

INFORME DE TESIS - FSGA

por Fernando Saldaña Gil Arroyo

Fecha de entrega: 29-sep-2023 12:14p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2180721019

Nombre del archivo: ASCO_DOMICILIARIA_PARA_FACILITAR_LA_EVACUACION_DURANTE_SISM.docx (1.73M)

Total de palabras: 9265

Total de caracteres: 51092

³
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO
BENEDICTO XVI
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



DISEÑO DEL PERFIL DE UNA PUERTA ANTIATASCO
DOMICILIARIA PARA FACILITAR LA EVACUACIÓN DURANTE
EVENTOS NO DESEADOS

¹
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL

AUTOR

Br. Fernando Saldaña Gil Arroyo

¹
ASESOR

Mg. Ing. Silvia Orihuela Milla

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Seguridad, salud ocupacional y medio ambiente

³
TRUJILLO-PERÚ

2023

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Monseñor Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.

Fundador y Gran Canciller de la UCT Benedicto XVI

Dr. Luis Orlando Miranda Díaz

Rector

Dra. Mariana Geraldine Silva Balarezo

Vicerrectora Académica

Dra. Ena Obando Peralta

Vicerrectora de Investigación

Mg. Ing. Breitner Guillermo Díaz Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

R.P. Mg. Ricardo Exequiel Angulo Bazauri

Gerente de Desarrollo Institucional

CPC. Alejandro Carlos García Flores

Gerente de Administración y Finanzas

Dra. Teresa Sofía Reátegui Marín

Secretaria General

1

Mg. Renato Sebastián Palomino Asenjo

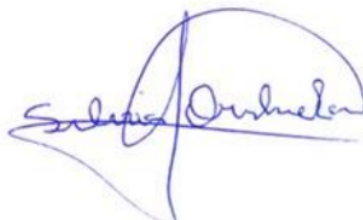
Director de Responsabilidad Social Universitaria

1
CONFORMIDAD DEL ASESOR

Yo Silvia Mary Orihuela Milla con DNI N° 18087585, como asesora de la tesis de investigación “DISEÑO DEL PERFIL DE UNA PUERTA ANTI ATASCO DOMICILIARIA PARA FACILITAR LA EVACUACIÓN DURANTE EVENTOS NO DESEADOS” desarrollada por el bachiller Fernando Saldaña Gil Arroyo con DNI N° 70901749 respectivamente, egresado del Programa Profesional de Ingeniería Ambiental.

Considero que dicho trabajo de titulación reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de ingeniería y Arquitectura.

Por tanto, autorizo la presentación de este informe ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.



Mg. Ing. Silvia Mary Orihuela Milla

ORCID 0000-0002-8827-4270

<https://orcid.org/0000-0002-8827-4270>

ASESORA

DEDICATORIA

Dedicado a todas las personas que me presionaron hasta el final para poder terminar esta tesis y titularme; mi esposa, mis padres, mi hermano, mis familiares, mis maestros y mi amigo que me asesoró con el análisis matemático.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Fernando Saldaña Gil Arroyo ³ con DNI 70901749, egresado del Programa de Estudios de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, doy fe que he seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos emanados por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, para la elaboración y sustentación del informe de tesis titulado: “DISEÑO DEL PERFIL DE UNA PUERTA ANTI ATASCO DOMICILIARIA PARA FACILITAR LA EVACUACIÓN DURANTE EVENTOS NO DESEADOS”, ¹ el cual consta de un total de 46 páginas, en las que se incluye 6 tablas y 16 figuras, más un total de 2 páginas de anexos.

Dejo constancia de la originalidad y autenticidad de la mencionada investigación y declaro bajo juramento en razón a los requerimientos éticos, que el contenido de dicho documento, corresponde a mi autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizo que los fundamentos teóricos están respaldados por el referencial bibliográfico, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual es de mi entera responsabilidad.

Se declara también que el porcentaje de similitud o coincidencia es de 19%, el cual es aceptado por la Universidad Católica de Trujillo.

El autor



Fernando Saldaña Gil Arroyo

DNI 70901749

Diseño de una puerta antiatasco

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Catolica de Trujillo Trabajo del estudiante	3%
4	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	1%
6	idoc.pub Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Submitted on 1686218682141 Trabajo del estudiante	<1%
8	doku.pub Fuente de Internet	<1%
9	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%

	Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
25	lib.pusan.ac.kr Fuente de Internet	<1 %
26	www.ldnews.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

ÍNDICE

1	Página de autoridades universitarias.....	II
	Página de conformidad del asesor.....	III
	Dedicatoria.....	IV
	Declaratoria de autenticidad.....	V
	Localidad.....	VI
	Índice.....	VII
	RESUMEN.....	VIII
	ABSTRACT.....	IX
	I. INTRODUCCION	I
	II. METODOLOGIA	7
	2.1 Objeto de estudio.....	7
	2.2 Instrumentos, técnicas, equipos de laboratorio de recojo de datos.....	12
	2.3 Análisis de la información.....	20
	2.4 Aspectos éticos en investigación	22
	III. RESULTADOS	21
	IV. DISCUSIÓN	26
	V. CONCLUSIONES	28
	VI. RECOMENDACIONES	29
	VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
	ANEXOS	34
	Anexo 1: Tablas de datos.....	35
	Anexo 2: Operacionalización de Variables	36
	Anexo 3: Matriz de consistencia.....	37

RESUMEN

En la presente investigación se aborda el diseño del perfil de una puerta anti atasco domiciliaria para facilitar la evacuación durante eventos no deseados. Se enfocó en la identificación del ángulo óptimo del perfil de la puerta a razón del material más adecuado, para facilitar su apertura durante un evento indeseado, y así evaluar la facilidad de apertura de los diferentes diseños de perfil de puerta en función de la carga recibida.

Se recolectaron datos cuantitativos a través de fórmulas y pruebas experimentales físicas y virtuales. Los datos incluyeron información sobre los materiales utilizados en el perfil de la puerta, los valores de coeficiente de rozamiento, los ángulos de diseño del perfil de la puerta, los resultados de las pruebas experimentales de facilidad de apertura, y los valores óptimos hallados para la prevención del atasco durante un evento indeseado en función a la carga que se le asigne soportar.

Las variables del estudio fueron el diseño del perfil de la puerta y la facilidad de apertura. Se analizaron diferentes diseños de perfil de puerta variando materiales, coeficientes de rozamiento y ángulos de diseño, y se evaluó su capacidad para prevenir el atasco durante un evento indeseado y su facilidad de apertura.

Se demostró usando modelo matemático y se realizaron pruebas experimentales para la recolección de datos. Las pruebas incluyeron la determinación de los materiales utilizados en función a sus coeficientes de rozamiento y la evaluación de la facilidad de apertura de los diferentes diseños de perfil de puerta, ¹⁷ y la comparación de los resultados obtenidos para determinar el diseño óptimo.

ABSTRACT

This research focuses on designing the profile of a residential anti-jamming door to facilitate evacuation during earthquakes. The main objective was to identify the optimal angle for the door profile, considering the most suitable material, in order to facilitate its opening during an earthquake. The study aimed to evaluate the ease of opening different door profile designs based on the load received.

Quantitative data was collected through formulas and physical and virtual experimental tests. The data included information on the materials used in the door profile, coefficients of friction values, design angles of the door profile, experimental test results regarding ease of opening, and the optimal values found to prevent jamming during an earthquake based on the assigned load.

The variables of the study were the door profile design and ease of opening. Different door profile designs were analyzed, varying materials, coefficients of friction, and design angles. Their ability to prevent jamming during an earthquake and their ease of opening were evaluated.

The data collection involved theoretical and physical as well as virtual experimental tests using simulators. The tests included determining the materials used based on their coefficients of friction, evaluating the ease of opening for different door profile designs, and comparing the results obtained to determine the optimal design.

I. INTRODUCCION

La seguridad es un derecho fundamental y una preocupación constante para ¹⁵ todas las personas. En situaciones de emergencia, la rapidez y eficacia en la evacuación de una instalación pueden marcar ²⁸ la diferencia entre la vida y la muerte. Por esta razón, el diseño de elementos de seguridad en edificaciones es crucial.

