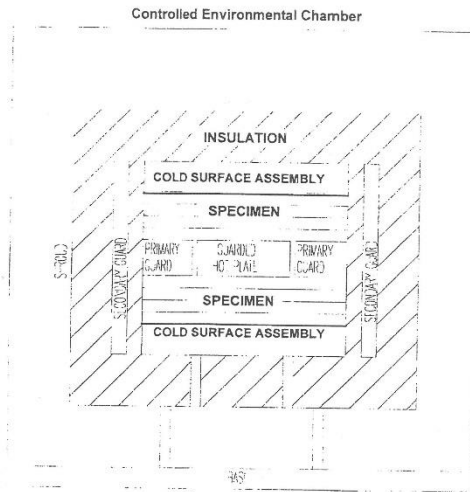


FIG. 1 General Arrangement of the Mechanical Components of the Guarded-Hot-Plate Apparatus

3.3.18 q —heat flux (heat flow rate per unit area), Q , through area, A , W/m^2 .

3.3.19 Q_{ge} —lateral edge heat flow rate between primary Guard and Controlled Environment, W .

3.3.20 Q_{gp} —lateral heat flow rate across the gap, W .

3.3.21 Q_{rsd} —guard heat flow through Specimen, W .

3.3.22 Q_{se} —edge heat flow between Specimen and Controlled Environment, W .

3.3.23 R —thermal resistance, $\text{m}^2 \text{K/W}$.

3.3.24 ΔT —temperature difference across the specimen, $T_h - T_c$.

3.3.25 T_c —cold surface temperature, K .

3.3.26 T_h —hot surface temperature, K .

3.3.27 T_m —mean temperature, K , $(T_h + T_c)/2$.

3.3.27.1 *Discussion*— The Guarded-Hot-Plate Apparatus provides a means for measurement of steady state heat flux through insulation materials, that consists of a guarded heater unit, comprised of a center metering area and concentric separately heated guards, and an opposite, similarly sized cooling plate. Specimens are placed in the space between the heater plate and the cooling plate for testing. The guarded-hot-plate is operated as a single or double sided apparatus. Insulation thermal properties are calculated from measurements of metering area, energy input, temperatures, and thickness. The guarded-hot-plate, which provides an absolute measurement of heat flux, has been shown to be applicable for most insulating materials over a wide range of temperature conditions.

4. Summary of Test Method

4.1 Fig. 1 illustrates the main components of the idealized

“Copyright American Society for Testing Materials (ASTM), 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA -USA. Documento autorizado realizado por INDECOPI con licencia de ASTM”.

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Wed Mar 5 13:21:27 EST 2014 3
Downloaded/printed by
Luz Telleria (INDECOPI) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

ASTM C177 - 13

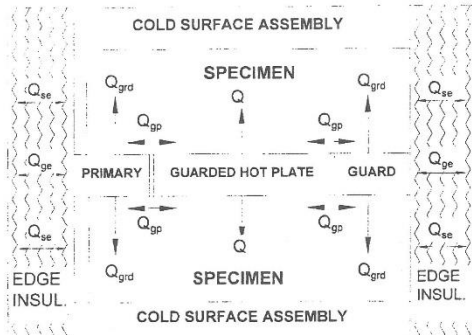


FIG. 2 Illustration of Idealized Heat Flow in a Guarded-Hot-Plate Apparatus

system: two isothermal cold surface assemblies and a guarded-hot-plate. It is possible that some apparatuses will have more than one guard. The guarded-hot-plate is composed of a metered section thermally isolated from a concentric primary guard by a definite separation or gap. Some apparatus may have more than one guard. The test specimen is sandwiched between these three units as shown in Fig. 1. In the double-sided mode of measurement, the specimen is actually composed of two pieces. The measurement in this case produces a result that is the average of the two pieces and therefore it is important that the two pieces be closely identical. For guidance in the use of the one-sided mode of measurement, the user is directed to Practice C1044. For guidance in the use of a guarded-hot-plate incorporating the use of a line source heater, refer to Practice C1043.