En el Perú, el diseño de los espacios destinados para ser centros comerciales, hoteles, oficinas empresariales, edificios del estado, entre otros, suele ser bien planificado, debido a su deber de cumplir la normativa vigente, pero, por el otro lado, una familia que con esfuerzo ahorra para poder construir una casa, no podría pagar por un buen diseño con altos estándares y al construir no se preocupará por poner ladrillos adecuados, suficiente material, fierros de suficiente calibre, mucho menos pensar en algún diseño antisísmico, simplemente tratará de ahorrar al máximo usando materiales de baja calidad o inadecuados. (Zavala, 2018)

El 80% de construcciones en el Perú, país sísmico, son informales; la gente autoconstruye con el material más barato, usando ladrillos tubulares, aun sin siquiera representar una gran diferencia en el presupuesto, sin saber que cuando suceda un sismo fuerte, su vivienda no va a resistir. (García Bedoya, 2018)

Se puede destacar que los sismos son un fenómeno natural que pueden causar daños significativos en las edificaciones y ³⁷ poner en riesgo la seguridad de las personas que habitan en ellas (Pérez-Gavilán et al, 2018) (Yang et al, 2021). Por tanto, ¹⁵ la evacuación rápida y segura de las personas puede ser un factor crítico para reducir el número de víctimas durante un sismo (Sergio de Régules, 2016) (Organización Panamericana de la Salud). En este sentido, las puertas de acceso pueden ser un punto crítico en la evacuación, ya que pueden atascarse o bloquearse debido a los impactos o deformaciones causados por el sismo (González Torres, 2010)

Con estos datos se puede deducir entonces que si ocurre un sismo o algún desastre que ponga en riesgo la vivienda, la edificación y los elementos que la conforman no estarán del todo preparados para poder afrontarlo y soportar del todo estos desastres; sismos como ¹⁸ Arequipa (1958-1960), Lima (1966), Chimbote y Callejón de Huaylas (1970), Lima (1974), Arequipa (2001), Ucayali (2002), Lamas (2005), Pisco (2007), Pucallpa (2008), Ica (2011), Ucayali (2015), Lomas (2018), Loreto (2019) con magnitudes entre 5 y 8 han provocado miles de muertos y de volver a repetirse, nuevamente afectarían gravemente a las construcciones, debilitando sus estructuras y provocando que estas se desestabilicen y colapsen sobre sí mismas (Laucata Luna, 2013) (Santos Quispe, 2019) (Arias Tiellasuca & Vargas Charapaqui, 2018) (Carhuanira Herrera, 2021) (López Ramírez, 2020) (Andrés Sánchez, 2020) (Espinoza Rubilar & Llamocca Cárdenas, 2019) (Vargas Collazos, 2019) (Arévalo Casas, 2020)(Mercado Arimburgo, 2016) (Lagos García, 2020).

En estas situaciones ⁵ de estrés, la reacción instintiva es ponerse a salvo, entonces, ⁵ dirigirse a las vías de evacuación y encontrar un acceso bloqueado frustra la reacción, multiplica el miedo y aumenta el daño psicológico y el riesgo de muerte de las personas (González Torres, 2010), por lo que la puerta, al ser la parte destinada al ingreso y salida de los habitantes (Gómez-Vizcaíno Ruiz, 2021), se convierte en un elemento esencial para la seguridad.

Si la estabilidad de la casa se viera afectada, la puerta podría bloquearse, ya que la acción de una carga sísmica, al traducirse ⁵ en esfuerzos verticales y horizontales, que actúan simultáneamente por vibración sobre la estructura, generan variaciones morfológicas del vano que soporta el marco de la puerta que, al encontrarse anclada a él, la obligaría a impactarse contra el marco, generando esfuerzos de compresión sobre la hoja y daños en toda la puerta bloqueando su libre abatimiento. (González Torres, 2010)

Se puede corroborar este comportamiento con un estudio realizado en Japón en 2019, donde se realizó una investigación que consistió en un análisis comparativo de los incendios posteriores al terremoto de Japón, de 1995 a 2017, en el cual se describe que un ejemplo de suceso común en los edificios de apartamentos de mediana altura, fue que durante los incendios, los ocupantes quedaron atrapados dentro de la vivienda porque la puerta principal

de acero, incluso clasificada como puerta contra incendios, estaba atascada debido al temblor previo.(Keisuke Himoto,2019)

Los mismos daños fueron encontrados al realizar un experimento en la Universidad de California, San Diego, con un edificio de 5 pisos a escala completa sobre una mesa de simulación de sismos, donde se halló daños de nivel “moderado” dentro del cual incluye daños en las conexiones de la fachada que requieren su reemplazo y daños en las puertas de acceso que impiden su apertura suave o completa. (Elide Pantoli,2016)

Comportamiento similar fue registrado en los edificios de Lorca, luego de su terremoto en 2011, en un estudio titulado “Comportamiento Sísmico de los Edificios de Lorca” encontraron que las puertas exteriores en las plantas a nivel de calle habían sufrido deformaciones por cargas de compresión y flexión, siendo observadas estas consecuencias en el 80% de las edificaciones de la zona afectada, dificultando la salida de los edificios por la dificultad para abrir las puertas. (Martha Carreño, 2012).

Daños registrados en otro estudio llamado: Evaluación del rendimiento sísmico de componentes no estructurales: partición de paneles de yeso; del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Konkuk, Corea y el Instituto de Investigación para la Prevención de Desastres de la Universidad de Kyoto, Japón, demuestran que hasta incluso en construcciones de drywall, material más liviano que el concreto, las puertas se deformaron después de una rotación de 0.02 radianes del panel de la puerta y quedaron atascadas, rompiéndose además las cerraduras; todo esto luego de aplicarles cargas cíclicas controladas por computadora.(Tae-Hyung Lee 2006)

En otro estudio se informa sobre los daños sísmicos en NSW, Australia (1989), En este documento, Edward L. Harkness y Mohammad A. Hassanain discuten las consecuencias de los terremotos en la región en términos de seguros de construcción. Se evidenció Daños típicos a las casas de madera, entre los cuales estuvo ventanas abatibles atascadas y marcos de las puertas torcidos, lo que provocó que las puertas se atasquen. Además daños típicos a las casas de ladrillo como marcos de puertas fuera de su lugar y puertas atascadas, además pisos desalineados que causaron que las puertas se atasquen (Edward Harkness, 2002)

Este problema no es reciente, existen diseños y patentes de puertas antisísmicas, pero ninguna comercializada en el Perú y accesible a los sectores más bajos.

El grupo chileno, Invesnova, en el 2015, creó un marco antisísmico que permite mantener las vías de escape intactas durante los sismos o terremotos al evitar que las puertas se descuadren, disipando las cargas sobre ellas; compuesto en un 70% por madera, un 20% de goma y un 10% de aluminio de modo que no genere modificaciones funcionales ni estéticas ya que tiene las mismas dimensiones del marco convencional y se instalaría de igual manera. Este marco se empezó a comercializar el año 2017 con precios desde 38.73 USD aunque actualmente la página web está inoperativa.

En el año 2019 debutó en la feria Made Expo Milano la puerta anti sísmica Quake Saber, diseñada por Luca Fallaolita en colaboración con Sara Agostini, Antonio Paris y Arturo Zizza y desde entonces se comercializa por LF System Italia, ellos afirman que muy a menudo, incluso pequeñas fallas estructurales comprimen las puertas, lo que dificulta y, a veces, imposibilita su apertura (LF System Italia, 2019). Importar una puerta de este tipo sería muy caro y solo los sectores más altos podrían permitírselo.

En 2021, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Chung Hua, en China en conjunto con otros departamentos, diseñaron un sistema inteligente de prevención de terremotos, en su estudio afirman que los terremotos fuertes pueden causar el colapso de edificios, incendios, ascensores y puertas atascadas (Wen-Hung Fan,2021).

En este contexto, la investigación sobre un diseño de una puerta anti atasco para las viviendas en el Perú resulta sumamente importante y necesario, además encaja perfectamente dentro del ²³ Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 11, establecido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), “Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles”; poniendo a las naciones en alerta debido a un problema repetitivo en las sociedades más desfavorecidas, el elevado número de muertes por la inseguridad en las viviendas. (Naciones Unidas, 2015). Perú, al ser un país participante de la ONU, está suscrito a este y a todos los ODS. Los puntos más importantes del número 11 para esta investigación son:

“11.1 De aquí a 2030, asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales.

11.5 De aquí a 2030, reducir significativamente el número de muertes causadas por los desastres, incluidos los relacionados con el agua, y de personas afectadas por ellos, y reducir considerablemente las pérdidas económicas directas provocadas por los desastres en comparación con el producto interno bruto mundial, haciendo hincapié en la protección de los pobres y las personas en situaciones de vulnerabilidad.

11.c Proporcionar apoyo a los países menos adelantados, incluso mediante asistencia financiera y técnica, para que puedan construir edificios sostenibles y resilientes utilizando materiales locales.”

Es por ello que en esta investigación se desarrolló un esquema de trabajo a fin de crear una metodología ordenada con la que se pueda diseñar el perfil de una puerta anti atasco domiciliaria para facilitar la evacuación durante eventos no deseados y que, a la vez, pueda formar parte de todo un diseño integral futuro que tome en cuenta cada característica de la puerta para hacerla segura, diseño que podrá realizar cualquier investigador partiendo de este documento.

Así mismo, aporta al conocimiento existente información detallada y metódica sobre el diseño del perfil de una puerta anti atasco domiciliaria para facilitar la evacuación durante eventos no deseados, para crear bases científicas que podrían establecer una relación causa-consecuencia, a fin de que los resultados puedan generar propuestas que se transformen en proyectos de interés general para la comunidad de Trujillo y el Perú en general.

Finalmente, el ³⁶ presente trabajo de investigación se realizó porque existe la necesidad de brindar mayor seguridad a las personas en sus hogares, permitiéndoles una fácil y segura evacuación en caso de eventos no deseados u otras situaciones de emergencia. Con ello, se espera contribuir a la reducción de riesgos y daños en los hogares en situaciones de emergencia.

En la presente investigación, se planteó como objetivo principal, diseñar el perfil de una puerta anti atasco domiciliaria para facilitar la evacuación durante eventos no deseados, así como tres objetivos secundarios.

Primer objetivo específico: identificar los materiales a usar y determinar el ángulo óptimo, en primer lugar, se realizó la identificación de los materiales a usar para el perfil de la puerta anti atasco domiciliaria y en función a su coeficiente de rozamiento, se determinó el ángulo óptimo del perfil de la puerta para facilitar su apertura durante un evento indeseado. Para ello, se llevaron a cabo operaciones matemáticas con distintos valores a fin de determinar los parámetros óptimos para la fácil apertura de la puerta según la cantidad de fuerza aplicada.

Segundo objetivo específico: elaborar un diagrama de cuerpo libre en estado de movimiento inminente que explique y compruebe matemáticamente el diseño final, elaborándose un diagrama de cuerpo libre que mostró el diseño en su estado de movimiento inminente y permitió explicar y comprobar de forma matemática el funcionamiento y resultado del diseño final.

Tercer objetivo específico: evaluar la efectividad de los diferentes diseños mediante pruebas físicas y virtuales, se evaluó la efectividad de los diferentes diseños de perfil de puerta anti atasco domiciliaria, considerando todos sus valores óptimos hallados, en términos de facilidad de apertura. Se llevaron a cabo pruebas experimentales físicas y virtuales (simuladores) con diferentes diseños del perfil de la puerta, y se evaluó su capacidad para prevenir el atasco durante un evento indeseado y su facilidad de apertura.

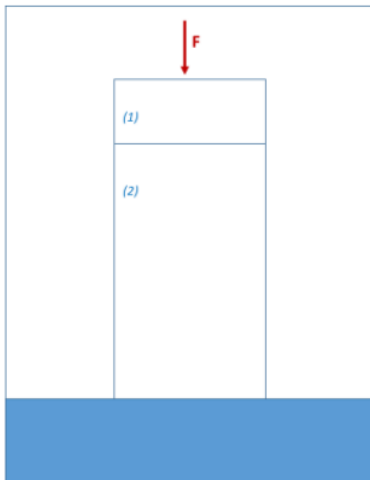
1 II. METODOLOGÍA

2.1 Objeto de estudio

La presente investigación toma como principio las leyes de Newton, específicamente, se utiliza la segunda ley de Newton, que establece que la fuerza resultante aplicada a un objeto es igual a la masa del objeto multiplicada por su aceleración. Esta ley se utiliza para analizar el movimiento de la puerta, cuando se le aplica una fuerza vertical exterior se obtiene una expresión que relaciona la fuerza resultante, la masa de la puerta y su aceleración. Además, se consideran otras fuerzas como el peso, la fuerza normal y la fuerza de fricción entre el marco (1) y la puerta (2).

Figura 1

Perfil de puerta común.



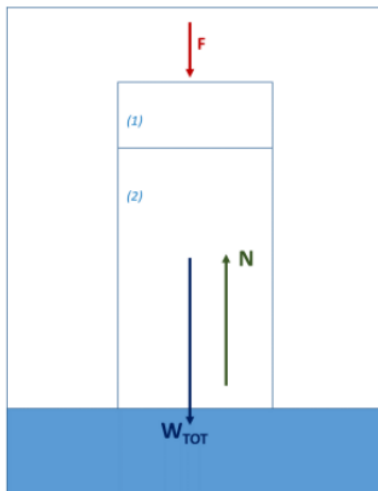
Nota: Una fuerza vertical incide en el marco superior, sin causar ningún efecto en la apertura de la puerta.

En un modelo convencional de una puerta con marco superior, al que se le aplica una fuerza vertical hacia abajo, como se muestra la Figura 1, difícilmente abandonará el estado de reposo. Esto se debe a que las únicas fuerzas que interactúan con y en el sistema están en dirección vertical. Teniendo así una

situación donde la puerta quede trabada con el marco superior por la acción de la fuerza vertical y la única forma de abandonar este estado, sería aplicando una fuerza externa horizontal sobre la puerta tal que esta supere a la fricción existente entre la puerta y el marco que incrementa con la acción de la presión vertical. Puede explicarse con un **diagrama de cuerpo libre** de la siguiente manera:

Figura 2

Diagrama de cuerpo libre de una puerta común.



Nota: La fuerza vertical se transmite verticalmente hacia abajo causando la reacción normal dando como resultado el atasco de la puerta.

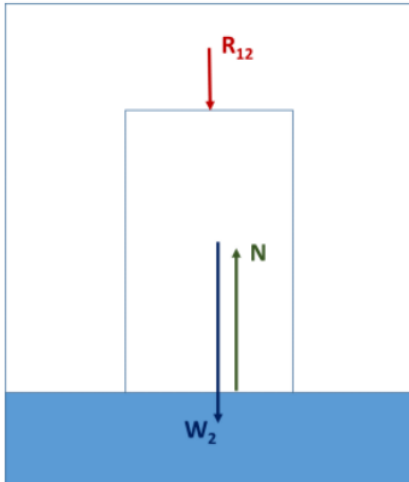
Aplicando la condición de equilibrio se tiene: $\vec{F} = \sum \vec{F}_i = 0$

$$\begin{aligned} \vec{W}_{TOT} + \vec{N} + \vec{F} &= 0 \Rightarrow (\vec{W}_1 + \vec{W}_2) + \vec{N} + \vec{F} = 0 \\ (-m_1g - m_2g)\hat{j} + N\hat{j} - F\hat{j} &= 0 \\ [-(m_1 + m_2)g + N - F]\hat{j} &= 0 \\ N &= (m_1 + m_2)g + F \end{aligned} \tag{a}$$

Ahora se realiza un **diagrama de cuerpo libre** de la puerta:

Figura 3

Condición de equilibrio de la puerta



Nota: La fuerza vertical se transmite del marco a la puerta.

Del cual, aplicando la condición de equilibrio se obtiene:

$$\begin{aligned}\vec{W}_2 + \vec{N} + \vec{R}_{12} &= 0 \\ (-m_2g)\hat{j} + N\hat{j} - R_{12}\hat{j} &= 0 \\ [-m_2g + N - R_{12}]\hat{j} &= 0 \\ N &= m_2g + R_{12}\end{aligned}\tag{b}$$

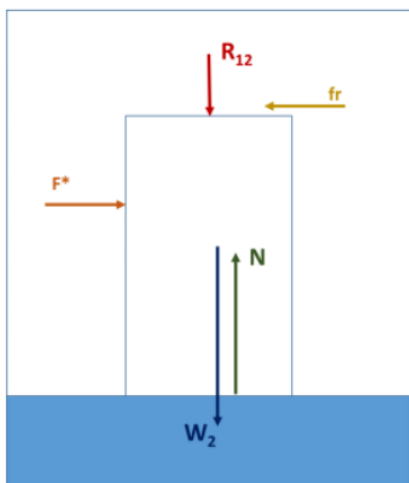
Igualando (a) en (b) se obtiene:

$$\begin{aligned}m_2g + R_{12} &= (m_1 + m_2)g + F \\ R_{12} &= m_1g + F\end{aligned}\tag{c}$$

Donde R_{12} es la reacción que genera el bloque 1 (marco) sobre el bloque 2 (puerta). Ahora al aplicar una fuerza externa hacia la derecha sobre la puerta se hace efectivo el rozamiento que existe entre el marco y la puerta y que se opone al movimiento horizontal de la misma como se aprecia en la Figura 4:

Figura 4

Análisis de esfuerzos de la puerta estándar



Nota: No existe resultante en la puerta.

Para que la puerta permanezca en reposo, la magnitud de la fuerza \vec{F}^* debe ser la misma que la fuerza de rozamiento \vec{f}_r . Sin embargo, como lo que se busca es poder mover la puerta, el módulo de la fuerza \vec{F}^* debe ser superior que el de la fuerza de rozamiento, teniendo así la condición:

$$\begin{aligned} \vec{F}^* &> f_r \\ F^* &> \mu R_{12} \end{aligned} \quad (d)$$

Reemplazando (c) en (d) se obtiene:

$$F^* > \mu(m_1g + F) \quad (e)$$

Lo cual muestra los valores posibles para poder desplazar la puerta hacia la derecha, los cuales deben superar la acción generada por la fuerza vertical aplicada y el peso del marco superior. De esto se puede concluir que una puerta convencional permanecerá en reposo absoluto a menos que se le aplique una fuerza externa horizontal que debe superar a la fricción que existe entre el marco y la puerta, la cual depende de la intensidad de la fuerza vertical aplicada y el peso del marco.

La población considerada en el estudio fue todos los diseños de perfil de puertas, la muestra tomada es el diseño de perfil de puerta en base a los cálculos realizados y el muestreo sería de tipo intencional o de conveniencia, ya que se investigará a partir de un diseño preestablecido.

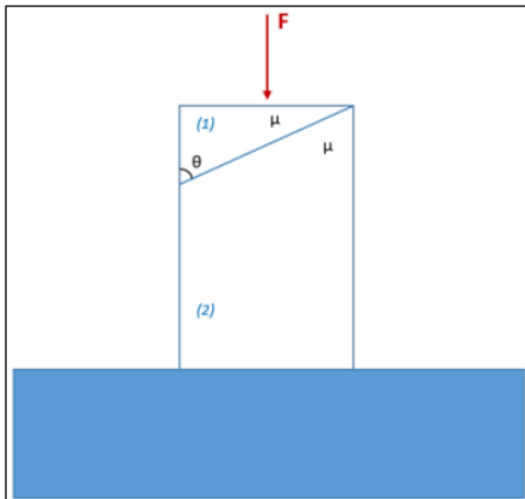
Las variables en función son dos: Diseño de perfil de puerta y Facilidad de apertura, con sus indicadores Grado sexagesimal ($^{\circ}$) y Coeficiente de rozamiento (μ) para la primera y Newton (N) para la segunda.