4.1.1 The guarded-hot-plate provides the power (heat flow per unit time) for the measurement and defines the actual test volume, that is, that portion of the specimen that is actually being measured. The function of the primary guard, and additional coplanar guard where applicable, of the guarded-hot-plate apparatus is to provide the proper thermal conditions within the test volume to reduce lateral heat flow within the apparatus. The proper (idealized) conditions are illustrated in Fig. 1 by the configuration of the isothermal surfaces and lines of constant heat flux within the specimen.

4.1.2 Deviations from the idealized configuration are caused by: specimen inhomogeneities, temperature differences between the metered section and the guard (gap imbalance), and temperature differences between the outer edge of the assembly and the surrounding controlled environment (edge imbalance). These experimental realities lead to heat flow measurements that are too small or too large because the power supplied to the metered section is not exactly equal to that which flows through the specimen in the metered section. The resulting qualitative heat flows are depicted in Fig. 2.

4.2 The three heating/cooling assemblies are designed to create isothermal surfaces on the faces of the specimens within the metered section. The two surfaces designated as the cold surface assemblies are adjusted to the same temperature for the

double-sided mode of operation. In practice, because the plates and specimens are of finite dimensions, and because the external controlled environment is often at a temperature different from the edge of the metered section, some lateral heat flow occurs. The primary guard for the guarded hot plate limits the magnitude of the lateral heat flow in the metered section. The effectiveness of the primary guard is determined, in part, by the ratio of its lateral dimension to that of the metered section and to the specimen thickness (6,7,8,20,31).

4.3 Compliance with this test method requires: the establishment of steady-state conditions, and the measurement of the unidirectional heat flow Q in the metered section, the metered section area A , the temperature gradient across the specimen, in terms of the temperature T_h of the hot surface and the temperature T_c of the cold surface, (or equivalently, the temperature T between the two surfaces), the thickness L_1 and L_2 of each specimen, and guard balance between the metered section and primary guard.

5. Significance and Use

5.1 This test method covers the measurement of heat flux and associated test conditions for flat specimens. The guarded-hot-plate apparatus is generally used to measure steady-state heat flux through materials having a "low" thermal conductivity and commonly denoted as "thermal insulators." Acceptable measurement accuracy requires a specimen geometry with a large ratio of area to thickness.

5.2 Two specimens are selected with their thickness, areas, and densities as identical as possible, and one specimen is placed on each side of the guarded-hot-plate. The faces of the specimens opposite the guarded-hot-plate and primary guard are placed in contact with the surfaces of the cold surface assemblies.

5.3 Steady-state heat transmission through thermal insulators is not easily measured, even at room temperature. This is due to the fact heat transmission through a specimen occurs by any or all of three separate modes of heat transfer (radiation, conduction, and convection). It is possible that any inhomogeneity or anisotropy in the specimen will require special experimental precautions to measure that flow of heat. In some cases it is possible that hours or even days will be required to achieve the thermal steady-state. No guarding system can be constructed to force the metered heat to pass only through the test area of insulation specimen being measured. It is possible that moisture content within the material will cause transient behavior. It is also possible that and physical or chemical change in the material with time or environmental condition will permanently alter the specimen.

5.4 Application of this test method on different test insulations requires that the designer make choices in the design selection of materials of construction and measurement and control systems. Thus it is possible that there will be different designs for the guarded-hot-plate apparatus when used at ambient versus cryogenic or high temperatures. Test thickness, temperature range, temperature difference range, ambient conditions and other system parameters must also be selected during the design phase. Annex A1 is referenced to the user,

Copyright by ASTM Intl (all rights reserved); Wed Mar 5 13:21:27 EST 2014
 Downloaded/printed by
 Luz Telleria (INDECOPI) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

which addresses such issues as limitations of the apparatus, thickness measurement considerations and measurement uncertainties, all of which must be considered in the design and operation of the apparatus.

5.5 Apparatus constructed and operated in accordance with this test method should be capable of accurate measurements for its design range of application. Since this test method is applicable to a wide range of specimen characteristics, test conditions, and apparatus design, it is impractical to give an all-inclusive statement of precision and bias for the test method. Analysis of the specific apparatus used is required to specify a precision and bias for the reported results. For this reason, conformance with the test method requires that the user must estimate and report the uncertainty of the results under the reported test conditions.

5.6 Qualification of a new apparatus. When a new or modified design is developed, tests shall be conducted on at least two materials of known thermal stability and having verified or calibrated properties traceable to a national standards laboratory. Tests shall be conducted for at least two sets of temperature conditions that cover the operating range for the apparatus. If the differences between the test results and the national standards laboratory characterization are determined to be significant, then the source of the error shall, if possible, be identified. Only after successful comparison with the certified samples, can the apparatus claim conformance with this test method. It is recommended that checks be continued on a periodic basis to confirm continued conformance of the apparatus.

5.7 The thermal transmission properties of a specimen of material have the potential to be affected due to the following factors: (a) composition of the material (b) moisture or other environmental conditions (c) time or temperature exposure (d) thickness (e) temperature difference across the specimen (f) mean temperature. It must be recognized, therefore, that the selection of a representative value of thermal transmission properties for a material must be based upon a consideration of these factors and an adequate amount of test information.

5.8 Since both heat flux and its uncertainty may be dependent upon environmental and apparatus test conditions, as well as intrinsic characteristics of the specimen, the report for this test method shall include a thorough description of the specimen and of the test conditions.

5.9 The results of comparative test methods such as Test Method C518 depend on the quality of the heat flux reference standards. The apparatus in this test method is one of the absolute methods used for generation of the reference standards. The accuracy of any comparative method can be no better than that of the referenced procedure. While it is possible that the precision of a comparative method such as Test Method C518 will be comparable with that of this test method, Test Method C518 cannot be more accurate. In cases of dispute, this test method is the recommended procedure.

6. Apparatus

6.1 A general arrangement of the mechanical components of such a guarded-hot-plate apparatus is illustrated in Fig. 1. This

consists of a hot surface assembly comprised of a metered section and a primary guard, two cold surface assemblies, and secondary guarding in the form of edge insulation, a temperature-controlled secondary guard(s), and often an environmental chamber. Some of the components illustrated in Fig. 1 are omitted in systems designed for ambient conditions, although a controlled laboratory environment is still required; edge insulation and the secondary guard are typically used only at temperatures that are more than $\pm 10^\circ\text{C}$ from ambient. At ambient conditions, the environmental chamber is recommended to help eliminate the effects of air movement within the laboratory and to help ensure that a dry environment is maintained.

6.1.1 The purpose of the hot surface assembly is to produce a steady-state, one-dimensional heat flux through the specimens. The purpose of the edge insulation, secondary guard, and environmental chamber is to restrict heat losses from the outer edge of the primary guard. The cold surface assemblies are isothermal heat sinks for removing the energy generated by the heating units; the cold surface assemblies are adjusted so they are at the same temperature.

6.2 *Design Criteria*—Establish specifications for the following specifications prior to the design. Various parameters influence the design of the apparatus and shall be considered throughout the design process, maximum specimen thickness; range of specimen thermal conductances; range of hot surface and cold surface temperatures; characteristics of the specimens (that is, rigidity, density, hardness); orientation of the apparatus (vertical or horizontal heat flow); and required accuracy.

6.3 *Hot Surface Assembly*—The hot surface assembly consists of a central metered section and a primary guard. The metered section consists of a metered section heater sandwiched between metered section surface plates. The primary guard is comprised of one or more guard heaters sandwiched between primary guard surface plates. The metered section and primary guard shall be thermally isolated from each other by means of a physical space or gap located between the sections. The hot surface assembly using a line-heat-source is covered in Practice C1043.

NOTE 1—The primary guard, in some cases, is further divided into two concentric sections (double guard) with a gap separator to improve the guard effectiveness.

6.3.1 *Requirements*—The hot surface assembly shall be designed and constructed to satisfy the following minimum requirements during operation.

6.3.1.1 The maximum departure from a plane for any surface plate shall not exceed 0.025 % of the linear dimension of the metered section during operation.