2.2 Instrumentos, técnicas, equipos de laboratorio de recojo de datos

Se elaboró el siguiente diagrama de cuerpo libre (DCL), mostrando el diseño de la hipótesis planteada en la Figura 5, el cual consta de una vista lateral de un marco y una puerta en acabado angular, el cual, al aplicarle una fuerza vertical, esta debería desplazarse horizontalmente en función al ángulo, al coeficiente de rozamiento del material de la puerta y a la carga recibida verticalmente. Se tiene el siguiente sistema marco-puerta:

Figura 5

Perfil de la puerta.

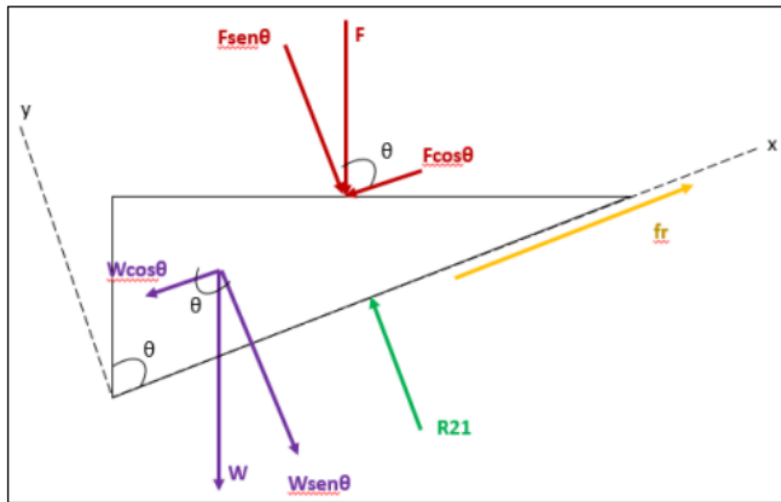


Nota: El diagrama de cuerpo libre muestra la fuerza inicial vertical sobre el marco. Donde el bloque 1 hace referencia al marco superior y el bloque 2, a la puerta.

7 Debido a la acción de la fuerza externa \vec{F} el sistema abandonará el reposo, por lo cual se analiza el sistema en un estado de movimiento inminente equivalente a un estado de equilibrio.

8 Se realiza un diagrama de cuerpo libre al bloque 1 para analizar las fuerzas que actúan en él:

Figura 6
6 Diagrama de cuerpo libre del marco



Nota: La fuerza vertical se transmite hacia el marco y esta se descompone por la inclinación.

$$\vec{F}_{res} = \sum \vec{F}_i = 0$$

Aplicando la condición de equilibrio se tiene:

$$R_{21} = (W + F) \sin \theta$$

34 Con lo cual se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{cases} f_r - W \cos \theta - F \cos \theta = 0 & (1) \\ R_{21} - W \sin \theta - F \sin \theta = 0 & (2) \end{cases}$$

De la ecuación (2) se obtiene:

$$\mu R_{21} = (W + F) \cos \theta \quad (3)$$

Y de la ecuación (1):

Recordando que el módulo de la fuerza de rozamiento \vec{f}_r se define como $f_r = \mu R$

$$\begin{aligned} \vec{R}_{21} + \vec{f}_r + \vec{F} + \vec{W} &= 0 \\ (R_{21}\hat{j}) + (f\hat{i}) + (-W \cos \theta \hat{i} - W \sin \theta \hat{j}) + (-F \cos \theta \hat{i} - F \sin \theta \hat{j}) &= 0 \quad (4) \\ (f_r - W \cos \theta - F \cos \theta)\hat{i} + (R_{21} - W \sin \theta - F \sin \theta)\hat{j} &= 0 \end{aligned}$$

donde es el coeficiente de rozamiento de la superficie de contacto y R es el módulo de la fuerza reacción de la superficie sobre el objeto.

Dicho esto, se tiene que:

$$R_{21} = (W + F) \sin \theta \quad (5)$$

Dividiendo (5) entre (3):

$$\begin{aligned} \frac{\mu R_{21}}{R_{21}} &= \frac{(W+F) \cos \theta}{(W+F) \sin \theta} \\ \mu &= \text{ctg } \theta \quad (6) \end{aligned}$$

De esta manera se obtiene el valor ³¹ del coeficiente de rozamiento para que el sistema permanezca en equilibrio, el cual llevaría a una situación en la que la puerta se llegue a trabar.

Para que dicha situación no suceda es fácil ver que:

$$\mu < \text{ctg } \theta \quad (7)$$

Tomamos la función inversa en la ecuación (7) y se obtiene:

$$\theta < \text{ctg}^{-1}(\mu) \quad (8)$$

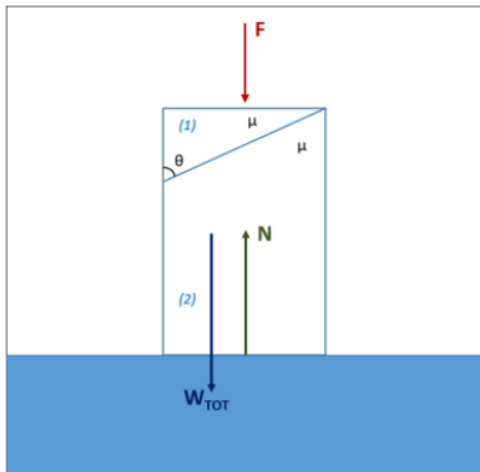
La cual nos muestra un rango de valores que tomaría el ángulo de inclinación para que el equilibrio no se cumpla y la puerta logre desplazarse sin trabarse. Cabe resaltar que el valor

del ángulo depende únicamente del coeficiente de rozamiento el cual es propio del material de fabricación del marco o la puerta.

Luego se analizó cómo la puerta debería moverse horizontalmente cuando se le realiza una fuerza vertical. Se tiene el sistema en un estado de movimiento inminente (equilibrio) como se muestra en la figura y realizamos un DCL a todo el sistema para ver las fuerzas que actúan sobre este, como se muestra en la Figura 7.

Figura 7

Análisis de fuerza vertical entre marco y puerta



Nota: La fuerza vertical se transmite de marco a puerta.

Se puede apreciar que las fuerzas que actúan sobre el sistema son el peso \vec{W}_{TOT} total (el cual viene dado por la suma de los pesos del bloque 1 y el bloque 2, es decir, el marco y la puerta), la fuerza de reacción normal \vec{N} ejercida por el piso sobre el sistema y la fuerza vertical externa, \vec{F} .

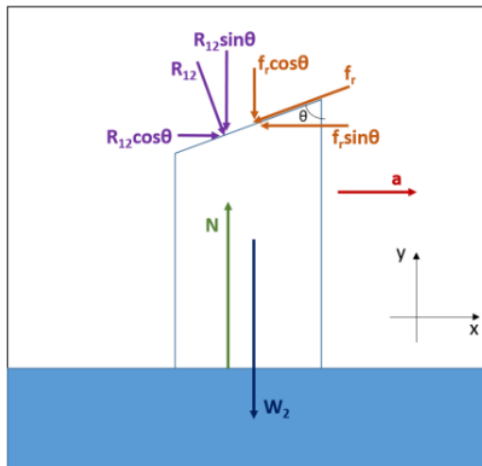
Aplicando la condición de equilibrio $\vec{F}_{res} = \sum \vec{F}_i = 0$ se tiene:

$$\begin{aligned} \vec{W}_{TOT} + \vec{N} + \vec{F} = 0 &\Rightarrow (\vec{W}_1 + \vec{W}_2) + \vec{N} + \vec{F} = 0 \\ (-m_1g - m_2g)\hat{j} + N\hat{j} - F\hat{j} = 0 \\ [-(m_1 + m_2)g + N - F]\hat{j} = 0 \\ N = (m_1 + m_2)g + F \end{aligned} \quad (9)$$

Con lo obtenido, se procede a realizar un nuevo DCL, pero esta vez solamente al bloque 2, es decir, a la puerta, tal y como se muestra en la Figura 8.

Figura 8

Análisis de cuerpo libre de puerta.



Nota: Se observa que existe un vector horizontal resultante.