NOTE 2—Planeness of the surface can be checked with a metal straightedge held against the surface and viewed at grazing incidence with a light source behind the straightedge. Departures as small as 2.5 μm are readily visible, and large departures can be measured using shim-stock, thickness gages or thin paper.

6.3.1.2 The average temperature difference between the metered section surface plate and the primary guard surface plate shall not exceed 0.2 K. In addition, the temperature

 C177 - 13

difference across any surface plate in the lateral direction shall be less than 2 % of the temperature difference imposed across the specimen.

NOTE 3—When qualifying the apparatus, additional temperature sensors shall be applied to the surface plates of the metered section and primary guards that verify that the requirements of 6.3.1.2 are satisfied.

6.3.1.3 The surfaces of the metered and primary guard surface plates that are in contact with the test specimen shall be treated to maintain a total hemispherical emittance greater than 0.8 over the entire range of operating conditions.

NOTE 4—At high temperatures the importance of high emittance of the surfaces adjacent to the specimens cannot be stressed too strongly since radiative heat transfer predominates in many materials as the temperature increases.

6.3.1.4 The metered section and primary guard surface plates shall remain planar during the operation of the apparatus. See 6.3.1.1.

6.3.2 *Materials*—The materials used in the construction of the hot surface assembly shall be carefully chosen after considering the following material property criteria.

6.3.2.1 *Temperature Stability*—Materials are selected for the heaters and surface plates that are dimensionally and chemically stable and suitably strong to withstand warpage and distortion when a clamping force is applied. For modest temperatures, electric resistance heaters embedded in silicone have been successfully employed; at higher temperatures, heating elements sandwiched between mica sheets or inserted into a ceramic core have been used. Surface plates for hot surface assemblies used at modest temperatures have been fabricated from copper and aluminum. High purity nickel alloys have been used for higher temperature applications.

6.3.2.2 *Thermal Conductivity*—To reduce the lateral temperature differences across the metered and primary guard surface plates, fabricate these plates from materials that possess a high thermal conductivity for the temperature and environmental conditions of operation. Copper and aluminum are excellent choices for modest temperature applications; at higher temperatures consider using nickel, high purity alumina or aluminum nitride. These are examples of materials used and the operator must fully understand the thermal conductivity versus temperature dependency of the materials selected.

6.3.2.3 *Emittance*—To obtain a uniform and durable high surface emittance in the desired range, select a surface plate material or suitable surface treatment, or both. For modest temperature applications, high emittance paints may be employed. Aluminum can be anodized to provide the necessary high emittance. For high temperature applications, most ceramics will inherently satisfy this requirement while nickel surface plates can be treated with an oxide coating.

6.3.2.4 *Temperature Uniformity*—Select a heating element design that will supply the necessary heat flux density for the range of specimen thermal conductances to be investigated. The design of the heating element shall also consider the heat flux distribution of the surface of the heating element. Most apparatus incorporate the use of a distributed electric resistance heating element dispersed uniformly across the metered section and the primary guard. The surface plates and heating elements shall be clamped or bolted together in a uniform manner such

that the temperature difference requirements specified in 6.3.1.2 are satisfied. Bolting the composite constructions together has been found satisfactory.

6.3.2.5 The insertion of insulating sheets between the heating elements and surface plates (that is, to mount a gap temperature imbalance detector) is allowed. To satisfy the requirements of 6.3.1.2, similar sheets shall be mounted between the heating element and the opposing surface plate.

6.3.2.6 *Hot Surface Assembly Size*—Design criteria established in 6.2 will determine the size of the apparatus. The size of the metered section shall be large enough so that the amount of specimen material in contact with the metered section (and therefore being measured) can be considered representative of the material being tested.

6.3.2.7 After determining the maximum specimen thickness that will be tested by this design, refer to Adjunct, Table of Theoretical Maximum Thickness of Specimens and Associated Errors, regarding associated errors attributable to combinations of metered section size, primary guard width, and specimen thickness.

NOTE 5—Typically the width of the primary guard equal to approximately one-half of the linear dimension of the metered section has been found to reduce edge heat loss to acceptable levels.

6.3.2.8 *Heat Capacitance*—The heat capacity of the hot surface assembly will impact the time required to achieve thermal equilibrium. Selecting materials with a low specific heat will increase the responsiveness of the apparatus. The thickness of the surface plates needs to be carefully considered; thick plates assist in reducing lateral temperature distributions but reduce responsiveness. A balance between these requirements is needed.

6.4 *The Gap*—The metered section and the primary guard shall be physically separated by a gap. The gap provides a lateral thermal resistance between these sections of the hot surface assembly. The area of the gap in the plane of the surface plates shall not be more than 5 % of the metered section area.

6.4.1 The heater windings from the metered section and primary guard heating elements shall be designed to create a uniform temperature along the gap perimeter.

6.4.2 The metered section area shall be determined by measurements to the center of the gap that surrounds this area, unless detailed calculations or tests are used to define this area more precisely.

6.4.3 Any connections between the metered section and the primary guard shall be designed to minimize heat flow across the gap. If a mechanical means is used to satisfy the requirements of 6.3.1.4, these connections shall be fabricated with materials having a high thermal resistance. Instrumentation or heater leads that cross the gap should be fabricated with fine-gage wire and traverse the gap at an oblique angle.

6.4.4 The gap may be filled with a fibrous insulation. Packing the gap with this insulation has been found to maintain the metered section and primary guard surface plates planar. An additional benefit of this practice for high temperature applications is that the densely packed insulation reduces the amount of heat conducted across the gap spacing.

6.5 *Cold Surface Assembly*—The cold surface assembly consists of a single temperature controlled section and is comprised of a cold surface heater sandwiched between cold surface plates and a heat sink. It is recommended that the size of the cold surface assembly be identical to the hot surface assembly, including the primary guard. It is acceptable to construct cold surface assemblies with a gap where operation of the apparatus is susceptible to edge loss effects. This design is the ideal design, however, this assembly has traditionally been constructed without a gap with great success.

NOTE 6—The temperature of the cold surface assembly may be maintained through the use of a temperature-controlled bath; in this instance, there is no need to install a cold surface heater. Care must be taken in this instance; the flow rate of the bath must be sufficient to satisfy the temperature uniformity requirements specified in 6.3.1.2 and 6.5.1.

6.5.1 *Requirements*—The cold surface assemblies shall be designed and constructed to satisfy all of the requirements of 6.3.1 except that, since only one surface plate of each cold surface assembly is in contact with the test specimens, the requirement that specifies the temperature difference between the surface plates shall not apply.

6.5.2 *Materials*—The criteria to select materials that will be used in the construction of the cold surface assemblies are identical to the hot surface assembly and are listed in 6.3.2.

6.5.3 *High Temperature Operation*—When the cold surface assemblies will be operated at high temperatures, it is acceptable to insert several thin sheets of insulation between the heat sink and cold surface heater. The addition of these insulation sheets will reduce the energy requirements to the cold surface heater and extend service life.

6.6 *Additional Edge Loss Protection*—Deviation from one-dimensional heat flow in the test specimen is due to non-adiabatic conditions at the edges of the hot surface assembly and the specimens. This deviation is greatly increased when the apparatus is used at temperatures other than ambient. When the guarded-hot-plate apparatus is operated at temperatures that deviate from ambient by more than 10°C, the apparatus shall be outfitted with additional components to reduce edge losses. These components are described in the following sections and shall be used if edge losses cannot be minimized.

NOTE 7—Another means of assessing whether edge insulation is required is to attach a temperature sensor to the mid-height of the exterior edge of the specimen. Sufficient edge insulation is present if the edge temperature, T_e , satisfies the following requirement.

$$(T_e - T_m)/\Delta T < 0.05 \quad (1)$$

6.6.1 *Secondary Guard*—To reduce heat exchange between the edges of the guarded-hot-plate and the environment, the guarded-hot-plate shall be outfitted with a co-axial temperature-controlled container referred to as the secondary guard. The secondary guard will be employed to adjust the ambient temperature to approximate the mean temperature of the test specimen.