Al momento de aplicar la fuerza vertical exterior, el sistema deja de estar en equilibrio y pasa a convertirse en un sistema dinámico. La transmisión de la fuerza exterior ocasiona que el bloque 2 comience su movimiento hacia la derecha con una determinada aceleración. Esto viene dado por la Segunda Ley de Newton y se expresa de la siguiente manera: Donde m_2 es la masa de la puerta.

$$\vec{F}_{res} = \sum \vec{F}_i = m_2 \vec{a}_2 = m_2 (a \hat{i}) \quad (10)$$

La fuerza resultante que actúa sobre el bloque 2 es:

$$\begin{aligned} \vec{F}_{res} &= \vec{W}_2 + \vec{N} + \vec{f}_r + \vec{R}_{12} \\ &= (-m_2 g \hat{j}) + (N \hat{j}) + (-f_r \cos \theta \hat{j} - f_r \sin \theta \hat{i}) + (R_{12} \cos \theta \hat{i} - R_{12} \sin \theta \hat{j}) \\ \Rightarrow \vec{F}_{res} &= (R_{12} \cos \theta - f_r \sin \theta) \hat{i} + (N - m_2 g - f_r \cos \theta - R_{12} \sin \theta) \hat{j} \end{aligned} \quad (11)$$

Reemplazando (11) en (10):

$$(R_{12} \cos \theta - f_r \sin \theta) \hat{i} + (N - m_2 g - f_r \cos \theta - R_{12} \sin \theta) \hat{j} = (m_2 a) \hat{i}$$

Por comparación entre ambos miembros de la ecuación anterior ⁷ se observa que la componente horizontal de la fuerza resultante (en dirección \hat{i}) es la que genera la aceleración del bloque hacia la derecha, es decir, es la fuerza con la que la puerta se mueve. Mientras que la componente vertical (en dirección \hat{j}), no. Por lo tanto, se tiene el módulo de la fuerza con la que se mueve la puerta:

$$F_{puerta} = R_{12} \cos \theta - f_r \sin \theta$$

Como la componente vertical no genera movimiento, se iguala a cero y se obtiene:

$$\begin{aligned} N - m_2 g - f_r \cos \theta - R_{12} \sin \theta &= 0 \\ N &= m_2 g + f_r \cos \theta + R_{12} \sin \theta \end{aligned} \quad (12)$$

Aplicando la definición de la fuerza de rozamiento f_r explicada previamente:

$$F_{puerta} = R_{12} \cos \theta - \mu R_{12} \sin \theta = R_{12} (\cos \theta - \mu \sin \theta) \quad (13)$$

$$N = m_2 g + \mu R_{12} \cos \theta + R_{12} \sin \theta \quad (14)$$

Se reemplaza (9) en (14) y se despeja R_{12} :

$$\begin{aligned} (m_1 + m_2)g + F &= m_2 g + \mu R_{12} \cos \theta + R_{12} \sin \theta \\ m_1 g + F &= R_{12} (\mu \cos \theta + \sin \theta) \\ R_{12} &= \frac{m_1 g + F}{\mu \cos \theta + \sin \theta} \end{aligned} \quad (15)$$

Finalmente, se reemplaza (15) en (13) para obtener el módulo de la fuerza con la que la puerta se desplaza, y como sabemos tiene dirección horizontal hacia la derecha. Por tanto, la fuerza quedaría expresada como:

$$F_{puerta} = \left[\frac{\cos \theta - \mu \sin \theta}{\mu \cos \theta + \sin \theta} \right] (F + m_1 g) \hat{i} \quad (16)$$

Haciendo un pequeño artificio matemático, multiplicando al numerador y denominador por $\csc \theta$ obtenemos:

$$F_{puerta} = \left[\frac{\text{ctg } \theta - \mu}{\mu \text{ctg } \theta + 1} \right] (F + m_1 g) \hat{i} \quad (17)$$

De esta manera se puede apreciar que la fuerza con la que se desplaza la puerta depende explícitamente de la intensidad de la fuerza de presión vertical y del peso del marco superior. Así mismo, depende explícitamente del coeficiente de rozamiento entre el marco y la puerta que, como se vio en cálculos previos debe tener un valor de $\mu < \text{ctg } \theta$; si se cumple dicho valor, el término en corchetes sería positivo y por ende la magnitud de la fuerza también.

Pero si se establece que $\mu = \text{ctg } \theta$ se observa que $\vec{F}_{puerta} = 0$ lo cual indica que la puerta no se desplaza y por tanto el sistema permanece en reposo. Esto verifica los cálculos previos para el ángulo de inclinación que debe tener el modelo marco-puerta para evitar que se traben.

Una vez hechos los cálculos se elaboró una hoja de Excel con las fórmulas para poder ver el comportamiento de los diferentes ángulos con las diferentes cargas, así como con diferentes coeficientes de rozamiento que obedecen a distintos materiales.

Se eligió el material madera por ser el que más se ajusta a la realidad y se tomó el coeficiente de rozamiento directamente de libro de física actualizado.

Se calculó con distintas cargas y se verificó el valor umbral del ángulo para cada uno de los datos variados.

Figura 9

	A	B	C	D	E
1	Masa del marco (kg)	Coef. rozamiento (μ)	Fuerza de presión (N)	Ángulo (deg)	Fuerza Resultante (N)
2	5.1	0.2	68.64655	45	79.10816667
3					
4		Valor umbral del ángulo θ	78.69006753		

Los valores de cada celda que contiene una fórmula son:

$$E2=SI(D2<(ACOT(B2)*180/PI());((COT(D2*PI()/180)-B2)/(B2*COT(D2*PI()/180)+1))*(C2+A2*9,807);"ERROR")$$

$$C4=(ACOT(B2)*180/PI())$$

Con todo esto, la hipótesis se comprobó de manera teórica, y se pasó a la comprobación práctica; se mandaron a elaborar a un carpintero 2 puertas con 2 ángulos elegidos a discreción, 60° y 45° y se elaboraron puertas de 1.20m de alto por 0.7m de ancho, ambas puertas contraplacadas con marco de madera tornillo, a las que se le elaboró un sistema con el que podría dejarse caer una carga.

Se tomaron los datos a usar de manera física, ángulo del perfil de la puerta, masa del marco y la fuerza a emplear, posteriormente se introdujeron en la tabla de Excel y se verificó que la fuerza resultante sea positiva, o sea que la puerta se abra.

Al tener un resultado favorable, se procedió a verificarlo dejando caer el peso sobre el sistema marco-puerta, verificando así el funcionamiento del diseño, repitiéndose esto unas 30 veces con ambas puertas.

2.3 Análisis de la información

Los datos obtenidos se enlistaron en dos tablas de verificación (tabla 1 y tabla 2), siendo el resultado positivo o negativo según se abría la puerta o no se abría; para su mejor comprensión.

Tabla 1
Pruebas de apertura
Puerta de 45°

N° de intento	Resultado	N° de intento	Resultado
1	Positivo	16	Positivo
2	Positivo	17	Positivo
3	Positivo	18	Positivo
4	Positivo	19	Positivo
5	Positivo	20	Positivo
6	Positivo	21	Positivo
7	Positivo	22	Positivo
8	Positivo	23	Positivo
9	Positivo	24	Positivo
10	Positivo	25	Positivo

Tabla 2
Pruebas de apertura
Puerta de 60°

N° de intento	Resultado	N° de intento	Resultado
1	Positivo	16	Positivo
2	Positivo	17	Positivo
3	Positivo	18	Positivo
4	Positivo	19	Positivo
5	Positivo	20	Positivo
6	Positivo	21	Positivo
7	Positivo	22	Positivo
8	Positivo	23	Positivo
9	Positivo	24	Positivo
10	Positivo	25	Positivo

Tabla 1
Pruebas de apertura
Puerta de 45°

N° de intento	Resultado	N° de intento	Resultado
11	Positivo	26	Positivo
12	Positivo	27	Positivo
13	Positivo	28	Positivo
14	Positivo	29	Positivo
15	Positivo	30	Positivo

Nota: Número de intento y el resultado que dio

Tabla 2
Pruebas de apertura
Puerta de 60°

N° de intento	Resultado	N° de intento	Resultado
11	Positivo	26	Positivo
12	Positivo	27	Positivo
13	Positivo	28	Positivo
14	Positivo	29	Positivo
15	Positivo	30	Positivo

Nota: Número de intento y el resultado que dio

Se pudo apreciar que 30 de los 30 intentos por cada puerta, resultaron positivos, por lo tanto, al tener resultados idénticos se pasó analizar los datos con la prueba del chi cuadrado tomando como datos dos tipos de puerta, la que es de diseño convencional y la de diseño angular con sus variables de apertura y se elaboró una tabla (tabla 3).

Tabla 3
Resumen de eventos

	Se abrió	No se abrió	Total
Puerta angular	30	0	30
Puerta convencional	0	30	30
Total	30	30	60

Nota: Resumen de eventos de pruebas realizadas.

Se aplicó la prueba de chi-cuadrado siguiendo los siguientes pasos

Paso 35 Formulación de hipótesis:

Hipótesis nula (H0): No hay diferencia significativa en la proporción de puertas abiertas entre las puertas de puerta angular y diseño convencional; el ángulo de apertura no afecta la capacidad de la puerta para abrirse.

Hipótesis alternativa (H1): Existe una diferencia significativa en la proporción de puertas abiertas entre las puertas de puerta angular y diseño convencional; el ángulo de apertura afecta la capacidad de la puerta para abrirse.