6.6.1.1 *Size*—The secondary guard should have an inner dimension that is at least twice the dimension of the hot surface heater and the height should be equal to the thickness of the hot surface heater plus twice the thickness of the thickest specimen that will be tested.

6.6.1.2 *Materials*—The materials used in the construction of the secondary guard are not as critical as those selected for the hot and cold surface assemblies. However, the materials used in the design of the secondary guard shall be selected so that they are thermally stable over the intended temperature range, the heating element shall be capable of producing the necessary heat flux density to adjust the ambient temperature, and a means of cooling the secondary guard is required if the apparatus is intended for use at temperatures below the laboratory ambient. The use of high thermal conductivity metals is recommended for the construction since the secondary guard should be isothermal.

NOTE 8—Successful secondary guard designs consist of a sheathed heater wire or cable wrapped around an adequately-sized metal tube and pressed against the metal tube with another sheet of metal. For low-temperature operation, a cooling coil has been wrapped around the exterior surface of the secondary guard.

6.6.1.3 *Location*—The secondary guard shall be positioned around the hot surface assembly such that a uniform spacing is created between the components. The height of the secondary guard shall be adjusted such that the mid-height of the secondary guard is aligned with the center of the hot surface assembly thickness.

6.6.2 *Edge Insulation*—The interspace between the hot and cold surface assemblies, specimens and the secondary guard shall be filled with an insulating material. Due to the complex shapes of this interspace, a powder or fibrous insulation is recommended.

6.6.2.1 The selection of an edge insulation material will depend on the test conditions. Vermiculite is easy to use but should not be employed at temperatures above 540°C because its thermal conductivity increases dramatically with temperature.

NOTE 9—Avoid the use of vermiculite when the guarded-hot-plate is used to evaluate specimens in different gaseous environments; vermiculite is extremely hygroscopic and the system is difficult to evacuate when it is used.

NOTE 10—Care shall be taken to ensure that there are no voids, pockets, or other extraneous sources of radiative heat transfer occurring at or near the guarded-hot-plate.

6.6.3 *Enclosure*—The guarded-hot-plate shall be placed inside an enclosure when the apparatus is used in to maintain a gaseous environment that is different than the laboratory ambient.

6.6.3.1 For low-temperature operation, a dry gas environment shall be used to prevent condensation from occurring on the cold surface assemblies and specimens.

6.6.3.2 For high temperature operation, it will often be desirable to protect the apparatus from severe degradation by using a non-oxidizing gas.

6.6.3.3 The enclosure can also be used for substituting different gaseous environments and control of the ambient pressure.

6.7 *Clamping Force*—A means shall be provided for imposing a reproducible constant clamping force on the guarded-hot-plate to promote good thermal contact between the hot and cold surface assemblies and the specimens and to maintain accurate spacing between the hot and cold surface assemblies. It is

unlikely that a force greater than 2.5 kPa will be required for the majority of insulating materials. In the case of compressible materials, a constant pressure arrangement is not needed and it is possible that spacers between the plates will be necessary to maintain constant thickness.

6.7.1 A steady force, that will thrust the cold surface assemblies toward each other can be imposed by using constant-force springs or an equivalent method.

6.7.2 For compressible specimens, spacers are required if the test thickness can not be measured by other means. The spacers shall be small in cross-section and located near the exterior perimeter of the primary guard. Avoid placing spacers on surfaces where underlying sensors are being used to measure plate conditions.

NOTE 11—Because of the changes of specimen thickness possible as a result of temperature exposure, or compression by the plates, it is recommended that, when possible, specimen thickness be measured in the apparatus at the existing test temperature and compression conditions. Gaging points, or measuring studs along the outer perimeter of the cold surface assemblies, will serve for these measurements. The effective combined specimen thickness is determined by the average difference in the distance between the gaging points when the specimen is in place in the apparatus and when it is not in place.

6.8 Temperature Measurements:

6.8.1 *Imbalance Detectors*—A suitable means shall be provided to detect the average temperature imbalance between surface plates of the metering section and the primary guard.

6.8.1.1 *Sensors*—The gap region shall be instrumented with temperature sensors to monitor and control the average temperature imbalance across the gap. Fine-gage thermocouples connected as thermopiles are often used for this purpose, although other temperature control sensors, such as thermistors, have been used. Highly alloyed thermocouples, rather than pure metals, should be used to maximize the thermal resistance across the gap. Because of nonuniform heat flux within the surface plates, temperature imbalance is not always constant along the gap perimeter. It has been found that with proper design the thermal conductance of the wires crossing the gap can be made relatively small and, therefore, a large number of thermocouples can be used to increase the gap imbalance sensitivity. It is not uncommon to use ten or more sensing elements.

6.8.1.2 *Sensitivity*—The detection system shall be sufficiently sensitive to ensure that variation in measured properties due to gap temperature imbalance shall be restricted to not more than 0.5 % of the metered section power, as determined experimentally or analytically.

NOTE 12—The sensitivity of many temperature sensors is reduced drastically at temperatures below the laboratory ambient. Particular care must be used in designing thermopile measurement systems to operate under these conditions.

6.8.1.3 *Location*—When using only a minimum number of sensing elements along the gap, the most representative positions to detect the average balance for a square plate are those at a distance from the corners equal to one-fourth of the side of the metering area. The corners and the axes should be avoided. For a round plate, the sensors should be spaced equally around the gap.

6.8.1.4 Electrically isolated gap imbalance sensors should be placed on both surface plates of the guarded heating unit to average the imbalance on both faces of the heating unit.

6.8.1.5 Thermal junctions or other sensitive elements should each be located in similar areas of the hot surface assembly. It is suggested that all junctions should be located at points directly adjacent to the centers of the areas between heater windings. Any leads crossing the gap should be thermally anchored to the primary guard to provide a heat sink from external thermal variations. In some instances it may be desirable to provide a heat sink for these leads outside the primary guard to minimize any radial heat flow.

6.8.2 *Temperature Sensors*—Methods possessing adequate accuracy, such as thermistors, thermocouples, diodes and precision resistance thermometers may be used for the measurement of temperatures in the apparatus. Thermocouples are the most widely used detector due to their wide range of applicability and accuracy. The goal is to measure the temperature gradient within the specimen, and the method chosen (sensors mounted on the specimen surface, in grooves, or between interior layers) should be that which yields the highest accuracy in the measurement of the temperature gradient. A discussion of these alternatives is provided in 6.8.2.3 and 6.8.2.4.

6.8.2.1 *Use of Thermocouples*—Precautions should be used to minimize spurious voltages in temperature control and measuring circuits. Spurious voltages, due to wire inhomogeneities, generally increase as the temperature gradients within the measuring leads increase. For the same reason, junctions between dissimilar metal leads should not be made in the regions of appreciable temperature gradients. Low thermal emf switches should be used in the temperature measurement circuits. An insulated, isothermal box of heavy sheet metal can be used when joining leads of dissimilar metals in the thermocouple circuit. It is recommended that all connections of thermocouple wire to copper wire be accomplished within the isothermal box in order that the junctions are at the same temperature; then the copper, not the thermocouple, leads are connected to the needed switching devices and/or voltmeters.

6.8.2.2 *Accuracy*—Thermocouples whose outputs are used to calculate thermal transmission properties shall be fabricated from either calibrated thermocouple wire or wire that has been certified by the supplier, and shall have a standard limit of error equal to or less than the specifications of Tables E230. The resulting error in temperature differences due to distortion of the heat flow around the sensor, to sensor drift, and other sensor characteristics shall be less than 1 %.

6.8.2.3 *Methods of Attachment*—The surface temperatures of the specimens are most often measured by means of permanently mounted thermocouples placed in grooves cut into the surface plates. Precautions shall be taken to ensure that the thermocouple is thermally anchored to the surface being measured. This method of instrumentation is employed when the contact resistance between the specimen and the surface plates is a small fraction of the specimen thermal resistance. The hot- and cold-surface assembly plate sensors on each side are sometimes connected differentially. Thermocouples mounted in this manner shall be made of wire not larger than