Paso 2: Cálculo de las frecuencias esperadas (fe) bajo la hipótesis nula:

¹⁰ Las frecuencias esperadas son las frecuencias que esperaríamos obtener si no hay diferencia significativa entre las variables. En este caso, como la hipótesis nula dice que no hubo diferencia en la proporción de puertas abiertas, las frecuencias esperadas fueron:

$$fe(\text{abierta, puerta angular}) = (30 * 30) / 60 = 15$$

$$fe(\text{abierta, puerta convencional}) = (30 * 30) / 60 = 15$$

Paso 3: Cálculo del estadístico de chi-cuadrado (χ^2):

El estadístico de chi-cuadrado se calcula utilizando la fórmula: $\chi^2 = \sum [(fo - fe)^2 / fe]$

Para cada celda de la tabla de contingencia, se calculó $(fo - fe)^2 / fe$ y luego se sumó todos estos valores. En este caso, como solo se tuvo una tabla de 2x2, el cálculo fue simple:

$$\chi^2 = [(30 - 15)^2 / 15] + [(0 - 15)^2 / 15] + [(0 - 15)^2 / 15] + [(30 - 15)^2 / 15] = 30$$

¹¹ Paso 4: Determinación del grado de libertad (df):

¹⁴ El grado de libertad es el número de categorías que son libres de variar en el análisis. Para una tabla 2x2, el grado de libertad es $(\text{número de filas} - 1) * (\text{número de columnas} - 1) = (2 - 1) * (2 - 1) = 1$.

¹⁰ Paso 5: Consulta de la tabla de valores críticos de chi-cuadrado: ¹⁹

Para un nivel de significancia de 0.05 y 1 grado de libertad (df = 1), el valor crítico de chi-cuadrado es aproximadamente 3.841.

Paso 6: Comparación con el estadístico de chi-cuadrado calculado ($\chi^2 = 30$):

²⁵ Dado que el valor del estadístico de chi-cuadrado calculado ($\chi^2 = 30$) es mayor que el valor crítico de chi-cuadrado (3.841), ²² podemos rechazar la hipótesis nula (H_0) en el nivel de significancia del 0.05. Esto significa que sí hay una diferencia significativa en la proporción de puertas abiertas entre las puertas de 45° y 90°.

¹ 2.4 Aspectos éticos en investigación

Esta investigación será llevada a cabo siguiendo los principios éticos:

- Respeto por las personas
- Beneficencia
- Justicia

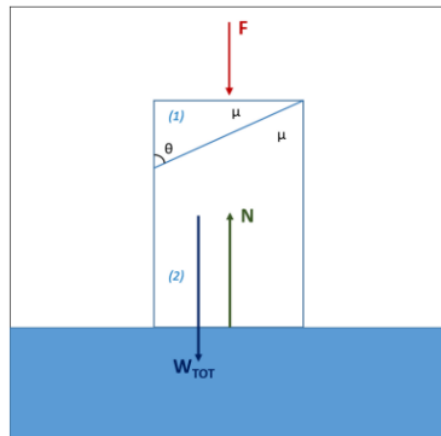
III. RESULTADOS

Objetivo general.

Diseñar el perfil de una puerta anti atasco domiciliaria para facilitar la evacuación durante eventos no deseados

Figura 10

Perfil de una puerta anti-atasco diseñada



Nota: Perfil resultante de la puerta anti-atasco.

Objetivo específico.

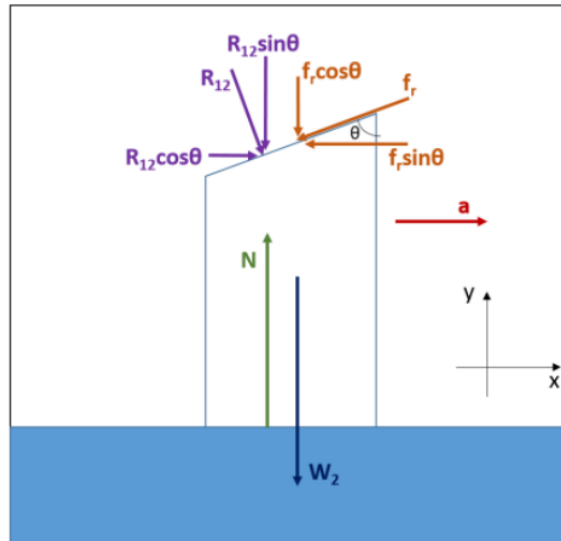
- Identificar los materiales a usar y determinar el ángulo óptimo.

El material usado para la fabricación de la puerta domiciliaria anti atasco fue de madera, porque es el material más común usado en construcción para este fin según el análisis realizado de los materiales utilizados en función a sus coeficientes de rozamiento y la evaluación de la facilidad de apertura de los diferentes diseños de perfil de puerta, y la comparación de los resultados obtenidos para determinar el diseño óptimo.

La masa del marco fue de 5.1 Kg, la fuerza que se ejerció fue de 68.64655N (masa de 7Kg) y los ángulos a probar fueron de 45° y 60°.

- Elaborar un diagrama de cuerpo libre en estado de movimiento inminente que explique y compruebe matemáticamente el diseño final.

Figura 11
Diagrama de cuerpo libre



Nota: Estado de movimiento inminente

El movimiento inminente para la apertura de la puerta se explicó según la siguiente relación:

$$F_{puerta} = \left[\frac{\text{ctg } \theta - \mu}{\mu \text{ ctg } \theta + 1} \right] (F + m_1 g) \hat{i}$$

En donde se cumplió que siempre que $\mu < \text{ctg } \theta$, la fuerza resultante tendrá un valor positivo, es decir siempre se abrirá la puerta.

- Evaluar la efectividad de los diferentes diseños mediante pruebas físicas.

Se aplicó un esfuerzo vertical para deformar el marco superior dando como resultado la apertura de la puerta en el 100 % de las pruebas realizadas tanto en un perfil de 45° como en un perfil de 60°, comprobado la apertura de la puerta y eliminando el riesgo de atasco facilitando la evacuación, dando como resultado la anulación de la problemática de la

investigación (puerta trabada que impide la evacuación) al obtener siempre un resultado de puerta abierta.

Figura 12
Puertas de prueba



Nota: Puertas diseñadas con perfiles ángulos de 45° y 60°

Figura 13
Perfil de 45°



Figura 15
Perfil de 60°



Figura 16
Perfil de 60°



Figura 14
Perfil de 45°



- ¹⁰ Con un nivel de significancia del 0.05, se puede concluir que el ángulo de apertura de la puerta tiene un impacto significativo en su capacidad para abrirse ya que se observó que la puerta con un diseño angular se abrió en todos los intentos, mientras que la puerta con un diseño convencional no se abrió en ninguna de las ocasiones. Esto sugiere que una puerta de diseño angular es más efectiva para abrirse en comparación con una puerta convencional bajo las condiciones experimentales del estudio.

DISCUSIÓN

Los coeficientes de rozamiento varían dependiendo de la madera, la dirección en que se desplazan, su humedad y el sentido de la fibra. Publicaciones de física general indican en madera valores genéricos para el coeficiente de fricción dinámico de 0.20 y 0.25-0.5 para el estático (Serway & Jewett, 2019) Ya en el caso de publicaciones centradas en madera (Ramón A, 2015) recoge como valores genéricos para madera seca 0.25 a 0.7 para el coeficiente de fricción estático y 0.15 a 0.4 para el dinámico. También el Laboratorio de Productos Forestales del USDA (2010) indica de manera genérica que los coeficientes de fricción cinética para la madera lisa y seca contra superficies duras y lisas pueden variar desde 0.3 a 0.5; cuando el contenido de humedad es intermedio de 0.5 a 0.7 y cerca de la saturación de fibra, de 0.7 a 0.9. McKenzie et al (1968) indica en madera-madera un coeficiente de fricción dinámico de 0.45 y un valor estático de 0.6 pero sin precisar direcciones.

Otros valores, ya teniendo en cuenta la ortotropía de la madera, son los reportados para el roble por Kollman, F. (1959), que indica para rozamiento entre superficies paralelas a la fibra 0.62 para fricción estática y un valor dinámico de 0.48, perpendiculares a la fibra 0.54 en fricción estática y dinámica de 0.34, y por último rozando superficies paralelas contra perpendiculares $\mu_e=0,43$ y $\mu_c=0,19$. Por lo tanto el perfil puede variar de acuerdo con un rango de valores según el material siendo un ángulo fácil de construir de 45°.

El diseño de la puerta, si bien no contempla todo el diseño integral, no incluye la cerradura y otros elementos, sirve de punto de partida para poder explicar el funcionamiento de este sistema y ampliar la investigación para crear una puerta y marco y poder comercializarlo como lo hizo Invesnova, en el 2015, sistema compuesto en un 70% por madera, un 20% de goma y un 10% de aluminio de modo que no genere modificaciones funcionales ni estéticas o en el año 2019, la puerta anti sísmica Quake Saber, diseñada por Luca Fallalita comercializada actualmente por LF System Italia.

El perfil de la puerta anti atasco como resultado de esta investigación se muestra en el diseño realizado en la Figura 10 y Figura 11 facilitará la evacuación ante eventos no deseados coincidiendo con González Torres, 2010 quien define que los eventos no deseados son situaciones de estrés e indica que la reacción instintiva es ponerse a salvo, por lo que el hecho

de dirigirse a las vías de evacuación y encontrar ⁵ un acceso bloqueado frustra la reacción, multiplica el miedo y aumenta el daño psicológico y el riesgo de muerte de las personas, por lo que la puerta, al ser la parte destinada al ingreso y salida de los habitantes (Gómez-Vizcaíno Ruiz, 2021), se convierte en un elemento esencial para la facilitación de la evacuación.

Un sismo es un evento no deseado, González Torres indica que si hay esfuerzos de compresión en la hoja de la puerta esta se quedaría bloqueada, los ensayos estáticos del perfil de la puerta muestran que esta siempre se abre ante una carga vertical, ya que si la estabilidad de la casa se viera afectada, la puerta podría bloquearse, ⁵ dado que la acción de una carga, al traducirse en esfuerzos verticales y horizontales, generan variaciones morfológicas del vano que soporta el marco de la puerta que, al encontrarse anclada a él, la obligaría a impactarse contra el marco deformándolo y bloqueando su libre abatimiento.

Keisuke Himoto muestra que puertas clasificadas como puertas contra incendios quedaron atascadas bloqueando la evacuación por la deformación estructural soportando fuerzas verticales estáticas que ocasionó el bloqueo, dichos perfiles eran estándares formando ángulo recto, contrastando el diseño propuesto. La misma situación fue evaluada según Elide Pantoli, al realizar un experimento en la Universidad de California, San Diego, con un edificio de 5 pisos a escala completa sobre una mesa de simulación de sismos, donde se halló daños de nivel “moderado” dentro del cual incluye daños en las conexiones de la fachada que requieren su reemplazo y daños en las puertas de acceso que impiden su apertura suave o completa.

Martha Carreño indica que el 80% de las edificaciones con estructuras afectadas por deformación de marco de la puerta en la zona, no permitiendo la salida de los edificios por la dificultad para abrir las puertas con perfiles de los marcos estándares lo que indica que el diseño propuesto ante cargas verticales, en ensayos estáticos se va a abrir

El grupo chileno, Invesnova, en el 2015, creó un marco antisísmico que permite mantener las vías de escape intactas durante los sismos o terremotos al evitar que las puertas se descadren, disipando las cargas sobre ellas; compuesto en un 70% por madera, un 20% de goma y un 10% de aluminio en contraste con el diseño propuesto para el perfil del marco de la puerta es 100% de madera.

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo con el objetivo principal

- Se diseñó el perfil de una puerta anti atasco domiciliaria para facilitar la evacuación durante eventos no deseados, siendo contrastado de manera teórica y práctica con éxito.

De acuerdo con el primer objetivo específico

- Se eligió la madera como material a utilizar debido al contexto de la investigación. El coeficiente de rozamiento elegido fue 0.2, extraído del libro *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics (10^o ed)* los ángulos a probar pueden variar para hacerlo de forma virtual pero para la práctica se escogió 45 y 60 intencionalmente sin razón alguna. La carga a usar para accionar el sistema se escogió por ser fácil de levantar y tuvo una masa de 7kg. El marco de la puerta fue 5.1kg, y fue pesado por el carpintero que fabricó la puerta.

De acuerdo con el segundo objetivo específico

- Se elaboró el diagrama de cuerpo libre en estado de movimiento inminente y permitió explicar y demostrar de forma matemática el funcionamiento y resultado del diseño final. Además se elaboró una tabla de Excel con las fórmulas para una explicación más sencilla.

De acuerdo con el tercer objetivo específico

- Se pudo evaluar la efectividad de los diseños tanto en un software de simulación física como en cálculos matemáticos y en experimentos físicos, siendo favorables cada una de las pruebas, obteniendo un 100% de fiabilidad del diseño.
- Se pudo concluir que el diseño facilita la evacuación durante un evento indeseado debido a la anulación de la problemática como interpretación de los resultados de las pruebas teóricas y físicas.

V. RECOMENDACIONES

- ²⁷ El objetivo principal de esta investigación se centra en el diseño del perfil de una puerta, pero la puerta en sí es el conjunto de marco y puerta propiamente dicha por lo que si se quiere tener un estudio integral se recomienda ampliar la investigación para poder hacer un diseño integral más específico y detallado de todo el marco de la puerta.
- Deseando extender el resultado de esta investigación se recomienda realizar estudios dinámicos o simulaciones de todo el diseño extendido a todo el marco de la puerta.
- Dado que el material más común en el diseño de las puertas domiciliarias es la madera, se debe probar el diseño de los perfiles con otros materiales que implique un estándar en construcción. Probar con otros materiales para comprobar su efectividad en otros entornos y circunstancias.
- La puerta domiciliaria es un elemento que consta de marco, hoja, cerradura y bisagras, el diseñar una cerradura o bisagras acorde al requerimiento de la puerta y necesidades de los eventos no deseados, debe ser también un punto de inicio para evaluar la evacuación en casos específicos en los que haya que pensar en evitar que la puerta se atasque.
- Si bien es cierto que en el análisis estático del diseño del perfil de la puerta antiatasco observa que no debe haber algún tipo de luz entre marco y puerta, en la práctica sí lo hay porque la fabricación del conjunto marco puerta no es industrializado, por otro lado la madera tiende a deformarse ante diferentes factores, por lo tanto la junta marco puerta no se da en la práctica, pero al haber un solo punto de contacto, las fuerzas horizontales se transmiten del marco hacia la hoja y en ese instante la puerta queda en movimiento inminente, por lo que hay que tener especial cuidado en que la puerta este en contacto con el marco, no debería haber luz entre ellos.

- Los ensayos dinámicos son necesarios para completar el estudio y extender a la aplicación de eventos sísmicos, para los ensayos estáticos se puede extender el estudio hacia el resto de los elementos del conjunto marco puerta.
- Es recomendable evaluar qué tan seguros se deberán sentir las personas sabiendo que la puerta no se va a atascar en eventos no deseados, ya que el pánico ante el atoro de una puerta siempre está presente y aumenta el riesgo de accidente.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrés Sánchez, A. E. (2020). *Aplicación del método de Benedetti y Petrini para determinar la vulnerabilidad sísmica en 16 viviendas informales en el Pueblo Joven Pro Vivienda - Primera Zona - del distrito de El Agustino – Lima* [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres]. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/7010>
- Arana, M. y Chávez, J. (2021). *Vulnerabilidad sísmica de viviendas de albañilería en el barrio Urubamba, Cajamarca 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28230>
- Arévalo Casas, A. S. (2020). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/648665>
- Argüelles Álvarez, R., Arriaga, F., Esteban, M., Iñiguez, G. y Argüelles Bustillo, R. (2015). *Estructuras de madera Uniones*. AITIM.
- Arias, R. y Vargas, J. (2018). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones informales de viviendas en el distrito de Lircay – Angaraes* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/5a654b3c-7411-4690-a186-84e891f8bc6b>
- Bazán Arbildo, J. (2017). *Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca*. Pontificia Universidad Católica del Perú [Tesis de maestría,

Pontificia Universidad Católica del Perú].

<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7630>

Carhuánira Herrera, W. (2021). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales de albañilería confinada del sector Aranjuez, distrito de Trujillo, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Privada Regional de Ica]

<http://repositorio.uprit.edu.pe/handle/UPRIT/438>

Carreño Tibaduiza, M. L., Lantada Zarzosa, N., Irizarry, J., Valcarcel, Jairo. A., Barbat, A. H., y Goula Suriñach, X. (2013). Comportamiento Sísmico de los Edificios de Lorca. *Física de La Tierra*, 24, 289-314. https://doi.org/10.5209/rev_fite.2012.v24.40142

Enríquez, P. & Granda, N. (2018). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural de la vivienda del distrito de Vitor de la región Arequipa* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6515>

Espinoza, H. y Llamocca, J. (2019). *Vulnerabilidad de viviendas informales y sus índices sísmicos en el asentamiento humano Nueva Generación 2000 del distrito de Comas* [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres].

<https://hdl.handle.net/20.500.12727/6495>

Fan, W.-H., Wang, W.-K., Liang, C.-K., Yang, M.-L., Hsu, W.-L., y Shiao, Y.-C. (2021). Smart earthquake disaster prevention system. *Sensors and Materials*, 33(4), 1231–1244.

<https://doi.org/10.18494/SAM.2021.3160>

Ross, Robert J. (2010). *Wood handbook : wood as an engineering material*. Centennial ed.

https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf

Walac Noticias (27 de mayo de 2019). Perú: 80% de las viviendas podrían desplomarse ante un sismo. *Walac Noticias*. <https://walac.pe/peru-80-de-las-viviendas-podrian-desplomarse-ante-un-sismo/>

Gómez, C. (2021). *Aproximaciones. La obra de Álvaro Siza a través de la entrada y su puerta* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Valencia].

<https://riunet.upv.es/handle/10251/175662>

- González Torres, C. (2010). *Sistema rombiante de puertas colapsables, para la edificación sismorresistente en altura* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile].
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/100234>
- Invesnova. (s.f.). *Marco integral antisísmico para puertas*. <http://www.invesnova.cl/>
- Kollmann, F. (1959). *Wood technology and its applications*. Madrid, España: Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera.
<https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/2510>
- Lagos García, S. (2020). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de viviendas informales, bajo el enfoque del método multicriterio, en el C.P. San Lorenzo, distrito de Carabayllo, Lima – 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24349>
- Laucata Luna, J. (2013). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4967>
- Lee, T.-H., Kato, M., Matsumiya, T., Suita, K., y Nakashima, M. (2007). Seismic performance evaluation of non-structural components: drywall partitions. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 36(3), 367–382. <https://doi.org/10.1002/eqe.638>
- LF System Italia. (2019). Quake Saver 1.0. <http://www.lfsystemitalia.it/>
- McKenzie, W., y Karpovich, H. (1968). The frictional behaviour of wood. *Wood Science and Technology*, 2, 139–152. <https://doi.org/10.1007/BF00394962>
- Naciones Unidas. (2015). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Núñez Vega, J., y Gastelo Castañeda, A. (2015). *Vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Chiclayo, zona oeste (Av. Eufemio Lora y Lora. Av. José Leonardo Ortiz, Prolongación Bolognesi, Vía de Evitamiento, Panamericana Norte y Av. Augusto B. Leguía). Aplicando los índices de Benedetti y Petrini* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/336>

Olarte, J., Julca, J., y Orbegoso, E. (2009). Evaluación del riesgo sísmico del centro histórico de Chiclayo. *Centro de Información del INDECI*.

<http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/blog/infopad/doc/riesgosismicochiclayo.pdf>

Pérez, J., Aguirre, J., y Ramírez, L. (2018). Sismicidad y seguridad estructural en las construcciones: lecciones aprendidas en México. *Salud Pública de México*, 60, 41 - 51.

<https://doi.org/10.21149/9300>

Ramírez, R. (2020). Estudio de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en el Asentamiento Humano San Carlos de Murcia, Chachapoyas, 2017. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 3(1), 22–29.

<https://doi.org/10.25127/ucni.v3i1.588>

Santos Quispe, J. (2019). *Diseño sísmico de edificios con aislamiento de base* [Tesis de maestría, Universidad Continental].

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/6924>

Sergio de Régules, S. (s.f.). *Sismos*. Revista de Divulgación de la Ciencia de la UNAM.

<https://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/228/sismos>

Serway, R. y Jewett, J. (2019). *Physics for scientists and engineers with modern physics (10th ed.)*. Cengage Learning.

Sivincha, M. y Mamani, E. (2018). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica estructural de las viviendas ubicadas en el sector XII de la asociación parque industrial porvenir Arequipa, distrito de Cerro Colorado* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/3dc8f287-c4b7-49c8-a1d8-ee457ad1f077>

Tanaka, T. y Hamada, K. (2019). Comparative analysis of post-earthquake fires in Japan from 1995 to 2017. *Fire Technol*, 55, 935–961. <https://doi.org/10.1007/s10694-018-00813-5>

Organización Panamericana de la Salud. (s. f.). *Terremotos*.

<https://www.paho.org/es/temas/terremotos>

Vargas Collazos, J. (2019). *Análisis de las viviendas informales y recomendaciones técnicas de la vulnerabilidad sísmica en el distrito de Independencia, eje zonal Tahuantinsuyo*

2019 [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35451>

Villar, J., Corbacho, A., Moya, M., y Vidal, P. (2019). Determinación de los coeficientes de rozamiento en piezas de madera de castaño de procedencia española y su aplicación estructural. *X Congreso Ibérico de Agroingeniería y X Congresso Ibérico de Agroengenharia*. https://doi.org/10.26754/c_agroing.2019.com.3409

Mercado, M. (2016). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Huancayo 2016* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/801>

Yang, F., Wen, X., Wang, X., Li, X., y Li, Z. (2021). A model study of building seismic damage information extraction and analysis on ground-based LiDAR data. *Hindawi Advances in Civil Engineering*, 2021, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2021/5542012>

Zavala, C. (28 de noviembre de 2021). UNI: conoce los lugares más vulnerables de Lima frente a un sismo. *Andina*. <https://andina.pe/agencia/noticia-uni-conoce-los-lugares-mas-vulnerables-lima-frente-a-un-sismo-842281.aspx>

ANEXOS

Anexo 1: Tablas de datos

Tabla 4

Puerta de 45°			
N° de intento	Resultado	N° de intento	Resultado
1	Positivo	16	Positivo
2	Positivo	17	Positivo
3	Positivo	18	Positivo
4	Positivo	19	Positivo
5	Positivo	20	Positivo
6	Positivo	21	Positivo
7	Positivo	22	Positivo
8	Positivo	23	Positivo
9	Positivo	24	Positivo
10	Positivo	25	Positivo
11	Positivo	26	Positivo
12	Positivo	27	Positivo
13	Positivo	28	Positivo
14	Positivo	29	Positivo
15	Positivo	30	Positivo

Número de intento y el resultado que dio

Tabla 5

Puerta de 60°			
N° de intento	Resultado	N° de intento	Resultado
1	Positivo	16	Positivo
2	Positivo	17	Positivo
3	Positivo	18	Positivo
4	Positivo	19	Positivo
5	Positivo	20	Positivo
6	Positivo	21	Positivo
7	Positivo	22	Positivo
8	Positivo	23	Positivo
9	Positivo	24	Positivo
10	Positivo	25	Positivo
11	Positivo	26	Positivo
12	Positivo	27	Positivo
13	Positivo	28	Positivo
14	Positivo	29	Positivo
15	Positivo	30	Positivo

Número de intento y el resultado que dio

13

Anexo 2. Cuadro de Operacionalización de variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
Diseño de perfil de puerta	El arte o proceso de decidir cómo se verá algo, cómo funcionará, etc. dibujando planos, haciendo modelos de computadora, etc. (Oxford Advanced Learner's Dictionary)	Se demostrará la definición a través de un diagrama de cuerpo libre.	Ángulo Fuerza vertical Coeficiente de rozamiento	Grado sexagesimal Coeficientes	Transportador	Nominal
Seguridad de las personas	El estado de estar seguro y protegido del peligro o daño. (Oxford Advanced Learner's Dictionary)	Se demostrará la definición a través de una matriz IPERC	Condición de puerta	Estado de puerta	Observación	Nominal

3 Anexo 3: Matriz de consistencia

TÍTULO	PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
Diseño del perfil de una puerta anti atasco domiciliaria para facilitar la evacuación durante eventos no deseados	<p>GENERAL ¿Cómo será el diseño del perfil de una puerta anti atasco domiciliaria para facilitar la evacuación durante eventos no deseados?</p> <p>ESPECÍFICOS - ¿Cuáles serán los materiales a usar y cual será el ángulo óptimo? - ¿Cómo se explica y comprueba matemáticamente el diseño final? - ¿Cómo se demuestra si los diseños son efectivos?</p>	<p>GENERAL El diseño del perfil de una puerta anti atasco domiciliaria para facilitar la evacuación durante eventos no deseados tiene un ángulo agudo.</p> <p>ESPECÍFICAS - Los materiales a usar estarán ligados a la problemática y el ángulo óptimo, a su coeficiente de rozamiento. - Se explica y demuestra matemáticamente el diseño final mediante la elaboración de un diagrama de cuerpo libre en estado de movimiento inminente. - Se demuestra la efectividad de los diseños evaluando la efectividad de los diferentes diseños mediante pruebas físicas y virtuales.</p>	<p>GENERAL Diseñar el perfil de una puerta anti atasco domiciliaria para facilitar la evacuación durante eventos no deseados</p> <p>ESPECÍFICOS - Identificar los materiales a usar y determinar el ángulo óptimo. - Elaborar un diagrama de cuerpo libre en estado de movimiento inminente que explique y compruebe matemáticamente el diseño final. - Evaluar la efectividad de los diferentes diseños mediante pruebas físicas y virtuales</p>	<p>Diseño de perfil de puerta</p> <p>Facilidad de apertura</p>	<p>Ángulo Coeficiente de rozamiento</p> <p>Fuerzas</p>	<p>Tipo Aplicativo Método Inductivo - deductivo Diseño Cuantitativo - experimental</p> <p>Población y muestra de puertas Muestra: diseño de perfil de puerta en base a los cálculos realizados</p> <p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos Tabla de datos Recopilación bibliográfica</p> <p>Métodos de análisis de investigación: Diagrama de cuerpo libre Análisis matemático</p>

INFORME DE TESIS - FSGA

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	zagan.unizar.es Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Catolica de Trujillo Trabajo del estudiante	2%
4	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	1%
6	archive.org Fuente de Internet	1%
7	idoc.pub Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad del Valle de Guatemala Trabajo del estudiante	<1%

9	Bui Thi Hai Linh, Ying-Shieh Kung. "Digital Hardware Realization of Forward and Inverse Kinematics for a Five-Axis Articulated Robot Arm", Mathematical Problems in Engineering, 2015 Publicación	<1 %
10	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
11	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
12	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Liceo Europeo Trabajo del estudiante	<1 %
15	natlex.ilo.ch Fuente de Internet	<1 %
16	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
17	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %

19	repositorio.unan.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
20	www.activatie.org Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Palm Beach Currumbin State High School Trabajo del estudiante	<1 %
22	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	revistabme.eia.edu.co Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %
25	Submitted to Universitat Politècnica de València Trabajo del estudiante	<1 %
26	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
27	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %
28	what3words.com Fuente de Internet	<1 %
29	www.repositorio.unam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

30	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
31	filemon.mecanica.upm.es Fuente de Internet	<1 %
32	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	www.upo.es Fuente de Internet	<1 %
34	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	www.ldnews.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo