



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Revisión de la norma peruana y normas internacionales sobre edificios  
esbeltos de concreto armado por solicitaciones de viento

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTOR**

Jose Fernando Gomez Ccollana

**ASESORES**

Dra. María Ysabel García Álvarez

Mg. German Fernando Casusol Iberico

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño sísmico y estructural

**LIMA – PERÚ**

**2018**

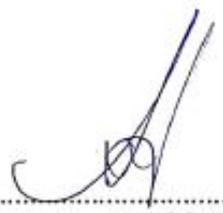
El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) José Fernando, Gómez Ccollana cuyo título es: "Revisión de la norma peruana y normas internacionales sobre edificios esbeltos de concreto armado por solicitaciones de Viento".

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: .....13.....(trece).....aprobado

Lima, San Juan de Lurigancho 04 de julio del 2018.

  
 .....  
 PRESIDENTE  
 C. SPINOZA

  
 .....  
 SECRETARIO  
 MALAVECINI

  
 .....  
 VOCAL  
 CASUSO I









Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	---------------------------------

### **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado a mis padres quienes me enseñaron, que siempre lo que uno se propone lo puede lograr trazándose metas y esforzándose por ellos. Y para la pequeña Hilda Fernanda.

### **Agradecimiento**

Agradezco a mi asesor por sus enseñanzas, guía y su paciencia, y a todos los docentes de la Universidad Cesar Vallejo.

### **Declaración de Autenticidad**

Yo, Jose Fernando Gomez Ccollana con DNI N° 73805392, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Así mismo, declaro también bajo juramento todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 17 de julio del 2018



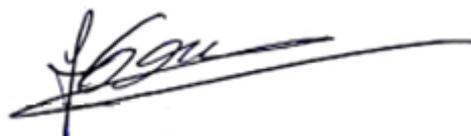
---

Jose Fernando Gomez Ccollana  
DNI: 73805392

## **Presentación**

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Revisión de la norma peruana y normas internacionales sobre edificios esbeltos de concreto armado por solicitaciones de viento.”, cuyo objetivo es “revisar las consideraciones de cálculo de la norma peruana y normas internacionales por acción del viento” que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Civil. La investigación consta de seis capítulos. En el primer capítulo se desarrolla la parte introductoria del trabajo, donde se llega a entender la motivación del desarrollo del proyecto; en el segundo capítulo se muestra la metodología utilizada, así como la forma en que se desarrolla la tesis, en el tercer capítulo se desarrollaran los cálculos para la determinación de presiones y succiones ocasionados por el viento sobre la superficie de una estructura ideal ubicado en la ciudad de Ica. Los cálculos corresponden a las normas: NTE E.020, Norma CIRSOC 102, Norma Mexicana y el EUROCODIGO 1.

En el cuarto capítulo se hace la discusión de los resultados respecto a trabajos e investigaciones anteriores. En el quinto capítulo se presenta se detalla el producto final en base a los resultados obtenidos del análisis de las normas. En el sexto capítulo se da a conocer las recomendaciones para futuros trabajos en base a las necesidades y la amplitud del tema.



---

Jose Fernando Gomez Ccollana,

## **Resumen**

Este trabajo titulado “Revisión de la norma peruana y normas internacionales sobre edificios esbeltos de concreto armado por solicitaciones de viento”, tiene como objetivo principal comparar las normas internacionales para el cálculo de sus acciones sobre edificios esbeltos tomando como referencia la norma peruana.

La investigación es del tipo descriptivo con un diseño no experimental con enfoque cualitativo donde se analizarán las normas para el cálculo de acción del viento tanto nacional como internacionales, donde se tomará como muestra las normas vigentes: NTE E.020, Norma Mexicana, SIRSOC 102 y EUROCODIGO 1. Para lograr nuestros objetivos, se utilizó los criterios de las normas como la intensidad de turbulencia, tipos de topografía, rugosidad del terreno, factores de forma además de los datos meteorológicos. Para este fin se hacen los cálculos sobre un edificio de 25 pisos, con una altura total de 90.40 metros, 25 metros en la dirección perpendicular del viento, 15 metros de en dirección paralela al viento y ubicándolo en la ciudad de Ica, estos cálculos se lograron con ayuda de hojas de cálculo de Excel.

Los resultados evidencian importantes variaciones de la presión ejercida por el viento sobre la estructura a medida que se incrementa la altura calculadas bajo distintas normas, además se concluye que la importancia y resultado de cada método es correspondiente a la realidad climatológica de cada país.

*Palabras Clave:* Presión del viento, barlovento, sotavento, fluctuación del viento, viento Paracas.

## **Abstract**

This work entitled "Revision of the Peruvian norm and international standards on slender buildings of reinforced concrete due to wind stress", has as main objective to compare the international norms for the calculation of its actions on slender buildings taking as reference the Peruvian norm.

The research is of a descriptive type with a non-experimental design with qualitative approach where the norms for the calculation of wind action both national and international will be analyzed, where the current Norms will be taken: NTE E.020, Mexican Standard, SIRSOC 102 and EUROCODIGO 1. To achieve our objectives, we used the criteria of the standards such as the intensity of turbulence, types of topography, roughness of the terrain, form factors in addition to meteorological data. For this purpose the calculations are made on a 25-story building, with a total height of 90.40 meters, 25 meters in the perpendicular direction of the wind, 15 meters of in a direction parallel to the wind and located in the city of Ica, these calculations are achieved with the help of Excel spreadsheets.

The results show important variations of the pressure exerted by the wind on the structure as the height is increased, calculated under different norms, in addition it is concluded that the importance and result of each method is corresponding to the climatological reality of each country.

*Keywords:* Wind pressure, windward, leeward, wind fluctuation, Paracas wind.

## Índice general

Dedicatoria.....	III
Agradecimiento .....	IV
Resumen .....	VII
Abstract.....	VIII
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Realidad problemática de la investigación. ....	2
1.2 Trabajos previos. ....	4
1.3 Teorías relacionadas al tema .....	7
1.4 Formulación del problema de investigación .....	14
1.5 Justificación de estudio .....	15
1.6 Objetivos de la investigación.....	17
II. METODOLOGÍA .....	18
2.1. Diseño de Investigación .....	19
2.2. Variables, Operacionalización.....	19
2.3. Población, Muestra Y Muestreo .....	20
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	20
2.5 Método de análisis de datos.....	21
2.6 Aspectos Éticos .....	22
III. RESULTADOS .....	23
3.1 Consideraciones Generales.....	24
3.2 Análisis de la Norma Peruana NTE E.020 .....	26
3.3 Análisis de la Norma argentina CIRSOC 102.....	32
3.4 Análisis de la Norma Mexicana .....	41
3.5 Análisis del EUROCODIGO 1 EN 1991-1-4:2005 .....	51
3.6 Comparación de las Normas.....	58
IV. DISCUSIÓN.....	65
V. CONCLUSIONES .....	68
VI. RECOMENDACIONES .....	70
VII. REFERENCIAS.....	72
VIII. ANEXOS .....	77

## Índice de Tablas

Tabla 01. Matriz de Operacionalización de las variables de la investigación.....	20
Tabla 02. Velocidad de diseño por viento según la norma E020 .....	28
Tabla 03. Factores de forma (C). Norma E 020 .....	29
Tabla 04. Presión Ph a Barlovento ( $\text{kgf/m}^2$ ).....	30
Tabla 05. Succión Ph a Sotavento ( $\text{kgf/m}^2$ ).....	30
Tabla 06. Presiones y succiones en cada entrepiso .....	31
Tabla 07. Valores límite de la Probabilidad Pm, del Período de vida “m”, y del coeficiente .....	35
Tabla 08. Presión dinámica de diseño según Norma SIRSOC 102.....	37
Tabla 09. Presión w a Barlovento ( $\text{kgf/m}^2$ ) CIRSOC 102.....	38
Tabla 10. Succión w a Sotavento ( $\text{kgf/m}^2$ ) CIRSOC 102 .....	38
Tabla 11. Presiones y succiones en cada entrepiso CIRSOC 102. ....	40
Tabla 12. Clasificación de la estructura según su tamaño Norma Mexicana .....	42
Tabla 13. Factor de topografía local Norma Mexicana. ....	43
Tabla 14. Valores para el Factor de tamaño Fc .....	44
Tabla 15. Factores de $\delta$ y $\alpha$ en función a la rugosidad del terreno y tamaño de la estructura .....	44
Tabla 16. Valores para el factor de exposición a nivel de entrepiso .....	46
Tabla 17. Valores de la velocidad de diseño Norma Mexicana .....	47
Tabla 18. Valores de Presión dinámica de diseño sobre la estructura.....	47
Tabla 19. Relación entre la altitud de la estructura y la presión barométrica.....	49
Tabla 20. Presiones y Succiones a cada nivel de entrepiso Norma Mexicana .....	50
Tabla 21. Presión a velocidad pico a una altura (z) expresada en $\text{N/m}^2$ .....	55
Tabla 22. Presiones actuantes sobre la estructura según EUROCODIGO 1.....	57
Tabla 23. Resumen de factores de amplificación dinámica. ....	61

## Índice de Figuras

Figura 01. Capa límite terrestre donde se plasma el tipo de flujo del viento sobre la superficie.....	8
Figura 02. Ejemplo de registro temporal de velocidades de viento.....	9
Figura 03. Cargas de viento y respuesta resultante sobre una Estructura.....	11
Figura 04. Parametros que influyen en la acción del viento.....	13
Figura 05. FONAGRO (chinchu)- Velocidad del viento (m/s) .....	25
Figura 06. Vista isométrica del modelo estructural compuesto de un sistema aporticado, donde se ve 4 vanos en el eje y-y, 5 vanos en el eje x-x y los 25 pisos de altura.....	26
Figura 07. Presión vs Altura sobre edificio de 25 pisos según norma E 020 .....	32
Figura 08. Medidas del edificio analizado en el eje X, Y y Z. ....	33
Figura 09. Presión vs Altura sobre edificio de 25 pisos según norma CIRSOC 102. ....	41
Figura 10. Formas topográficas locales según Norma Mexicana.....	43
Figura 11. Presión vs Altura sobre edificio de 25 pisos según norma MEXICANA. ....	51
Figura 12. Categorías de terreno y parámetros.....	53
Figura 13. Distribución de presiones dinámicas sobre la estructura. ....	56
Figura 14. Presión vs Altura sobre edificio de 25 pisos según EUROCODIGO 1 .....	58
Figura 15. Velocidades regionales de las ciudades más importantes, (km/h). ....	60
Figura 16. Clasificación grafica de la rugosidad del terreno Según Norma Mexicana. ....	61
Figura 17. Resumen de resultados para Succión en Sotavento. ....	62
Figura 18. Resumen de resultados para Presión en Barlovento. ....	63
Figura 19. Resumen de comparaciones de factores de las normas.....	64
Figura 20. Presiones obtenidas sobre un edificio de 190 m de altura. ....	66

## Índice de Anexos

Anexo 1. Matriz de Consistencia y Operacionalización de variables .....	78
Anexo 2. Mapa eólico del Perú .....	79
Anexo 3. Registros de velocidad máxima diaria del viento en la estación FONAGRO – CHINCA - ICA .....	80
Anexo 4. Tipos de rugosidad y valores del parámetro $z_{0,i}$ para cada tipo de la Norma CIRSOC 102. ....	82
Anexo 5. Valores del coeficiente adimensional $C_z$ . Norma CIRSOC 102. ....	83
Anexo 6. Coeficiente de reducción por dimensiones $c_d$ . CIRSOC 102. ....	84
Anexo 7. Mapa de distribución de la velocidad de referencia $\beta$ en la Argentina. ....	85
Anexo 8. Velocidades regionales de la República Mexicana para un período de retorno de 200 años. ....	86

## **I. INTRODUCCIÓN**

La importancia de conocer la acción del viento en el diseño de las estructuras de concreto armado, radica en lo fluctuante que pueden ser estas fuerzas además de sus factores geográficos y de forma, que podrían afectar a las estructuras mediante fatiga. A pesar de la constante mejora en tecnología, métodos y diseño, el reglamento peruano de edificaciones mantiene una simplicidad en el método del cálculo de las acciones del viento por lo que genera una gran motivación para comparar los métodos existentes.

Los trabajos previos coinciden en que las fuerzas del viento son agentes importantes en el diseño de edificaciones, incluso en algunas regiones llegan a ser más relevantes que los movimientos sísmicos, además que los resultados obtenidos por cada norma son diferentes por lo que nos genera incertidumbre en la decisión del mejor método.

### **1.1 Realidad problemática de la investigación.**

Toda estructura, debe ser capaz de resistir adecuadamente y en las condiciones para las que fue diseñada, a las acciones fortuitas generadas por los distintos fenómenos que azotan a la naturaleza, puesto que es el medio donde la estructura estará a lo largo de su vida útil.

La mejora constante de los métodos de análisis y cálculo, junto al avance de la tecnología en el área de la construcción de edificios y estructuras, facilitan y motivan el diseñar y construir estructuras cada vez más ligeras, de baja rigidez y amortiguamiento, convirtiéndolas en elementos enormemente excitables a los efectos dinámicos por sollicitación del viento.

El viento ha sido el causante de muchas muertes en distintas partes del mundo. Uno de los acontecimientos más importantes para la aerodinámica y la ingeniería civil, se desarrolló en 1940 con el colapso del puente Tacoma, así como este, muchas otras estructuras como puentes, naves industriales y paneles publicitarios colapsaron, pero la importancia de este puente es que se tienen registros fílmicos de su comportamiento crítico

hasta su colapso, en dicho material se puede observar claramente el fenómeno de resonancia que se originó debido al viento.

Si bien es cierto, el Perú no es un país azotado por grandes ráfagas de viento como otros países del mundo, es por ello que los edificios en nuestro país no son vulnerables estructuralmente a los efectos del viento, a diferencia de los elementos no estructurales como las fachadas y letreros que sí lo son, es por ello que no se debe despreciar este factor en el diseño de estructuras que albergarán un sin número de personas. Por lo cual la ingeniería se debe de comportar de manera tal que aporte mejoras en cuanto a sus estructuras, mejorando la calidad de sus edificaciones.

Cuando se modela una estructura de pórticos de concreto armado , por lo general la carga estructural se la damos a las columnas y vigas que conforman el sistema de marcos, pero, cuando éstas no cumplen el requisito de derivas o cuando queremos volver más rígida la estructura ante desplazamientos laterales consideramos un caso en el cual existe un muro de mampostería entre vigas y columnas que si bien su función es la de división, conformación o cierre de espacios, por el solo hecho de estar "Confinado" entre las columnas y vigas aporta cierta rigidez al sistema.

A diferencia de otros sistemas estructurales, la versatilidad que tiene el sistema de marcos rígidos en cuanto a la posibilidad de la remodelación de sus ambientes internos, da una gran ventaja sobre los sistemas con muros portantes, es decir si queremos retirar un muro, no tendremos que preocuparnos por la estabilidad de la estructura, puesto que las vigas y las columnas se bastan para el soporte de la estructura.

El reglamento nacional de edificaciones nos pone parámetros para el análisis considerando distintos tipos de cargas, entre los principales tenemos a las cargas de sísmicas y de viento. Los edificios de gran altura, las estructuras especiales como letreros, naves industriales o tanques elevados, son los únicos que se diseñan considerando los

efectos del viento, pero es difícil determinar a partir de que altura es necesario considerar las cargas del viento y así tener un modelo conservador en cuanto a las cargas usualmente consideradas. El reglamento nacional de edificaciones del Perú en la norma E 020 de cargas en el capítulo 12 nos da referencias sobre las presiones que se deben de considerar para el diseño por cargas de viento, pero también nos da libertad de utilizar cualquier método de análisis reconocidos por la ingeniería, pero respetando sus valores consideraciones mínimas. Este reglamento cuenta con un anexo de un mapa de isotacas eólico del Perú, con la característica de que los datos tomados son a 10 m sobre el suelo y con una consideración de periodo de retorno de 50 años como se muestra en el anexo 2.

## **1.2 Trabajos previos.**

### **Internacional**

Pacheco y Tohala (2015) En su investigación titulada “Comparación de métodos para el cálculo de la carga de viento usada en la construcción de edificios en el Ecuador “ tiene como objetivo hacer la comparación de los métodos usados para el análisis de las cargas de viento entre los países Ecuador, Estados Unidos, México, Perú y Colombia. Las comparaciones se hicieron en base a 2 edificios ubicados en Ecuador, el primero de 31.92 metros de alto y el segundo de 190 metros de alto. El resultado final de las comparaciones de succiones y presiones para los 2 edificios y las 5 normas se dividió en 2 grupos, de las cuales las más conservadoras fueron las normas usadas en Ecuador y Perú, puesto que la diferencia de presiones resultantes por los métodos bajo un mismo caso, obedecen a la velocidad de diseño que la NORMA E 020 peruana admite como mínima es de 75 km/h.

Beltrán (2011) en su trabajo de investigación “Efectos de las cargas de viento sobre las estructuras. Análisis de la Norma nch 432 of 71” el cual tiene como finalidad dar a conocer información de los efectos físicos que produce el viento sobre las estructuras, además detalló algunos de los efectos más representativos que provoca el viento sobre

diferentes tipos de estructuras, los factores que influyen en la estimación, tanto de la velocidad de viento de diseño y de las cargas que produce el viento sobre las edificaciones en el país de Chile, proporcionando de esta forma una mayor cantidad de información sobre los efectos físicos que genera el viento sobre las estructuras, puesto que cree que la norma chilena vigente NCh 432 Of. 71 cuenta con información muy escasa y muy generalizada. Para lograr su cometido, hizo una comparación con la norma ASCE 7-05. Beltrán llegó a la conclusión de que es verdad que sobre estructuras rígidas, de hormigón armado, o de albañilería, la fuerza del viento no implica un peligro para la estabilidad como ocurre en el caso de los sismos.

Pigatto (2011) En su tesis titulada “Presiones ejercidas por el viento en fachadas de edificios altos: estudio comparativo de los valores obtenidos a través de ensayos en túnel de viento y especificaciones normativas” tiene como objetivo principal, hacer un comparativo de las presiones ejercidas por el viento en edificios altos según el reglamento vigente en Brasil con las presiones que realmente son ejercidas por las estructuras utilizando el túnel de viento. La preocupación principal del autor es evitar los accidentes ocasionados por el viento al derribar los recubrimientos de las fachadas de los edificios altos. Luego de las pruebas de laboratorio que realizó Pigatto con el túnel de viento, tuvo como resultado que la máxima diferencia de presiones para el sentido de succiones fue de 75% entre NBR/Túnel.

Totter (2008) En su trabajo de investigación titulada “Análisis del efecto aeroelástico en la vibración transversal de estructuras sometidas a la acción de viento” tiene como objetivo fundamental la elaboración de modelos de análisis dinámicos para estructuras tipo torres que estuvieran sometidas a cargas de viento teniendo en cuenta los efectos aeroelástico y vórtices. Para este fin Totter identificó parámetros y variables que influyen en el comportamiento dinámico de una estructura que está sometida a cargas de

viento y los seleccionó en grupos. Estos parámetros serán tomados en el presente trabajo para identificar la similitud de las normas.

Ossandon (2008) en su trabajo de investigación que lleva por nombre “Determinación de la acción del viento sobre las estructuras en Chile”, tuvo como objetivo principal estudiar las cargas de diseño de viento para las estructuras ubicadas en 11 localidades a lo largo de Chile siguiendo los criterios de la norma ASCE 7-05, y la normativa chilena NCh432.Of71. Se obtuvieron las velocidades del viento a través de estudios meteorológicos calculados a través de estaciones meteorológicas, de las 11 localidades, los cuales fueron los únicos que cumplieron con los requisitos de antigüedad, entorno de los momentos en el que obtuvieron los datos, las características de la estación, entre otros. De la comparación se concluyó que la normativa chilena, está lejos de poder presentar las necesidades en características de viento para su territorio nacional.

Delaloye (s.f) en su trabajo titulado “Acción del viento sobre estructuras” se preocupa en el análisis del viento sobre las estructuras de concreto armado considerando una esbeltez superior a 3, así como también dándole solución a la sollicitación que resulta de las fuerzas del viento aumentando elementos que puedan aportar a la rigidez de la estructura en sus direcciones desfavorables. La característica principal de este trabajo, es que se basa en la norma argentina CIRSOC 102 para la acción del viento sobre las construcciones, que fue desarrollado por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial, en su versión de junio de 1994.

### **Nacional**

Condori (2014), en su proyecto de tesis denominado ”Comparación del comportamiento sísmico lineal y no-lineal, en el análisis y diseño estructural de un edificio alto, con disipadores de energía e interacción suelo estructura” tuvo como objetivo analizar, evaluar y comparar los métodos simplificados de análisis sísmicos, planteados en la norma

peruana de diseño de estructuras. También desea calcular las derivas de entrepiso o distorsiones de cada modelo sísmico y modelos por acción de viento, además también determinar si estas metodologías son fáciles de aplicar para predecir el comportamiento global de una estructura con elementos antisísmicos para afrontar la realidad peruana y comprobar si las estimaciones que entrega, son lo suficientemente precisas cuando se analiza una estructura real.

Quijano (2011) en su tesis de grado "Simulación de la dinámica del viento superficial sobre la costa de Ica utilizando el modelo numérico de la atmósfera de mesoescala mm5", realizó la simulación numérica del viento superficial sobre el mar del pacífico frente a la costa peruana, principalmente frente a la costa del sur del Perú, con el objetivo de identificar y contar los procesos físicos responsables que intensifican el viento en esta región, Quijano utilizó el modelo atmosférico regional de Mesoescala (MM5), valiéndose de este modelo, generó 3 experimentos numéricos, los cuales arrojaron resultados donde se ratifica que el modelo representa bien los vientos superficiales aproximadamente hasta 950hPa. Además identifica secciones de máxima intensidad de velocidad del viento, ubicados muy cerca a la costa de Paracas y Marcona, al cual denominó Jet Costero (JC).

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **Característica del viento atmosférico**

El viento es un fenómeno en el que sus velocidades muestran fluctuaciones irregulares por lo que se clasificaría como turbulento ya que se desarrolla dentro de la llamada capa límite terrestre. Esta capa grafica los límites de la sección en contacto con la superficie del terreno, además de las líneas de gradiente para cada tipo de flujo.

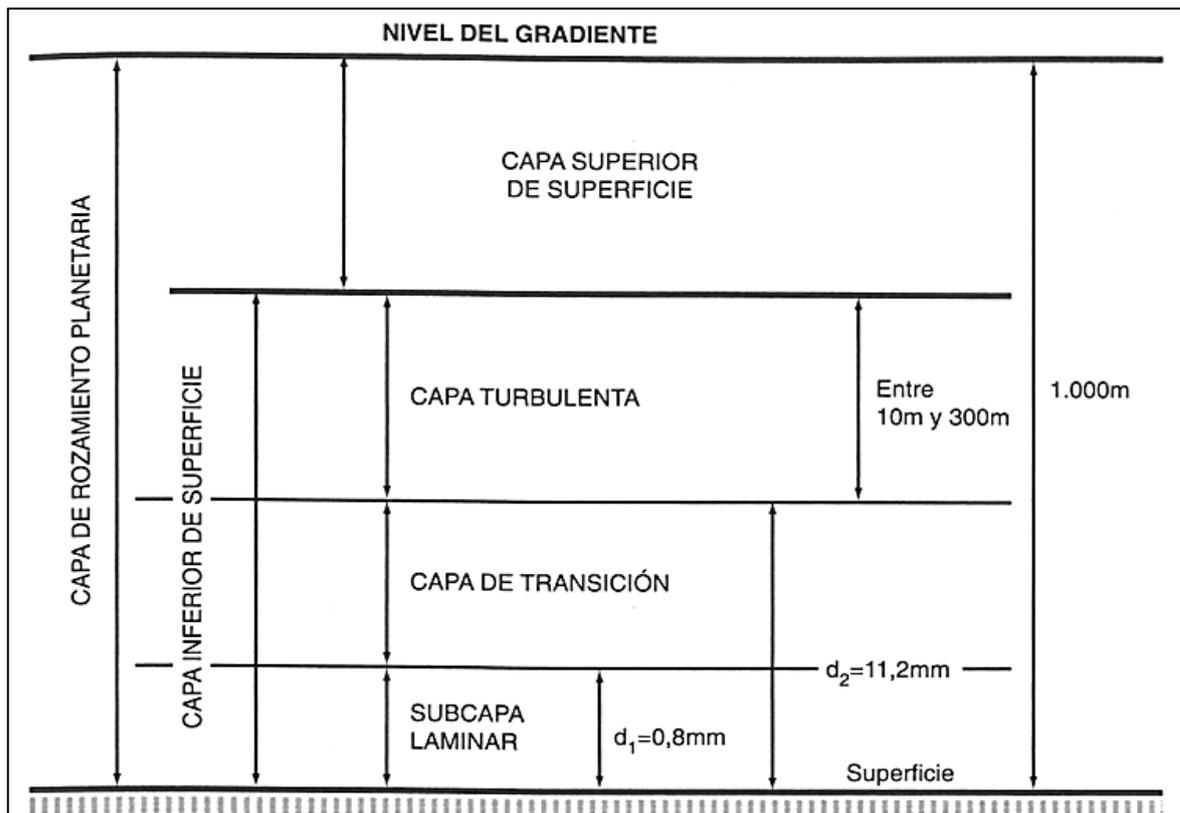


Figura 1. Capa límite terrestre donde se plasma el tipo de flujo del viento sobre la superficie. Fuente: Totter, E. 2008) Análisis del efecto aeroelástico en la vibración transversal de estructuras sometidas a la acción del viento (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza: Argentina.

Las velocidades del flujo de aire estarán compuestas por una componente media característica ( $V_M$ ) y una componente de velocidad fluctuante ( $\Delta V(t)$ ), que será variable en el tiempo como puede observarse en la ecuación (2.6).

$$V(t) = V_M + \Delta V(t) \quad (2.6)$$

El registro de velocidades de aire en el tiempo de un viento de este tipo, responde a las características de un proceso aleatorio o estocástico, es decir que para un determinado valor de la variable independiente temporal  $t$ , no se puede asociar a la misma un valor de la variable dependiente velocidad del aire  $V(t)$ .

Es posible representar este registro de velocidades, a partir de la correcta definición de sus parámetros estadísticos y teniendo en cuenta los respectivos espectros de potencia que lo caracterizan. Se logra con esto un registro temporal simulado de velocidades de viento, que constituye una herramienta muy importante para los procesos de predicción

numérica de las respuestas de una estructura utilizando modelos matemáticos desarrollados especialmente. (Totter 2008, p. 40)

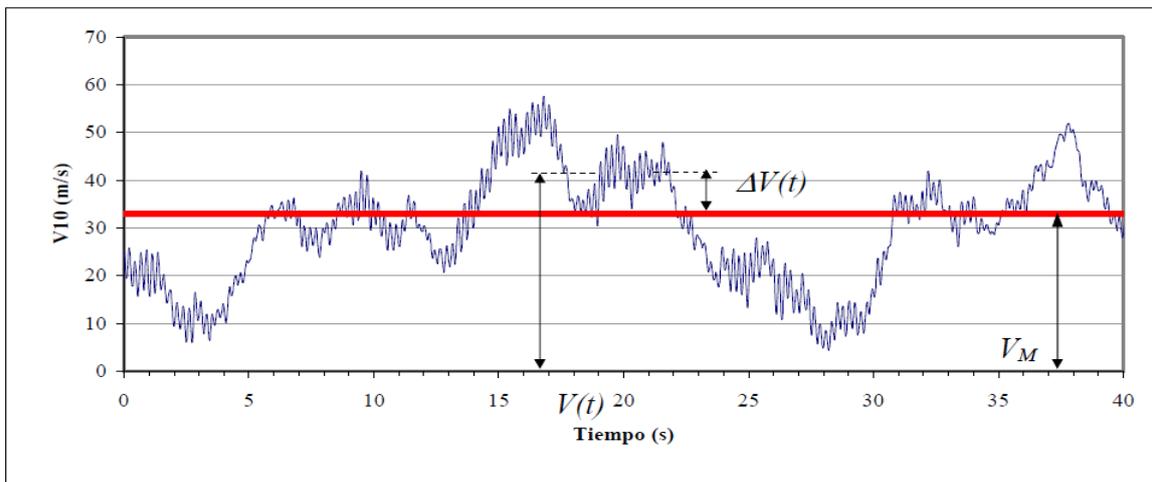


Figura 2. Ejemplo de registro temporal de velocidades de viento. Adaptado. Fuente: Totter, E. (2008) Análisis del efecto aeroelástico en la vibración transversal de estructuras sometidas a la acción del viento (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza: Argentina.

La figura 2, se representa gráficamente un registro de velocidades de viento en función al tiempo, con un intervalo de 40 segundos, medida a 10m de altura sobre el nivel de terreno, en la cual se pueden observar las fluctuaciones propias del fluido en su flujo turbulento, donde la velocidad media señalada en el registro ( $V_M$ ), corresponde a un valor de 33.0 m/s, además se muestra la componente de velocidad fluctuante ( $\Delta V(t)$ ), que serán positivos y negativos respecto a la velocidad media del registro.

### **Vulnerabilidad estructural.**

El ingeniero Daniel Comarazamy en el manual de capacitación Mitigación de desastres en instalaciones de salud (OPS/OMS), describe que: “Las expresiones estructural, o sistemas primarios, se refieren a aquellas partes de un edificio que absorben las cargas gravitacionales y laterales y las transmiten al suelo de manera que mantienen la estabilidad de la construcción. Entre éstos se incluyen los cimientos, las columnas, los muros portantes, las vigas y los diafragmas.” (2005, p. 5), entonces si estos elementos están propensos a falla, se podría decir que presentan vulnerabilidad.

### **Vulnerabilidad no estructural.**

Comarazamy, (2005) describe que: “Los sistemas no estructurales o secundarios se pueden agrupar en tres categorías: 1) elementos arquitectónicos, 2) instalaciones de servicios básicos y 3) equipos. La primera categoría comprende los componentes de un edificio que están unidos a las partes estructurales (ventanas, puertas, techos, cielos rasos, tabiques, muros no portantes, etc.) y que no desempeñan una función esencial de resistencia a cargas eólicas o de otra índole. La segunda categoría incluye los elementos que cumplen funciones esenciales en el funcionamiento del edificio (sistemas de plomería, conexiones eléctricas, calefacción, ventilación, acondicionadores de aire, etc.). La tercera categoría abarca los elementos que sencillamente están dentro de las edificaciones (equipos y suministros médicos, equipo mecánico, muebles, etc.).” ( p. 5-6).

### **Interacción Fluido-Estructura.**

Las constantes variaciones de velocidad del viento originan presiones fluctuantes positivas, distribuidas sobre la cara expuesta a la acción del viento la estructura. En contraste con ellas, en la cara a sotavento se generan succiones fluctuantes negativas. El viento impacta sobre el área expuesta a barlovento y luego es desviado a ambos lados, donde las esquinas producen la bifurcación del flujo con respecto a la superficie del edificio, provocando una sección con altas presiones negativas. Este flujo separado posteriormente resulta en la formación de vórtices, los cuales se separan alternativamente. Esta región es denominada “región de estela”. En la figura 3 se muestran las cargas del viento y respuestas resultantes a la acción del viento sobre una estructura simétrica de base rectangular.

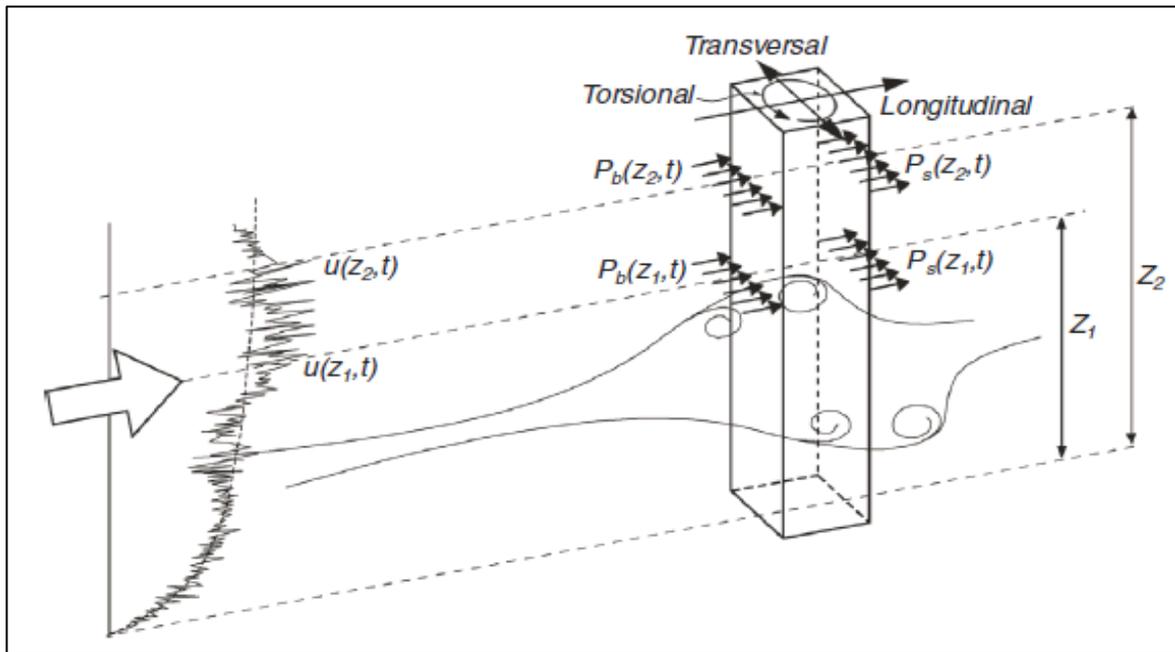


Figura 3. Cargas de viento y respuesta resultante sobre una Estructura. Nota: Representación gráfica del comportamiento del viento fluctuante sobre una estructura esbelta. Fuente: Castro, H., De Bortoli, M., Paz, R. y Marighetti, J. (2015). Una metodología de cálculo para la determinación de la respuesta dinámica longitudinal de estructuras altas bajo la acción del viento. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, 31(4), 235-245.

La carga instantánea sobre la estructura, originada por la interacción con el viento, resulta entonces en tres componentes de la respuesta estructural. La componente longitudinal se debe principalmente a las fluctuaciones de presión originadas por el viento incidente, las cuales provocan un balanceo en la misma dirección del viento. La componente transversal constituye un balanceo perpendicular a la dirección del viento, inducido por las fluctuaciones de presión en las paredes laterales del edificio, originadas por la separación del escurrimiento, el desprendimiento de vórtices y el flujo en la región de la estela. La componente torsional resulta del desequilibrio provocado por la desigual distribución de presiones instantáneas sobre la envolvente de la estructura. (Castro et al, 2015, p. 237).

**Factores que influyen en estructuras sometidas a cargas de viento.**

Independientemente de la norma o método utilizado para describir o estudiar el fenómeno, podemos identificar una gran cantidad de variables y parámetros que podrían afectar o influir en el comportamiento de la estructura frente a solicitaciones del viento.

Con respecto a estos parámetros, Totter, donde intenta clasificar estos parámetros en función a la estructura, a su exposición y el viento sin el afán de ordenar o priorizar los factores citados, en la figura 4 se observa los 3 grupos propuestos por el ya mencionado.

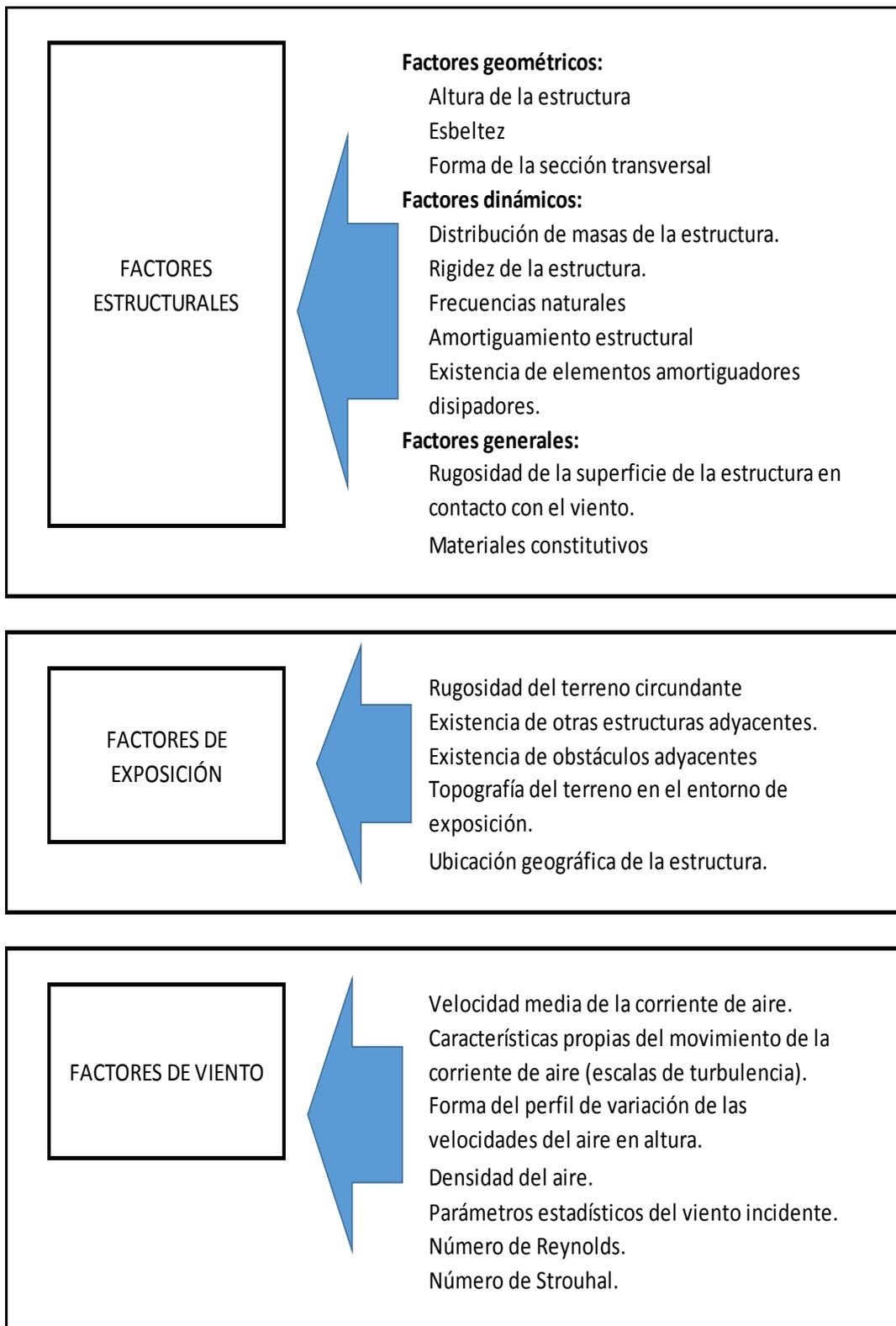


Figura 4. Parámetros que influyen en la acción del viento.

Nota: Donde se muestran 3 grandes grupos de factores para considerar en el análisis del viento sobre estructuras. Adaptado. Fuente: Totter, E. (2008). Análisis del efecto aeroelástico en la vibración transversal de estructuras sometidas a la acción del viento (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza: Argentina.

## **Medición de viento para cálculo**

Debido a la característica fluctuante del viento, clasificada como flujo turbulento, se suele registrar valores instantáneos de su velocidad y dirección para la elaboración de las rosas de viento, ir al diseño con estos datos podría no representar de manera adecuada el análisis e incurrir en error, por lo que se usan valores promediados en distintos intervalos de tiempo. De acuerdo a esto se tienen distintos criterios adoptados por las normas para determinar la velocidad básica o referencial del viento, que por lo general depende del intervalo de tiempo utilizado para su registro:

- **Ráfaga de Viento de 3 Segundos** (“peak 3-s gust speed”). Tomando la velocidad de la ráfaga de viento en una tormenta, promediada en un intervalo de tiempo de 3 segundos y es tomado por la norma Americana ASCE 7-05 para el cálculo de velocidades básicas.
- **Milla más Rápida** (“fastest mile speed”). Se define como la máxima velocidad de una tormenta promediada sobre el período de tiempo requerido para pasar en un punto un volumen de aire por una distancia horizontal de una milla. Esta definición está basada en los dispositivos de registro que existían hasta los años 90 en EEUU.
- **Velocidad del Viento en 10 Minutos** (“10-min wind speed”). Corresponde a la velocidad del viento que será promediada en un intervalo de tiempo de 10 minutos y es usada para propósitos de diseño por el Eurocodigo 1, en conformidad con la práctica de la Organización Mundial de Meteorología (OMM).
- **Velocidad Horaria del Viento** (“hourly wind speed”). Corresponde a la velocidad promediada en un intervalo de tiempo de 1 hora y es comúnmente usada como velocidad de referencia para simulaciones en túneles de viento.

### **1.4 Formulación del problema de investigación**

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó los siguientes problemas de investigación:

## **Problema general**

El problema general de la presente tesis, radica en identificar ¿Qué factores toman en cuenta la Norma Peruana y Normas Internacionales sobre edificios esbeltos de concreto armado por solicitaciones de Viento?

## **Problemas específicos**

Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- ¿Cómo será la acción del viento sobre una estructura esbelta, aplicando las disposiciones de la norma E 020, CIRSOC 102, mexicano y Eurocodigo 1?
- ¿Las cargas de viento por la norma E 020 serán inferiores a las Normas extranjeras?

## **1.5 Justificación de estudio**

Se presenta este proyecto con el fin de comparar métodos para la determinación de las cargas de viento para su consideración en el diseño de estructuras aporticadas, además de conocer la influencia de las cargas de viento respecto a la altura y la superficie expuesta. Nos centraremos en el estudio del reglamento nacional de edificaciones en la NTE E. 020 para hacer los comparativos de diferentes alturas de estructuras ubicadas en la ciudad de Ica, así poder ver mediante gráficos la relación altura- presión para considerarlo en el diseño de estructuras aporticadas.

## **Justificación teórica**

El uso de las normas es sumamente importante puesto que nos ponen parámetros así como las consideraciones mínimas determinadas por las experiencias en el diseño y la respuesta de estructuras sobre las que el viento ha actuado, además es necesario tener los registros históricos de las velocidades del viento en distintas zonas del país, así como el tiempo de retorno para los máximos registros.

### **Justificación metodológica**

Los procedimientos de Diseño Estructural en el Perú y en distintas partes del mundo han seguido a Normas desarrolladas por otras sociedades con conocimiento más avanzado. Los métodos del cálculo de la acción del viento tienen mayores criterios, tal como lo dice Beltrán (2012) “Las cargas sísmicas y de viento son dos cargas laterales principales para las estructuras [...]. El código ASCE 7-05 se muestran tres métodos para determinar la carga del viento en el diseño de distintas estructuras: Procedimiento simplificado, Procedimiento Analítico, Túnel de Viento” (p.76).

### **Justificación tecnológica**

Si realizamos la comparación y análisis de normas para el diseño usadas en otros países, podremos aprender de las experiencias de países que tienen métodos distintos al nuestro para calcular sus presiones y succiones en distintos tipos de estructuras independientemente de la altura y masa que tengan.

### **Justificación económica**

El viento es una carga muy significativa en el diseño de estructuras aporticadas de concreto armado, toda vez que la estructura sea de gran altura y tenga una amplia superficie expuesta perpendicularmente a las fuerzas del viento.

Según Mendis, P. & Ngo, Tuan & Haritos, N & Hira, Anil & Samali, Bijan & Cheung, John. (2007)):

Las presiones no son constantes, pero son altamente fluctuantes, en parte como resultado de la ráfaga del viento, pero también debido a la caída del vórtice local en los bordes de las estructuras mismas. Las presiones fluctuantes pueden provocar daños por fatiga en las estructuras y, en la excitación dinámica, si la estructura resulta dinámicamente sensible al viento. Las presiones tampoco se distribuyen uniformemente sobre la superficie de la estructura, sino que varían según la posición. Las complejidades de la carga del

viento deben tenerse en cuenta al aplicar un documento de diseño. Debido a las muchas incertidumbres involucradas, las cargas máximas de viento experimentadas por una estructura durante su vida útil pueden variar ampliamente de las asumidas en el diseño. Por lo tanto, la falla o no falla de una estructura en una tormenta de viento no necesariamente se puede tomar como una indicación de la no conservación, o conservador, del Estándar de Carga de Viento. (Mendis et al, 2007, p.43)

## **1.6 Objetivos de la investigación**

### **Objetivo general**

El objetivo general de la tesis será revisar las consideraciones de cálculo de la norma peruana y normas internacionales por acción del viento.

### **Objetivos específicos**

- Calcular la acción del viento sobre una estructura en esbelta, aplicando las disposiciones de la Norma E 020, CIRSOC 102, MEXICANO y EUROCODIGO 1
- Contrastar los resultados obtenidos del cálculo de cargas de viento.

## **II. METODOLOGÍA**

## **2.1. Diseño de Investigación**

El diseño de este proyecto de investigación es:

### **No Experimental:**

“Se lleva a cabo sin manipular la (s) variable(s) independiente(s) toda vez que los hechos o sucesos ya ocurrieron antes de la investigación. Por ello, se considera como investigación exposfacto. También se denomina estudio retrospectivo, porque se trabajara con hechos que se dieron en la realidad” (Valderrama, 2013, p.178). Según Santiago Valderrama Mendoza, en este tipo de diseño el investigador debe observar los problemas para ser analizados posteriormente en su ambiente natural, así poder ver su correlación o explicando las causas y efectos, y en algunos casos predecir problemas que podrían suscitarse en un futuro.

### **Cualitativo:**

Según Bisquera (2004) “El enfoque cualitativo es una actividad sistemáticamente orientada a la comprensión (...) y desarrollo de un cuerpo de conocimiento” (p.276).

## **2.2. Variables, Operacionalización**

### **Identificación de variables**

La variable que se desarrolla en este trabajo de investigación es:

- Variable independiente: Norma Peruana y Normas Internacional.

### **Operacionalización de variables**

Indica la forma como se va a medir las variables, se definen las dimensiones e indicadores de medición.

## Matriz de Operacionalización de variables.

Tabla 1

Matriz de Operacionalización de las variables de la investigación

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES						
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala de Medición
Norma Peruana y Normas Internacional	Son las pautas que establecen en una metodología para diseñar, analizar, y predecir el comportamiento de estructuras, para garantizar la veracidad y calidad de los cálculos.	Para el desarrollo de la variable se tomara en cuenta el mapa eólico mostrado en el E0.20; por estar	Calculo dinámico	Amplificación dinámica	Turbulencia	Nominal
		emplazado en el territorio nacional, para posteriormente seguir los lineamientos plasmados en cada norma.	Calculo estático	Forma de estructura	Tipo de topografía / Normas	Nominal
				Topografía	Rugosidad del terreno / Normas	Ordinal
					Factor de forma / Normas	Nominal
					Velocidad	Altura de estructura
					Datos meteorológicos	Nominal

Fuente: Elaboración propia.

### 2.3. Población, Muestra Y Muestreo

- Población: La población serán las normas técnicas de análisis de viento.
- Muestra: El presente trabajo se analizará: NTE E.020, norma mexicana, CIRSOC 102, y EUROCODIGO 1.
- Muestreo: Para el presente trabajo se hará el muestreo probabilístico o muestreo por conveniencia, según Santiago Valderrama (2013) “cuando se aplica el muestreo probabilístico supone demasiado costo o demasiado tiempo, los investigadores aplican el muestreo no probabilístico [...] este tipo de muestreo puede, en muchas circunstancias, ser muy útil, incluso aunque no pueda medirse el error muestral” (p.193).

### 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

#### Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el logro de cada uno de los objetivos específicos se considerarán las siguientes

técnicas e instrumentos:

- Trabajos de titulación previa a esta tesis.
- Artículos científicos.
- Estudios técnicos.
- Norma extranjeras evocadas al viento.

## **Validez Y Confiabilidad**

### **Validez:**

“Se entiende por validez el grado en que la medida refleja con exactitud el rasgo, característica o dimensión que se pretende medir (...). La validez se da en diferentes grados y es necesario caracterizar el tipo de validez de la prueba” (La Torre, 2007, p. 74).

En este trabajo nos basamos en los métodos de cálculo señalados por las normas estudiadas, normas aceptadas por los profesionales y autoridades de los países al que pertenecen las normas.

### **Confiabilidad:**

Valderrama (2013), Sostiene que: “Un instrumento es confiable o fiable si produce resultados consistentes cuando se aplica en diferentes ocasiones (estabilidad o reproducibilidad (réplica)). Esquemáticamente, se evalúa administrando el instrumento a una misma muestra de sujetos, ya sean dos ocasiones diferentes (repetividad) o por dos o más observadores diferentes” (p. 215).

## **2.5 Método de análisis de datos**

En la presente investigación, el análisis de los datos se lleva a cabo por computadora u ordenador. El software que se emplearán para el presente proyecto de investigación, será Microsoft Excel (hoja de cálculo), la cual mostrará los resultados mediante tablas, gráficos, cuadros, etc. Para posteriormente hacer una comparación cualitativa de los resultados y procesos de las normas.

## **2.6 Aspectos Éticos**

El investigador se compromete a respetar la veracidad de los resultados, la confiabilidad de los datos tomados de los reglamentos, así como los datos asumidos para lograr los objetivos del presente trabajo.

### **III. RESULTADOS**

En el presente capítulo se indican los aspectos más relevantes de la norma Peruana E 020, La norma argentina CIRSOC 102, La Norma mexicana y el EUROCODIGO 1991-1-1-4:2005 para el determinar la acción del viento sobre las estructuras, de manera de establecer una comparación a partir de los factores más representativos que definen la presión del viento en cada una de estas normas.

### **3.1 Consideraciones Generales**

#### **Ubicación de estudio**

La zona costera de Ica posee una geografía única y particular pues la superficie está formada principalmente por pampas muy extensas de relieve plano o poco ondulado, atravesados por un conjunto de valles agrícolas. Entre la Península de Paracas y el valle de Ica, se registra la mayor intensidad de vientos promedio, en comparación con las demás regiones costeras.

#### **Climatología**

Generalmente, la climatología de Ica es cálido seco, similar a zonas desérticas, donde la humedad relativa atmosférica más alta se encuentra a lo largo de su litoral costero y tiende a disminuir a medida que se adentra hacia el este. Su temperatura en verano puede alcanzar los 32°C y en invierno desciende hasta 17°C, la temperatura promedio del año es de 21° C. Las lluvias no son frecuentes, pero en ocasiones se puede presentar precipitaciones de entre moderada y fuerte intensidad, tal como ocurrió el 29 de enero del año 1998, aparentemente relacionado al fenómeno de “El Niño”. En cuanto a los vientos, son considerados uno de los más intensos de toda la costa peruana, con velocidades máximas entre 10m/s a 12m/s mientras que para los eventos de Viento Paracas, estos valores podrían ser superiores, como sucedió en el año 2015 según el Senamhi se ha registrado el viento más intenso de estos últimos años. Se registraron vientos sostenidos de 60 kilómetros por hora (km/h) en las zonas de Ica y específicamente en Pisco. Y ráfagas (fuertes golpes de viento repentinos

y de corta duración) que han llegado incluso a 90 km/h, vientos muy intensos que han generado levantamiento de polvo y arena.

En el anexo 3 se adjuntan los datos registrados en la estación FONAGRO ubicada en Chincha, producto de dicha información se elaboró la figura 5, donde se puede observar el registro de la velocidad máxima mensual del viento desde enero del 2013 hasta noviembre del 2017 en el que se da cuenta de las velocidades fluctuantes y la inexistencia de patrones para determinar la fecha de ocurrencias de los conocidos vientos paracas, estos vientos tienen picos altos de 100 km/h con velocidad sostenida de 60 km/h.

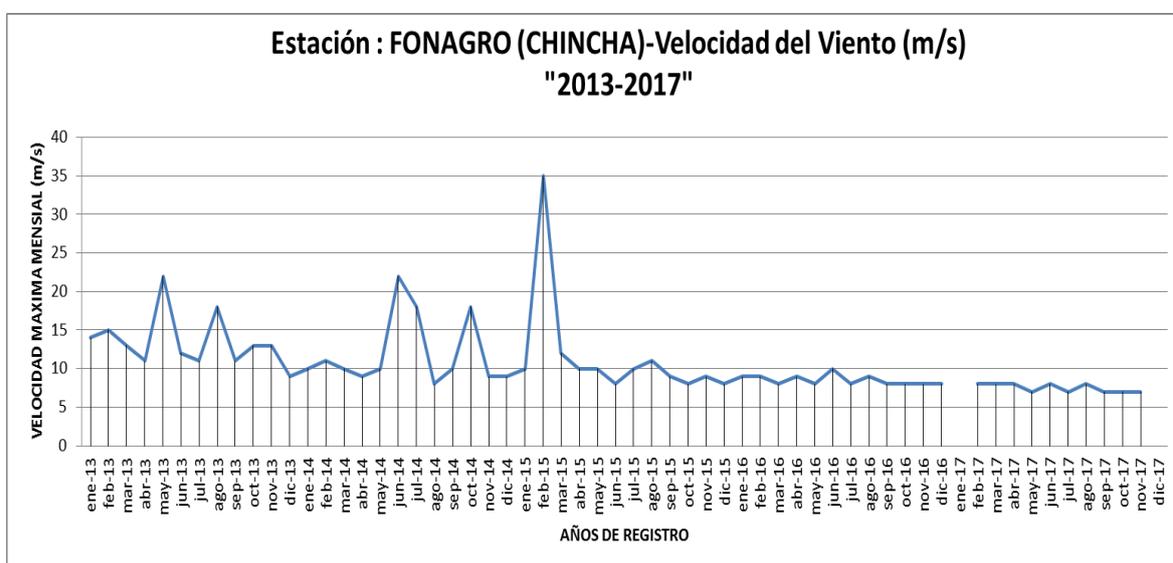
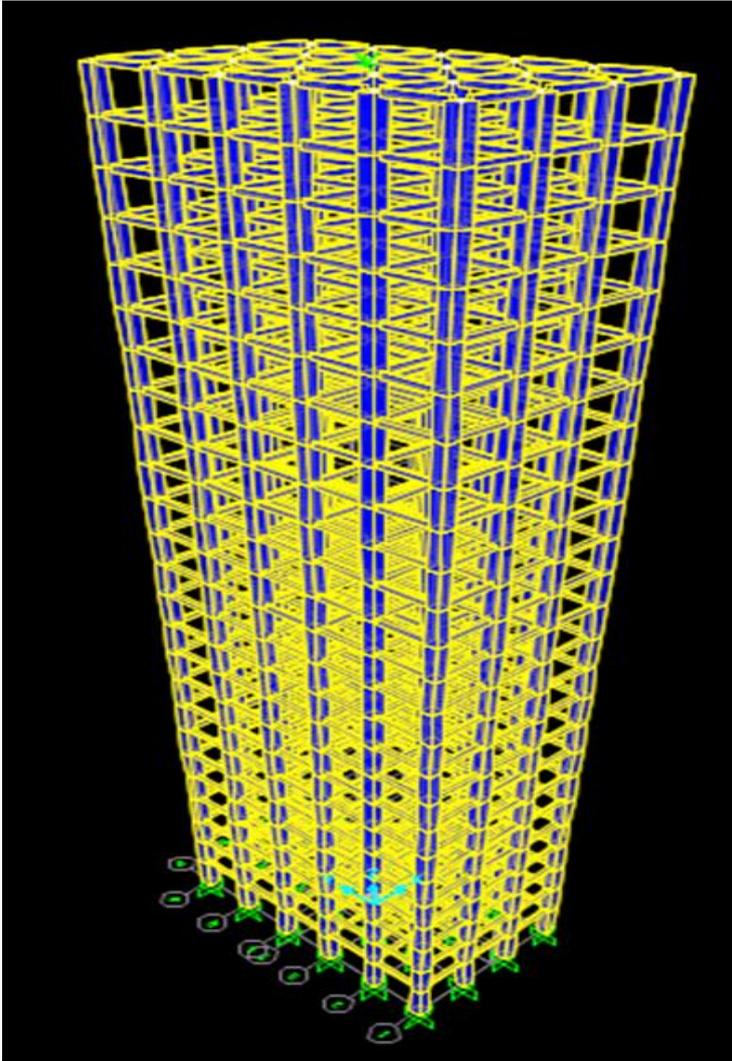


Figura 5. FONAGRO (chincha)- Velocidad del viento (m/s). Fuente: Elaboración propia.

### Modelo estructural

Para esta tesis se tomará un modelo estructural ideal. La distribución con la que cuenta la estructura es simétrica, con columnas cuadradas de 1.00 metro, en el cual se considerara que los elementos estructurales horizontales cuentan con una rigidez infinita. La dimensión en planta del edificio es de 15 metros en el eje y-y, 25 metros en el eje x-x y tendrá una altura de 90.40 metros de altura. En la figura 6 se puede observar una vista isométrica de la estructura y su distribución.



*Figura 6.* Vista isométrica del modelo estructural compuesto de un sistema aporricado, donde se ve 4 vanos en el eje y-y, 5 vanos en el eje x-x y los 25 pisos de altura. *Fuente:* Elaboración propia.

### **3.2 Análisis de la Norma Peruana NTE E.020**

A continuación, se resumen aquellas disposiciones esenciales de la norma Peruana E-020 de cargas ubicado en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### **Definiciones y Consideraciones Preliminares**

La filosofía de diseño de la NTE E.020 describe que las edificaciones y todas sus partes deberán ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de su uso previsto. Estas actuarán en las combinaciones prescritas y no deben causar esfuerzos ni deformaciones que excedan los señalados para cada material estructural en su Norma de diseño específica.

La estructura, los elementos de cierre y los componentes exteriores de todas las edificaciones expuestas a la acción del viento, serán diseñados para resistir las cargas (presiones y succiones) exteriores e interiores debidas al viento, suponiendo que éste actúa en dos direcciones horizontales perpendiculares entre sí. En la estructura la ocurrencia de presiones y succiones exteriores serán consideradas simultáneamente.

### **Clasificación de la estructura**

Para el diseño según esta norma, clasifica a las estructuras en 3 tipos.

- Tipo 1: el reglamento coloca en esta clasificación a las estructuras poco influenciadas por el viento, como edificios de pequeña altura y estructuras que no sufran variación en su cubierta al contacto con el viento.
- Tipo 2: en esta clasificación se considera a las estructuras sensibles a las ráfagas de viento, como anuncios, edificios con gran esbeltez y tanques elevados. También señala que las presiones y succiones serán afectadas por un factor de 1.2 con relación a las presiones halladas para el tipo 1.
- Tipo 3: en este punto se considerarán estructuras con problemas aerodinámicos como chimeneas, domos, naves industriales, domos etc. Para este tipo de estructuras el análisis de presiones y succiones no tiene un método determinado, por lo que el reglamento nos da libertad de utilizar métodos reconocidos por la ingeniería.

Para este caso, la estructura por tener 25 pisos de alto, la clasificaremos en el tipo 2, por lo que debe ser afectado por el factor 1.2 al obtener las presiones y succiones.

### **Velocidad de diseño.**

El cálculo para determinar la velocidad de diseño se debe hacer con la siguiente formula:

$$V_h = V * \left(\frac{h}{10}\right)^{0.22} \quad (1)$$

Dónde:

- $V_h$  : velocidad de diseño en la altura  $h$  en Km/h
- $V$  : velocidad referencial de diseño hasta 10 m de altura en Km/h
- $h$  : altura sobre el terreno en metros (ver anexo 2)

El reglamento no permite usar una Velocidad referencial menor a 75 km/h, este criterio amplificaría las cargas en las ciudades que tienen un registro menos al mínimo. En este caso la velocidad de diseño para la ciudad de Ica según el mapa de isotacas es de 100 km/h, por lo que aplicando la ecuación para determinar la velocidad del viento a distintas alturas hasta los 90.40 metros de alto, como se observa en la tabla 2.

Tabla 2

*Velocidad de diseño por viento según la norma E020.*

Altura [m]	$V_h$ [km/h]	Altura [m]	$V_h$ [km/h]	Altura [m]	$V_h$ [km/h]
4.00	81.74	40.00	135.66	76.00	156.24
7.60	94.14	43.60	138.26	79.60	157.83
11.20	102.52	47.20	140.69	83.20	159.38
14.80	109.01	50.80	142.98	86.80	160.87
18.40	114.36	54.40	145.15	90.40	162.31
22.00	118.94	58.00	147.22		
25.60	122.97	61.60	149.18		
29.20	126.59	65.20	151.05		
32.80	129.87	68.80	152.85		
36.40	132.87	72.40	154.58		

*Fuente:* Elaboración propia.

### **Carga exterior de viento**

La carga exterior sobre la estructura, serán presiones o succiones que son ejercidas por el viento que por disposición de la NTE E.020 se supondrá estática y perpendicular a la superficie sobre la cual actúa.

Se procede con el cálculo de las cargas del viento sobre las superficies expuestas a barlovento y sotaventos con la siguiente ecuación:

$$P_h = 0.005 C V_h^2 \quad (2)$$

Dónde:

- $P_h$  : presión o succión del viento a una altura  $h$  en  $\text{Kgf/m}^2$

- $C$  : factor de forma adimensional indicado en la Tabla 3
- $Vh$  : velocidad de diseño a la altura  $h$ , en Km/h

Tabla 3

*Factores de forma (C). Norma E 020*

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	0.8	-0.6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	0.7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	2	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	-0.4	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	0.4	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	0.8	-0.6
Superficies verticales ó inclinadas (planas ó curvas) paralelas a la dirección del viento	-0.7	-0.7

*Fuente:* Elaboración propia.

Analizando la superficie del edificio podemos determinar los valores  $C=+0.8$  para barlovento y  $C=-0.6$  para sotavento. Utilizando la ecuación para el cálculo de presiones, obtenemos como resultado las tablas 4 y 5:

Tabla 4

*Presión Ph a Barlovento (kgf/m<sup>2</sup>)*

Altura [m]	Ph		Ph Barlovento		Ph Barlovento [kgf/m <sup>2</sup> ]
	Barlovento [kgf/m <sup>2</sup> ]	Altura [m]	Altura [m]	Barlovento [kgf/m <sup>2</sup> ]	
4.00	26.73	40.00	73.62	76.00	97.64
7.60	35.45	43.60	76.46	79.60	99.65
11.20	42.05	47.20	79.18	83.20	101.60
14.80	47.53	50.80	81.78	86.80	103.52
18.40	52.31	54.40	84.28	90.40	105.38
22.00	56.59	58.00	86.69		
25.60	60.49	61.60	89.02		
29.20	64.10	65.20	91.27		
32.80	67.46	68.80	93.45		
36.40	70.62	72.40	95.58		

*Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 5

*Succión Ph a Sotavento (kgf/m<sup>2</sup>)*

Altura [m]	Ph Sotavento		Ph Sotavento		Ph Sotavento [kgf/m <sup>2</sup> ]
	Ph Sotavento [kgf/m <sup>2</sup> ]	Altura [m]	Altura [m]	Ph Sotavento [kgf/m <sup>2</sup> ]	
4.00	-20.05	40.00	-55.21	76.00	-73.23
7.60	-26.59	43.60	-57.34	79.60	-74.73
11.20	-31.53	47.20	-59.38	83.20	-76.20
14.80	-35.65	50.80	-61.33	86.80	-77.64
18.40	-39.23	54.40	-63.21	90.40	-79.04
22.00	-42.44	58.00	-65.02		
25.60	-45.37	61.60	-66.76		
29.20	-48.07	65.20	-68.45		
32.80	-50.59	68.80	-70.09		
36.40	-52.97	72.40	-71.68		

*Fuente:* Elaboración propia.

Además de cumplir con las disposiciones de la NTE E.020, los valores que se obtuvieron para presiones y succiones en barlovento y sotavento serán afectados por un factor de 1.2 para las estructuras del tipo 2.

Tabla 6

*Presiones y succiones en cada entrepiso.*

Altura [m]	Ph Barlovento [Kgf/m <sup>2</sup> ]	Ph Sotavento [Kgf/m <sup>2</sup> ]	Ph total [Kgf/m <sup>2</sup> ]
0	18.04	-13.53	
4.00	32.07	-24.06	56.13
7.60	42.54	-31.91	74.45
11.20	50.45	-37.84	88.29
14.80	57.04	-42.78	99.81
18.40	62.77	-47.08	109.85
22.00	67.91	-50.93	118.84
25.60	72.59	-54.44	127.03
29.20	76.91	-57.69	134.60
32.80	80.95	-60.71	141.67
36.40	84.75	-63.56	148.31
40.00	88.34	-66.25	154.59
43.60	91.75	-68.81	160.57
47.20	95.01	-71.26	166.27
50.80	98.13	-73.60	171.74
54.40	101.14	-75.85	176.99
58.00	104.03	-78.02	182.05
61.60	106.82	-80.12	186.94
65.20	109.52	-82.14	191.67
68.80	112.15	-84.11	196.25
72.40	114.69	-86.02	200.71
76.00	117.17	-87.87	205.04
79.60	119.58	-89.68	209.26
83.20	121.93	-91.44	213.37
86.80	124.22	-93.16	217.38
90.40	126.46	-94.85	221.31

*Fuente:* Elaboración propia.

En la tabla 6 se detallan los valores de la presión y succión sobre la estructura expresado en kgf/m<sup>2</sup> y además multiplicados por 1.2.

En la figura 7, se muestra gráficamente la presión y succión del viento en relación con la altura del edificio.

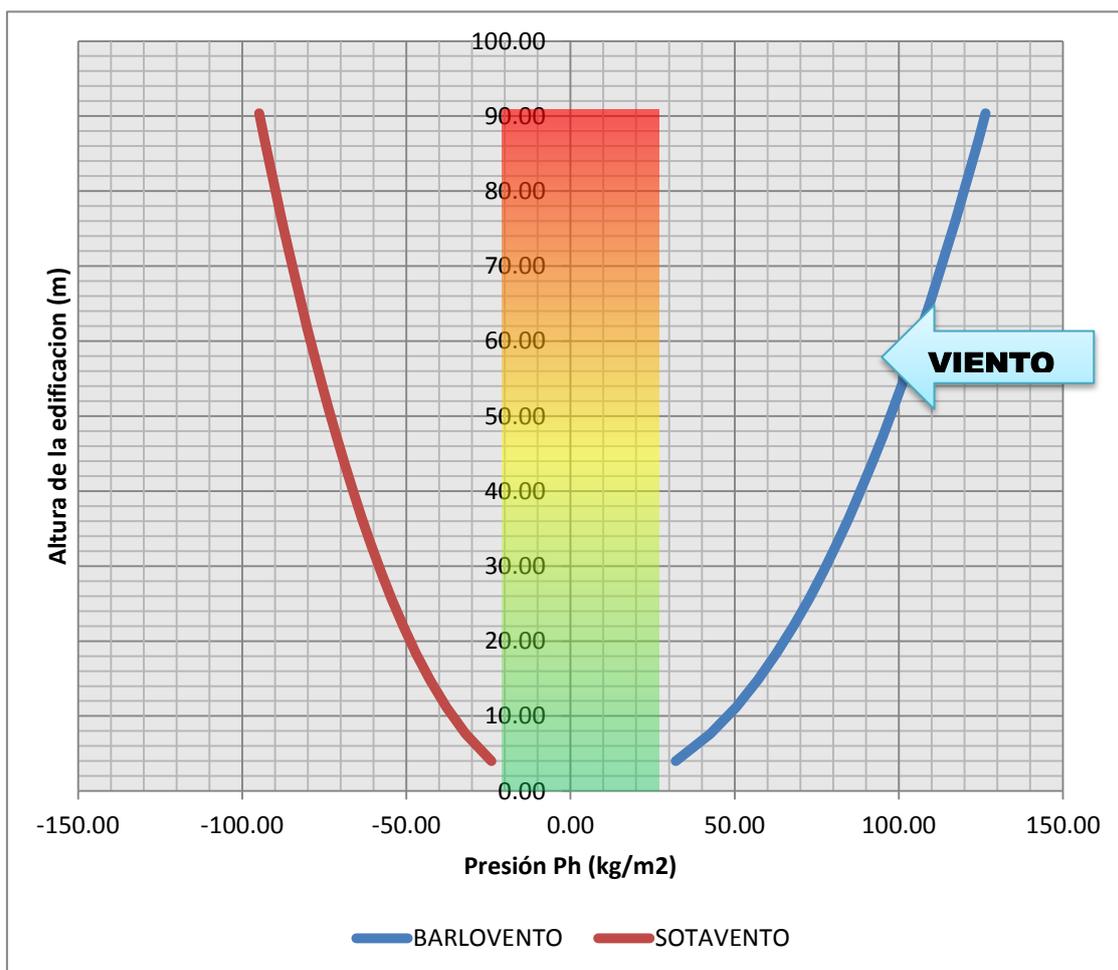


Figura 7. Presión vs Altura sobre edificio de 25 pisos según norma E 020. Fuente: Elaboración propia.

La presión total en el último entrepiso de la estructura sería de  $221.31 \text{ kg/m}^2$  que afectado por el área expuesta de un ancho de 25 metros y una altura correspondiente a la mitad de un piso de 3.6 m, siendo un área de 45 metros cuadrados que hace una carga puntual de 9.96 ton en el último piso.

### 3.3 Análisis de la Norma argentina CIRSOC 102

#### Definiciones y Consideraciones Preliminares

Para el análisis bajo esta norma se considerara los criterios del CIRSOC 102, donde se considerara que la dirección del viento será horizontal. Además, por recomendación de la norma, se deben de analizar el edificio por los lados más vulnerables a la acción del viento, una forma de determinar las caras de análisis es considerando el resultado de la relación

entre la altura y el ancho, un valor superior a 3. En el caso que esta esbeltez sea menor a 3, no será necesario analizar por cargas de viento. En la figura 8 se observa las dimensiones del edificio analizado.

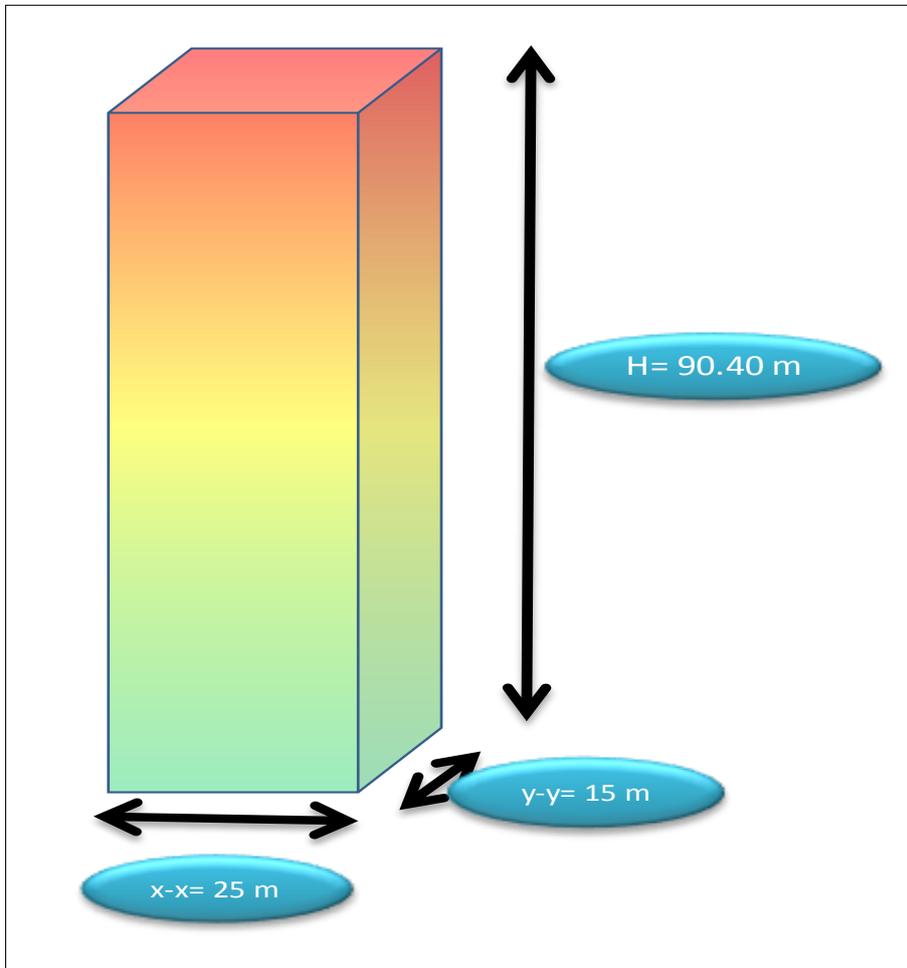


Figura 8. Medidas del edificio analizado en el eje X, Y y Z. Fuente: Elaboración propia.

La siguiente ecuación se usará para determinar la esbeltez de la edificación.

$$\lambda = H/x \quad (3)$$

Dónde:

- H es la altura de la edificación expresada en metros
- X el ancho de la edificación expresado en metros.

Esbeltez del edificio en el eje x-x es:

$$\lambda_a = \frac{90.40 \text{ m}}{25 \text{ m}}$$

$$\lambda_a = 3.616$$

Esbeltez del edificio en el eje y-y es:

$$\lambda_a = \frac{90.40 \text{ m}}{15 \text{ m}}$$

$$\lambda_a = 6.03$$

Como se puede ver, la esbeltez en ambos ejes coplanarios, es superior a 3 por lo que es necesario analizar la fuerza del viento en las 2 direcciones.

### **Velocidad Básica de Diseño**

Según la Norma, la velocidad básica es la velocidad que tiene una probabilidad  $P_m$  de ser excedida, por lo menos una vez en un período de  $m$  años, y corresponde a promedios de velocidad instantánea sobre intervalos  $\Delta t = 3$  segundos, tomada en exposición abierta sobre un terreno que cumple las características de rugosidad tipo I, a una altura normal de referencia  $z_0 = 10$  metros.

La velocidad básica de diseño  $V_o$  se calculará mediante la siguiente expresión:

$$V_o = C_p \cdot \beta \quad (4)$$

Siendo:

- $V_o$ : Velocidad básica de diseño, expresada en m/s.
- $C_p$ : Coeficiente de velocidad probable, que toma en consideración el riesgo y el tiempo de riesgo adoptado para la construcción. (Ver tabla 7)
- $\beta$  : Velocidad de referencia.

Tabla 7

Valores límite de la Probabilidad  $P_m$ , del Período de vida “ $m$ ”, y del coeficiente

Grupo	DESCRIPCIÓN	$P_m$	M	$C_p$
1	Construcciones cuyo colapso o deterioro puede afectar la seguridad o la sanidad pública y aquellas vinculadas con la seguridad nacional: hospitales, centrales eléctricas y de comunicaciones, reactores nucleares, industrias riesgosas, cuarteles de bomberos y fuerzas de seguridad, aeropuertos principales, centrales de potabilización y distribución de aguas corrientes, etc.	0.2	50	2.13
2	Edificios para vivienda, hoteles y oficinas, edificios educacionales, edificios gubernamentales que no se consideren en el grupo 1, edificios para comercios e industrias con alto factor de ocupación, etc.	0.5	25	1.65
3	Edificios e instalaciones industriales con bajo factor de ocupación: depósitos, silos, construcciones rurales, etc.	0.5	10	1.45
4	Construcciones temporarias o precarias: locales para exposiciones, estructuras de otros grupos durante el proceso de construcción, etc.	0.5	2	1.16

Fuente: Elaboración propia.

Para esta tesis, se supondrá que el edificio corresponde al grupo 2 de la clasificación de la figura 10, por lo que el coeficiente de velocidad probable  $C_p$  será 1.65.

La velocidad de referencia  $\beta = 100$  km por hora, este dato se obtuvo del mapa de isotacas de velocidad de diseño de la NTE E 020 (Ver anexo 2).

Por lo que la velocidad de diseño  $V_o$  será:

$$V_o = 1.65 \times (27.78 \text{ m/s})$$

$$V_o = 45.837 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

### Presión dinámica básica.

Para la norma, es la presión ejercida por el viento sobre una superficie plana, normal a su dirección, en el punto atacado por el filete de aire donde la velocidad se anula. Por convención, es aquella resultante de la velocidad básica.

Con el cálculo de la velocidad básica de diseño ya efectuado, se debe proceder a calcular la presión dinámica básica

$$q_o = 0.000613 \cdot V_o \quad (5)$$

Dónde:

- $q_0$  la presión dinámica básica, expresada en  $\text{kN/m}^2$
- $V_0$ , la velocidad básica de diseño, expresada en  $\text{m/s}$ .

Entonces, la presión dinámica básica resulta de la siguiente manera.

$$q_0 = 0.000613x \left( 45.837 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) x 1000$$

$$q_0 = 1287.932 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

### **Presión dinámica de cálculo.**

La Presión dinámica básica, afectada por los coeficientes:  $c_z$ , que expresa la ley de variación de la presión con la altura, tomando en consideración la rugosidad del terreno, y  $c_d$  de reducción, que toma en cuenta las dimensiones de la construcción.

Para el cálculo de presión dinámica de diseño, se utilizará la siguiente ecuación:

$$q_z = q_0 \cdot c_z \cdot c_d \quad (6)$$

Dónde:

- $q_z$  : presión dinámica de cálculo, expresada en  $\text{kN/m}^2$
- $q_0$  : presión dinámica básica, expresada en  $\text{kN/m}^2$
- $c_z$  : coeficiente adimensional que expresa la ley de variación de la presión con la altura y toma en consideración la condición de rugosidad del terreno (ver anexo 5)
- $c_d$  : coeficiente adimensional de reducción que toma en consideración las dimensiones de la construcción (ver anexo 6).

En la tabla 8, se observan las presiones dinámicas correspondientes a la altura de cada entrepiso de la estructura.

Tabla 8

Presión dinámica de diseño según Norma SIRSOC 102.

Altura [m]	Cz	Cd	Qo [kg/m <sup>2</sup> ]	Qz= Cz.Cd.Qo [kg/m <sup>2</sup> ]
4.00	0.298	0.68	1287.932	260.986
7.60	0.298	0.68	1287.932	260.986
11.20	0.316	0.68	1287.932	277.066
14.80	0.371	0.68	1287.932	325.305
18.40	0.427	0.68	1287.932	373.543
22.00	0.472	0.68	1287.932	413.375
25.60	0.510	0.68	1287.932	446.480
29.20	0.548	0.68	1287.932	479.585
32.80	0.579	0.68	1287.932	506.804
36.40	0.608	0.68	1287.932	532.342
40.00	0.637	0.68	1287.932	557.881
43.60	0.661	0.68	1287.932	578.689
47.20	0.685	0.68	1287.932	599.498
50.80	0.708	0.68	1287.932	619.677
54.40	0.728	0.68	1287.932	637.648
58.00	0.749	0.68	1287.932	655.619
61.60	0.768	0.68	1287.932	672.609
65.20	0.786	0.68	1287.932	688.374
68.80	0.804	0.68	1287.932	704.138
72.40	0.821	0.68	1287.932	718.641
76.00	0.836	0.68	1287.932	732.514
79.60	0.852	0.68	1287.932	746.386
83.20	0.867	0.68	1287.932	759.138
86.80	0.881	0.68	1287.932	771.749
90.40	0.895	0.68	1287.932	784.256

Fuente: Elaboración propia.

Analizando la superficie del edificio podemos determinar los valores  $C=+0.8$  para barlovento y  $C=-0.4$  para sotavento. Utilizando la ecuación para el cálculo de presiones, obtenemos la tabla 9 para los resultados a barlovento y la tabla 10 para los resultados a sotavento:

Tabla 9

Presión *w* a Barlovento ( $\text{kgf/m}^2$ ) CIRSOC 102

Altura [m]	Qz [ $\text{kg/m}^2$ ]	W=Qz.C [ $\text{kg/m}^2$ ]	Altura [m]	Qz [ $\text{kg/m}^2$ ]	W=Qz.C [ $\text{kg/m}^2$ ]
4.00	260.986	208.789	50.8	619.677	495.741
7.60	260.986	208.789	54.4	637.648	510.118
11.20	277.066	221.653	58	655.619	524.495
14.80	325.305	260.244	61.6	672.609	538.088
18.40	373.543	298.835	65.2	688.374	550.699
22.00	413.375	330.700	68.8	704.138	563.310
25.60	446.480	357.184	72.4	718.641	574.913
29.20	479.585	383.668	76	732.514	586.011
32.80	506.804	405.443	79.6	746.386	597.109
36.40	532.342	425.874	83.2	759.138	607.310
40.00	557.881	446.304	86.8	771.749	617.399
43.60	578.689	462.951	90.4	784.256	627.405

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10

Succión *w* a Sotavento ( $\text{kgf/m}^2$ ) CIRSOC 102

Altura [m]	Qz [ $\text{kg/m}^2$ ]	W=Qz.C [ $\text{kg/m}^2$ ]	Altura [m]	Qz [ $\text{kg/m}^2$ ]	W=Qz.C [ $\text{kg/m}^2$ ]
4.00	260.986	-104.395	50.8	619.677	-247.871
7.60	260.986	-104.395	54.4	637.648	-255.059
11.20	277.066	-110.826	58	655.619	-262.248
14.80	325.305	-130.122	61.6	672.609	-269.044
18.40	373.543	-149.417	65.2	688.374	-275.350
22.00	413.375	-165.350	68.8	704.138	-281.655
25.60	446.480	-178.592	72.4	718.641	-287.456
29.20	479.585	-191.834	76	732.514	-293.006
32.80	506.804	-202.722	79.6	746.386	-298.555
36.40	532.342	-212.937	83.2	759.138	-303.655
40.00	557.881	-223.152	86.8	771.749	-308.700
43.60	578.689	-231.476	90.4	784.256	-313.702

Fuente: Elaboración propia.

### Consideración de los efectos dinámicos.

Los procedimientos realizados bajo la norma CIRSOC 102, fueron considerando los efectos estáticos del viento sobre la estructura, por lo que la norma Argentina, toma en consideración de los efectos dinámicos con un factor F:

Para la consideración de los efectos dinámicos se establecen tres casos de acuerdo con tres tipos de estructuras definidos a continuación.

- En edificios con período fundamental comprendido entre 1 y 2 segundos y altura no mayor de 100 metros, podrán considerarse asimismo los efectos estáticos mayorando las presiones de cálculo por un factor F, dado por la expresión siguiente:

$$F = \frac{\sqrt{h}}{20} + 0.68 \geq 1.00 \quad (7)$$

Dónde:

- **F** : factor de mayoración de las presiones de cálculo estáticas.
- **h** : altura del edificio en metros.

El periodo fundamental de la estructura estará dado por la siguiente expresión:

$$T = 0.08 x \frac{h}{\sqrt{L}} x \sqrt{\frac{h}{L+h}} \quad (8)$$

Dónde:

- **T** : periodo de la estructura en segundos
- **h** : altura del edificio en metros
- **L** : dimensión de la planta

$$T = 0.08 x \frac{90.4}{\sqrt{25}} x \sqrt{\frac{90.4}{25 + 90.4}}$$

$$T = 1.28 \text{ seg}$$

$$1 \text{ seg} < T < 2 \text{ seg}$$

En base a esto, el valor del factor de mayoración F será:

$$F = \frac{\sqrt{90.4}}{20} + 0.68 \geq 1.00$$

$$F = 1.155$$

En la tabla 11 se detallan los valores en kgf/m<sup>2</sup> ya multiplicados por el factor de mayoración F=1.155.

Tabla 11

*Presiones y succiones en cada entrepiso CIRSOC 102.*

Altura [m]	w barlovento [kg/m <sup>2</sup> ]	w sotavento [kg/m <sup>2</sup> ]	w total [kg/m <sup>2</sup> ]
0	241.15	-120.58	361.73
4.00	241.15	-120.58	361.73
7.60	241.15	-120.58	361.73
11.20	256.01	-128.00	384.01
14.80	300.58	-150.29	450.87
18.40	345.15	-172.58	517.73
22.00	381.96	-190.98	572.94
25.60	412.55	-206.27	618.82
29.20	443.14	-221.57	664.70
32.80	468.29	-234.14	702.43
36.40	491.88	-245.94	737.83
40.00	515.48	-257.74	773.22
43.60	534.71	-267.35	802.06
47.20	553.94	-278.84	818.78
50.80	572.58	-286.29	858.87
54.40	589.19	-294.59	883.78
58.00	605.79	-302.90	908.69
61.60	621.49	-310.75	932.24
65.20	636.06	-318.03	954.09
68.80	650.62	-325.31	975.94
72.40	664.02	-332.01	996.04
76.00	676.84	-338.42	1015.26
79.60	689.66	-344.83	1034.49
83.20	701.44	-350.72	1052.17
86.80	713.10	-356.55	1069.64
90.40	724.65	-346.34	1070.99

*Fuente:* Elaboración propia.

Además de cumplir con las disposiciones de la norma CIRSOC 102, los valores que se obtuvieron para presiones y succiones en barlovento y sotavento serán afectados por un factor de mayoración  $F=1.155$  para las estructuras del tipo IV.

En la figura 9, se muestra gráficamente la presión y succión del viento en relación con la altura del edificio.

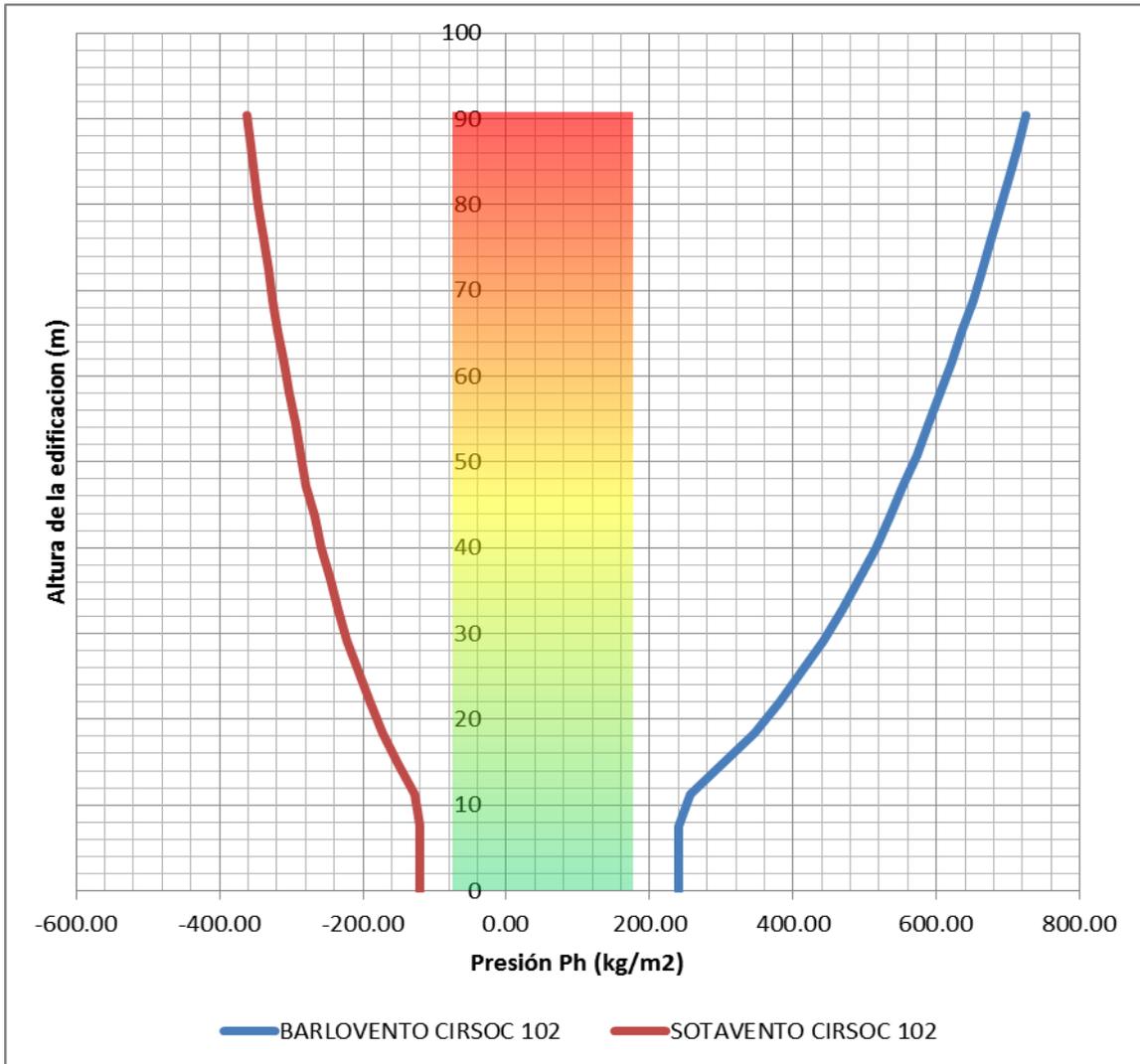


Figura 9. Presión vs Altura sobre edificio de 25 pisos según norma CIRSOC 102. Fuente: Elaboración propia.

La presión total en el último entrepiso de la estructura sería de  $1070.99 \text{ kg/m}^2$  que afectado por el área expuesta de un ancho de 25 metros y una altura correspondiente a la mitad de un piso de 3.6 metros siendo un área de 45 metros cuadrados que hace una carga puntual de 48.2 ton en el último piso.

### 3.4 Análisis de la Norma Mexicana

#### Definiciones y Consideraciones Preliminares.

Para la elaboración de esta norma, en cuanto al cálculo velocidades de diseño sólo se consideraron los efectos de los vientos que ocurren normalmente en México. No fueron

tomados cuenta los vientos generados por tornados debido a que existe escasa información al respecto y por estimarlos como eventos de baja ocurrencia.

### **Clasificación de la estructura**

Tanto en el procedimiento de análisis estático como en el dinámico intervienen factores que dependen de las condiciones topográficas y de exposición locales del sitio en donde se desplantará la construcción, así como del tamaño de ésta. Por lo tanto, a fin de evaluar correctamente dichos factores, es necesario establecer clasificaciones de carácter práctico.

En la tabla 12 se muestran la matriz de clasificación de la estructura en México.

Tabla 12

*Clasificación de la estructura según su tamaño Norma Mexicana*

CLASE	DESCRIPCIÓN
A	Todo elemento de recubrimiento de fachadas, de ventanearías y de techumbres y sus respectivos sujetadores. Todo elemento estructural aislado, expuesto directamente a la acción del viento. Asimismo, todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, sea menor que 20 metros.
B	Todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, varíe entre 20 y 50 metros.
C	Todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, sea mayor que 50 metros.

Adaptado. *Fuente:* Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. Infraestructura educativa. Diseño de estructuras por viento, México (2015)

### **Factor de topografía**

El factor de topografía, considera el efecto topográfico local del sitio en donde se hará el análisis de la estructura. Si la estructura se localiza en las laderas o cimas de colinas de gran altura con respecto al nivel normal del terreno, probablemente que se generen incrementos de velocidad del flujo del viento y, por consiguiente, deberá incrementarse la velocidad regional.

En la figura 10 se puede observar los 5 tipos de clasificación topográfica que considera la norma Mexicana y en la tabla 13 se muestran sus valores numéricos. Para el análisis en la ciudad de Ica consideraremos una clasificación tipo T4.

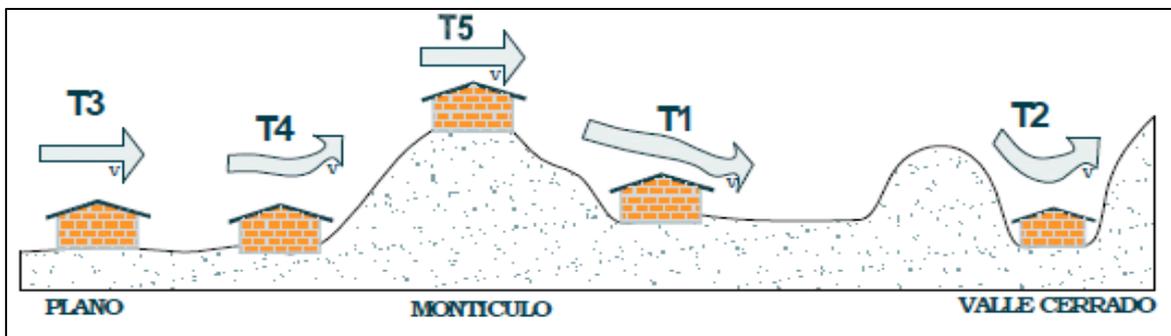


Figura 10. Formas topográficas locales según Norma Mexicana. Fuente: Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. Infraestructura educativa. Diseño de estructuras por viento, México (2015)

Tabla 13

Factor de topografía local Norma Mexicana.

TIPO	TOPOGRAFIA	Ft
T1	Base de promontorios y faldas de serranías del lado de sotavento	0.8
T2	Valles cerrados	0.9
T3	Terreno prácticamente plano, campo abierto, ausencia de cambios topográficos importantes, con pendientes menores que 5%	1
T4	Terrenos inclinados con pendientes entre 5% y 10%, valles abiertos y litorales planos.	1.1
T5	Cimas de promontorios, colinas o montañas, terrenos con pendientes mayores que 10%, cañadas cerradas y valles que formen un embudo o cañón, islas.	1.2

Adaptado. Fuente: Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. Infraestructura educativa. Diseño de estructuras por viento, México (2015)

### Factor de exposición

El coeficiente  $F_{\alpha}$  indica la variación de la velocidad del viento en función a la altura.

Asimismo, refleja el tamaño de la construcción o de los elementos de recubrimiento y las características de exposición.

El factor de exposición se calcula con la siguiente expresión:

$$F\alpha = F_c \cdot F_{rz} \quad (9)$$

Dónde:

- $F_c$ : Factor tamaño de la construcción.(ver tabla 14)
- $F_{rz}$ : Factor de rugosidad y altura.

Tabla 14

Valores para el Factor de tamaño  $F_c$

CLASE DE ESTRUCTURA	$F_c$
A	1
B	0.95
C	0.9

Adaptado. Fuente: Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. Diseño de estructuras por viento, México (2015)

Para el cálculo del factor de rugosidad y altura, se utilizará 3 expresiones, los cuales deben cumplir sus límites respecto a la altura.

$$F_{rz} = 1.56 x \left(\frac{10}{\delta}\right)^\alpha \quad \text{si } Z \leq 10 \quad (10)$$

$$F_{rz} = 1.56 x \left(\frac{Z}{\delta}\right)^\alpha \quad \text{si } 10 < Z < \delta \quad (11)$$

$$F_{rz} = 1.56 \quad \text{si } Z \leq 10 \quad (12)$$

- $\delta$ : Altura medida a partir del nivel del terreno de desplante
- $\alpha$ : Factor de variación de velocidad (ver tabla 15)

Tabla 15

Factores de  $\delta$  y  $\alpha$  en función a la rugosidad del terreno y tamaño de la estructura

CATEGORIA DEL TERRENO	$\alpha$			$\delta$ (m)
	CLASE DE ESTRUCTURA			
	A	B	C	
1	0.099	0.101	0.105	245
2	0.128	0.131	0.138	315
3	0.156	0.16	0.171	390
4	0.17	0.177	0.193	455

Adaptado. Fuente: Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. Diseño de estructuras por viento, México (2015)

Los valores del factor de exposición se presentan en la tabla 16.

Tabla 16

Valores para el factor de exposición a nivel de entrepiso

Altura [m]	$F_{\alpha}$	Altura [m]	$F_{\alpha}$
0	0.672	47.20	0.907
4.00	0.672	50.80	0.920
7.60	0.672	54.40	0.932
11.20	0.687	58.00	0.943
14.80	0.725	61.60	0.954
18.40	0.756	65.20	0.965
22.00	0.782	68.80	0.975
25.60	0.806	72.40	0.985
29.20	0.826	76.00	0.994
32.80	0.845	79.60	1.003
36.40	0.862	83.20	1.011
40.00	0.878	86.80	1.020
43.60	0.893	90.40	1.028

Fuente: Elaboración propia.

### Velocidad de diseño.

Según la Normativa Mexicana, “la velocidad de diseño, VD es la velocidad a partir de la cual se calculan los efectos del viento sobre la estructura o sobre un componente de la misma.” Esta velocidad se calculará con la siguiente expresión:

$$V_D = F_T \cdot F_{\alpha} \cdot V_R \quad (13)$$

- $F_T$  : un factor topografía y a la rugosidad del terreno.
- $F_{\alpha}$  : factor de exposición.
- $V_R$  : velocidad regional, en km/h.

Con los datos anteriormente tomados, los resultados para la velocidad de diseño se expresan en la tabla 17.

Tabla 17

Valores de la velocidad de diseño Norma Mexicana

Altura [m]	V <sub>D</sub> [m/s]	Altura [m]	V <sub>D</sub> [m/s]
0	73.920	47.20	99.732
4.00	73.920	50.80	101.157
7.60	73.920	54.40	102.502
11.20	75.555	58.00	103.778
14.80	79.730	61.60	104.991
18.40	83.152	65.20	106.148
22.00	86.070	68.80	107.255
25.60	88.625	72.40	108.316
29.20	90.904	76.00	109.335
32.80	92.967	79.60	110.316
36.40	94.854	83.20	111.262
40.00	96.596	86.80	112.175
43.60	98.217	90.40	113.059

Fuente: Elaboración propia.

### Presión estática de diseño.

La presión estática toma la velocidad de diseño, para determinar la acción de la fuerza del viento sobre la estructura. Para este fin se utiliza la siguiente expresión:

$$P_z = 0.0048 \cdot C_p \cdot V_D^2 \quad (14)$$

Dónde:

- C<sub>p</sub>: coeficiente local de presión que depende de la forma de la estructura.
- V<sub>D</sub>: velocidad de diseño a la altura z,

El coeficiente de forma “C<sub>p</sub>” será:

- Pared a barlovento; 0.8
- Pared a sotavento; -0.4

En la tabla 18 se muestra la presión dinámica afectada por los factores de forma para caras exteriores, en barlovento y sotavento.

Tabla 18

Valores de Presión dinámica de diseño sobre la estructura.

Altura [m]	P <sub>z</sub> barlovento	P <sub>z</sub> sotavento
------------	---------------------------	--------------------------

	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]
0	20.98	-10.49
4.00	20.98	-10.49
7.60	20.98	-10.49
11.20	21.92	-10.96
14.80	24.41	-12.21
18.40	26.55	-13.28
22.00	28.45	-14.22
25.60	30.16	-15.08
29.20	31.73	-15.87
32.80	33.19	-16.59
36.40	34.55	-17.27
40.00	35.83	-17.92
43.60	37.04	-18.52
47.20	38.19	-19.10
50.80	39.29	-19.65
54.40	40.35	-20.17
58.00	41.36	-20.68
61.60	42.33	-21.16
65.20	43.27	-21.63
68.80	44.17	-22.09
72.40	45.05	-22.53
76.00	45.90	-22.95
79.60	46.73	-23.37
83.20	47.54	-23.77
86.80	48.32	-24.16
90.40	49.08	-24.54

Fuente: Elaboración propia.

### Consideración de los efectos dinámicos.

Cuando el viento actúa sobre un obstáculo, genera presiones sobre su superficie que varían según la intensidad de la velocidad y la dirección del viento. Estos efectos dependen de la turbulencia del viento, por lo que, para graficar mejor el efecto, se utilizara un coeficiente de amplificación dinámico y se determina con la siguiente ecuación:

$$G = \frac{0.392 \Omega}{273+t} \quad (15)$$

Donde:

- $\Omega$  : Es la presión barométrica, en mm de Hg (Ver tabla 19)
- $t$  : temperatura ambiental promedio en C°.

Tabla 19

*Relación entre la altitud de la estructura y la presión barométrica.*

ALTITUD (msnm) hm	PRESION BAROMÉTRICA (mm de Hg) Ω
0	760
500	720
1000	675
1500	635
2000	600

Adaptado. *Fuente:* Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. Diseño de estructuras por viento, México (2015)

El factor de amplificación estático para graficar el efecto dinámico, G, será:

$$G = \frac{0.392 \times 760}{273 + 21} = 1.0133$$

En la tabla 20, se detallan los valores en kg/m<sup>2</sup> ya multiplicados por el factor de mayoración G=1.0133.

Tabla 20

*Presiones y Succiones a cada nivel de entrepiso Norma Mexicana*

Altura [m]	w barlovento [kg/m <sup>2</sup> ]	w sotavento [kg/m <sup>2</sup> ]	w total [kg/m <sup>2</sup> ]
0	21.26	-10.63	31.89
4.00	21.26	-10.63	31.89
7.60	21.26	-10.63	31.89
11.20	22.21	-11.11	33.32
14.80	24.74	-12.37	37.10
18.40	26.90	-13.45	40.36
22.00	28.83	-14.41	43.24
25.60	30.56	-15.28	45.84
29.20	32.16	-16.08	48.23
32.80	33.63	-16.82	50.45
36.40	35.01	-17.51	52.52
40.00	36.31	-18.15	54.46
43.60	37.54	-18.77	56.30
47.20	38.70	-19.35	58.06
50.80	39.82	-19.91	59.73
54.40	40.88	-20.44	61.33
58.00	41.91	-20.95	62.86
61.60	42.89	-21.45	64.34
65.20	43.84	-21.92	65.77
68.80	44.76	-22.38	67.14
72.40	45.65	-22.83	68.48
76.00	46.52	-23.26	69.77
79.60	47.35	-23.68	71.03
83.20	48.17	-24.09	72.26
86.80	48.96	-24.48	73.45
90.40	49.74	-24.87	74.61

*Fuente:* Elaboración propia.

En la Figura 11, se muestra gráficamente la presión y succión del viento en relación con la altura del edificio.

La presión total en el último entrepiso de la estructura sería de 74.61 kg/m<sup>2</sup> que afectado por el área expuesta de un ancho de 25 metros y una altura correspondiente a la mitad de un piso de 3.6 m, siendo un área de 45 metros cuadrados que resulta una carga puntual de 3.36 ton en el último piso.

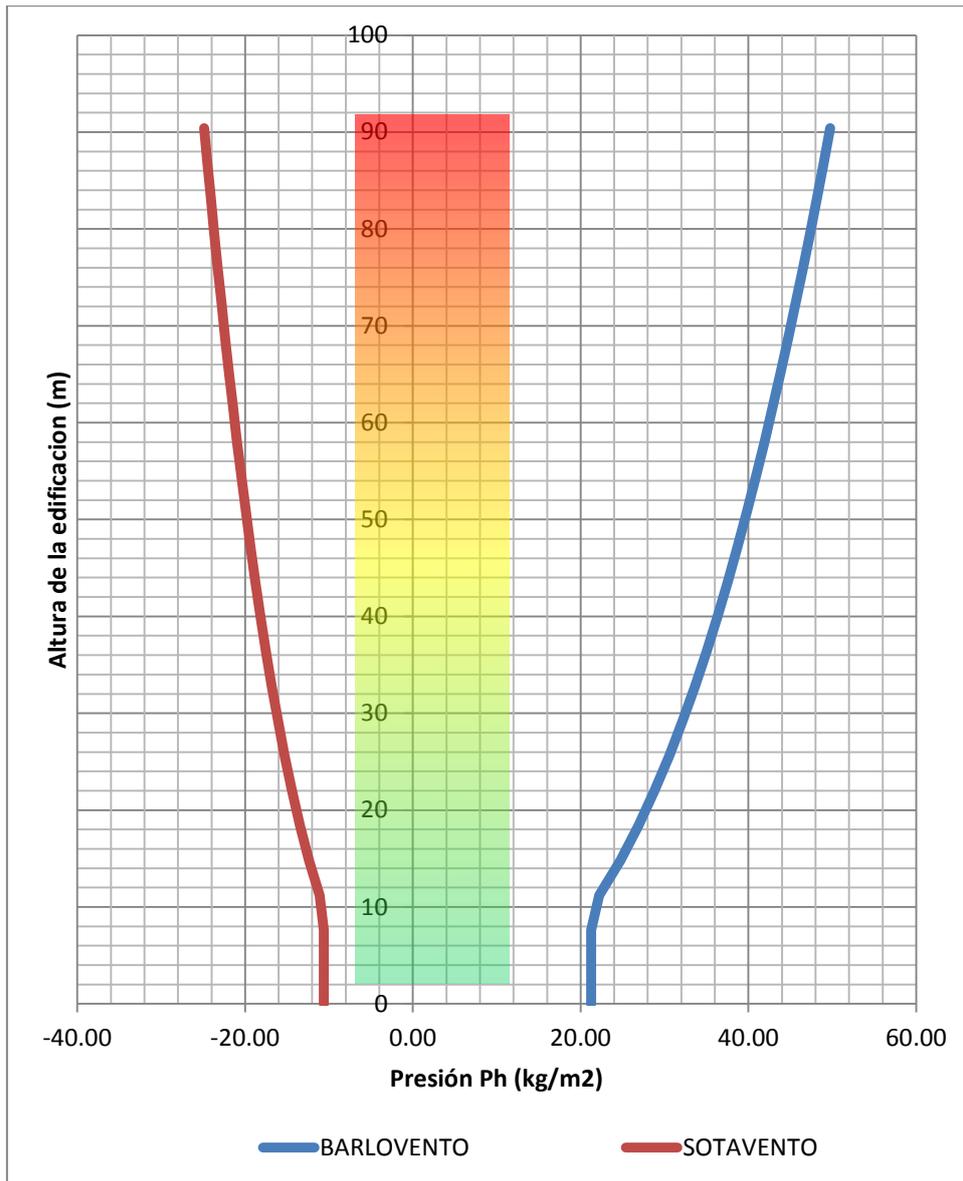


Figura 11. Presión vs Altura sobre edificio de 25 pisos según norma MEXICANA. Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Análisis del EUROCODIGO 1 EN 1991-1-4:2005

#### Definiciones y Consideraciones Preliminares.

La norma Europea establece indicaciones para determinar la acción natural del viento para el análisis y diseño de edificaciones. Esto incluye a la parte estructural y los elementos unidos a esta.

Esta norma se limita a estructuras con una altura por debajo de los 200 metros.

### **Velocidad básica de Diseño.**

Según el EUROCODIGO 1, la velocidad básica de diseño es la velocidad básica fundamental del viento que es modificada para tomar en consideración la dirección del viento. Para determinarla se utilizara la siguiente expresión:

$$V_b = C_{dir} \times C_{season} \times V_{b,0} \quad (16)$$

- $C_{dir}$  : factor direccional
- $C_{season}$  : factor de estación
- $V_{b,0}$  : valor fundamental de la velocidad básica del viento

Por simplicidad la Norma sugiere que los factores de dirección  $c_{dir}$  y de estación  $c_{season}$  se asuman en general iguales a 1, a menos que las normas nacionales expresen lo contrario.

$$V_b = (1) \times (1) \times (27.78\text{m/s})$$

$$V_b = 27.78\text{m/s}$$

### **Velocidad media del viento**

Es la velocidad básica del viento que expresara los efectos de la rugosidad del terreno y su orografía.

$$V_m(z) = C_r(z) \times C_o(z) \times V_b \quad (17)$$

Donde:

- $C_o(z)$  : factor de orografía
- $C_r(z)$  : factor de rugosidad

Por simplicidad la Norma sugiere que los factores de orografía  $C_o(z)$  se asuma igual a la unidad (1) o de ser el caso serán proporcionadas por las normas nacionales.

## Rugosidad del terreno

El factor de rugosidad del terreno tiene en cuenta la variación de la velocidad media del viento en función a la altura de la estructura y la rugosidad el terreno donde se sitúa el análisis.

Se define con la siguiente expresión:

$$C_r(z) = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{para } z_{min} \leq z \leq z_{max} \quad (18)$$

$$C_r(z) = C_r(z_{min}) \quad \text{para } z < z_{min} \quad (19)$$

Dónde:

- $Z_0$ : longitud de la rugosidad
- $k_r$ : factor de terreno, que depende de la longitud de la rugosidad  $z_0$  calculado mediante la siguiente expresión:

$$k_r = 0.19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0.07} \quad (20)$$

Donde los factores  $z_0$  y  $z_{0, II}$  se tomaran de la figura 12 en el que se muestra los valores de estos parámetros.

Categoría de terreno		$z_0$ m	$z_{min}$ m
0	Mar abierto o zona costera expuesta al mar abierto	0,003	1
I	Lagos o áreas planas y horizontales con vegetación despreciable y sin obstáculos	0,01	1
II	Áreas con vegetación baja, como hierba, y obstáculos aislados (árboles, edificaciones) con separaciones de al menos 20 veces la altura de los obstáculos	0,05	2
III	Áreas con una cobertura de vegetación uniforme o edificaciones o con obstáculos aislados con una separación máxima de 20 veces la altura de los obstáculos (villas, terreno suburbano, bosques permanentes)	0,3	5
IV	Áreas en las que al menos un 15% de la superficie está cubierta por edificios cuya altura media supera los 15 m	1,0	10
NOTA – Las categorías de terrenos se ilustran en el capítulo A.1.			

Figura 12. Categorías de terreno y parámetros. Fuente: UNE – EN 1991 – 1 – 4:2007 (Eurocodigo 1). Asociación española de normalización y certificación. España. (2007).

Por lo que la expresión para el factor de terreno sería:

$$k_r = 0.19 \times \left(\frac{1}{1}\right)^{0.07} = 0.275$$

### **Intensidad de turbulencia del viento.**

La intensidad de la turbulencia a una altura  $z$  se define como la desviación típica de la turbulencia dividida sobre la velocidad media del viento.

$$I_V = \frac{k_I}{C_o(z) \times \ln(z/z_o)} \quad \text{para } z_{min} \leq z \leq z_{max} \quad (21)$$

$$I_V = I_V(z_{min}) \quad \text{para } z < z_{min} \quad (22)$$

Dónde:

- $k_I$  : factor de turbulencia (recomendado = 1)
- $C_o(z)$  : factor de orografía

### **Presión a la velocidad pico.**

Debería determinarse la presión correspondiente a la velocidad pico a cada nivel de cálculo deseado, incluyendo la velocidad del viento y las fluctuaciones. La presión a velocidad pico se calculara con la siguiente expresión:

$$q_p(z) = [1 + 7I_V(Z)] \times \frac{1}{2} \times \rho \times V_m(z)^2 \quad (23)$$

Con los valores anteriormente definidos y calculados, se obtiene la tabla 21 con la presión expresado en  $N/m^2$ .

Tabla 21

Presión a velocidad pico a una altura (z) expresada en  $N/m^2$

Altura [m]	$K_r$	$C_r$	$C_o$	$V_m$ (m/s)	$I_v$	$q_p$ ( $N/m^2$ )
0	0.275	0.634	1	17.611	0.434	783.10
4.00	0.275	0.634	1	17.611	0.434	783.10
7.60	0.275	0.634	1	17.611	0.434	783.10
11.20	0.275	0.665	1	18.477	0.414	831.65
14.80	0.275	0.742	1	20.609	0.371	955.05
18.40	0.275	0.802	1	22.274	0.343	1055.40
22.00	0.275	0.851	1	23.641	0.324	1140.35
25.60	0.275	0.893	1	24.800	0.308	1214.22
29.20	0.275	0.929	1	25.806	0.296	1279.72
32.80	0.275	0.961	1	26.695	0.286	1338.65
36.40	0.275	0.990	1	27.492	0.278	1392.28
40.00	0.275	1.016	1	28.213	0.271	1441.53
43.60	0.275	1.039	1	28.872	0.265	1487.10
47.20	0.275	1.061	1	29.479	0.259	1529.53
50.80	0.275	1.081	1	30.041	0.255	1569.25
54.40	0.275	1.100	1	30.565	0.250	1606.61
58.00	0.275	1.118	1	31.055	0.246	1641.88
61.60	0.275	1.134	1	31.516	0.243	1675.30
65.20	0.275	1.150	1	31.950	0.239	1707.07
68.80	0.275	1.165	1	32.361	0.236	1737.35
72.40	0.275	1.179	1	32.751	0.234	1766.27
76.00	0.275	1.192	1	33.122	0.231	1793.97
79.60	0.275	1.205	1	33.476	0.228	1820.55
83.20	0.275	1.217	1	33.814	0.226	1846.10
86.80	0.275	1.229	1	34.138	0.224	1870.70
90.40	0.275	1.240	1	34.449	0.222	1894.42

Fuente: Elaboración propia

### Coefficiente de presión.

Para graficar las presiones y succiones en las caras verticales de la estructura expuesta a la acción del viento, se tendrá que utilizar identificar la relación entre la altura del edificio y la base, se usara la figura 13:

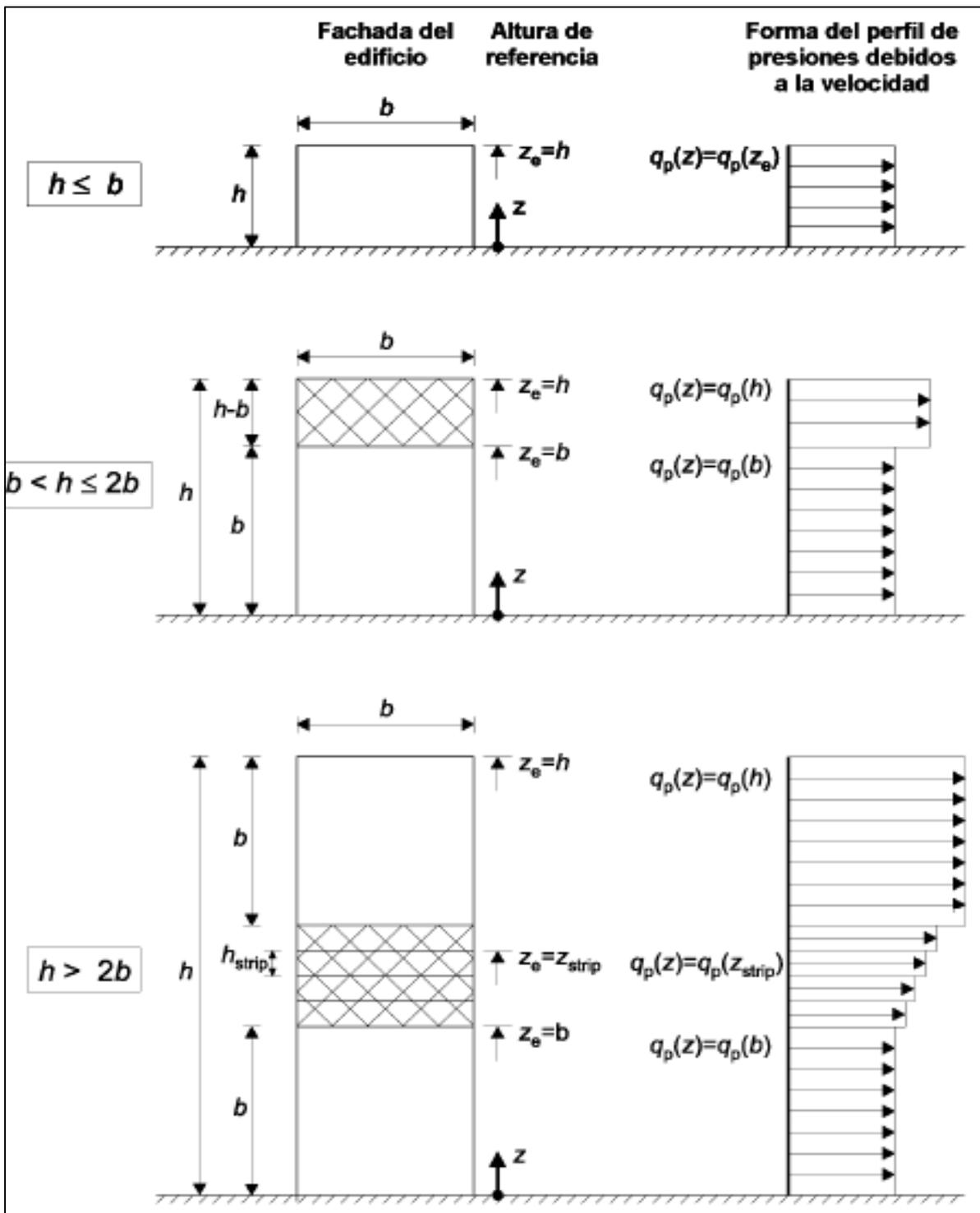


Figura 13. Distribución de presiones dinámicas sobre la estructura. Fuente: UNE – EN 1991 – 1 – 4:2007 (Eurocódigo 1). Asociación española de normalización y certificación. España. (2007)

Para el caso particular de la estructura analizada en esta tesis,

$$H > 2b$$

$$90.4 \text{ m} > 2(25\text{m})=50\text{m}$$

Entonces la distribución de presiones se registrará bajo el modelo correspondiente. En la tabla 22 se detalla las presiones actuantes considerando el parámetro de distribución de cargas.

Tabla 22

*Presiones actuantes sobre la estructura según EUROCODIGO 1*

Altura [m]	$q_p$ barlovento [kg/m <sup>2</sup> ]	$q_p$ sotavento [kg/m <sup>2</sup> ]	w total [kg/m <sup>2</sup> ]
0	121.42	-121.42	242.84
4.00	121.42	-121.42	242.84
7.60	121.42	-121.42	242.84
11.20	121.42	-121.42	242.84
14.80	121.42	-121.42	242.84
18.40	121.42	-121.42	242.84
22.00	121.42	-121.42	242.84
25.60	121.42	-121.42	242.84
29.20	127.97	-127.97	255.94
32.80	133.87	-133.87	267.73
36.40	139.23	-139.23	278.46
40.00	144.15	-144.15	288.31
43.60	148.71	-148.71	297.42
47.20	152.95	-152.95	305.91
50.80	156.93	-156.93	313.85
54.40	160.66	-160.66	321.32
58.00	164.19	-164.19	328.38
61.60	167.53	-167.53	335.06
65.20	170.71	-170.71	341.41
68.80	189.44	-189.44	378.88
72.40	189.44	-189.44	378.88
76.00	189.44	-189.44	378.88
79.60	189.44	-189.44	378.88
83.20	189.44	-189.44	378.88
86.80	189.44	-189.44	378.88
90.40	189.44	-189.44	378.88

*Fuente:* Elaboración propia.

En la Figura 14, se muestra gráficamente la presión y succión del viento en relación con la altura del edificio, respetando los parámetros de distribución de presiones.

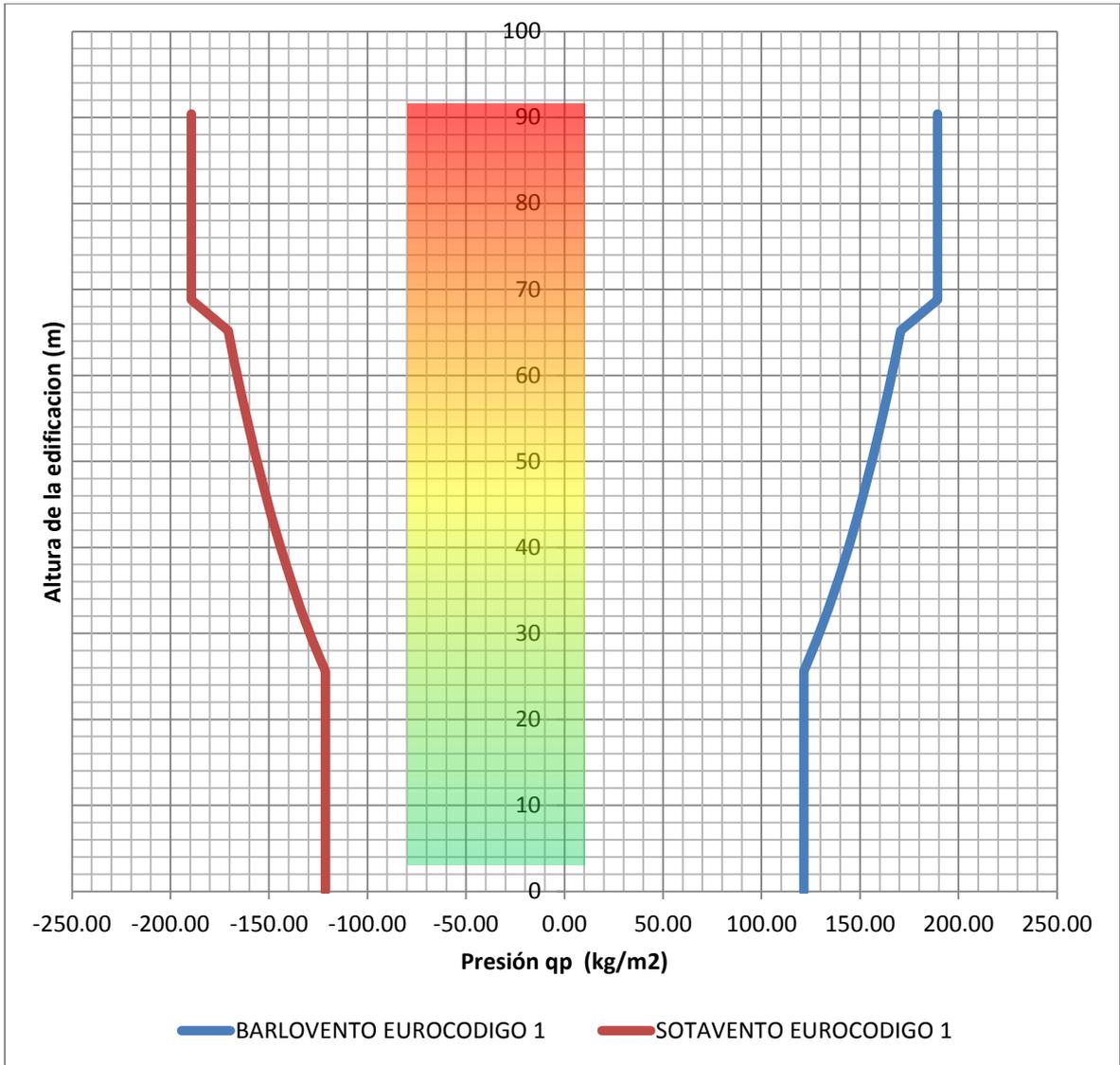


Figura 14. Presión vs Altura sobre edificio de 25 pisos según EUROCODIGO 1. Fuente: Elaboración propia.

La presión total en el último entrepiso de la estructura sería de  $378.88 \text{ kg/m}^2$  que afectado por el área expuesta de un ancho de 25 metros y una altura correspondiente a la mitad de un piso de 3.6 m, siendo un área de 45 metros cuadrados que resulta en una carga puntual de 17.05 ton en el último piso.

### 3.6 Comparación de las Normas

En este apartado, se realiza una comparación entre la NTE E.020, la norma CIRSOC 102, la norma Mexicana y el EUROCODIGO 1 tomando en cuenta los factores más importantes que definen la presión del viento en cada una de las normas.

## **Velocidad básica del Viento.**

### **Norma E.020.**

La velocidad de diseño de la norma Peruana, tiene como producto un mapa de isotacas del territorio peruano, el cual se elaboró con registros obtenidos por SENAMHI. La característica principal de estos registros radica en que fueron tomados a una altura referencial de 10 metros sobre el suelo, además tienen un periodo de retorno de 50 años. En el anexo 2 se observa el mapa de isotacas para viento en Perú.

### **Norma CIRSOC 102.**

La norma Argentina, utilizo el parámetro de la distribución de Fisher-Tippett II. Los datos de velocidad correspondiente al promedio de velocidad instantánea (pico de ráfaga) con intervalos  $\Delta t = 3$  segundos, en exposición a campo abierto, a una altura de referencia de 10m sobre el terreno que tiene un período de recurrencia de un año. En el anexo 6 se muestra el mapa elaborada por la norma.

### **Norma Mexicana.**

La norma mexicana toma su velocidad de diseño a una altura de 10 metros sobre la superficie del suelo en un terreno plano. Los registros de velocidad para la elaboración de su mapa de velocidad de vientos (ver anexo 8) se asocian con ráfagas de 3 segundos y toma en consideración la posibilidad de que se presenten vientos debidos a huracanes en las zonas costeras. Una característica de esta norma, es que define velocidades para tiempos de retorno de 10, 50, 100, 200 y 2000 años para ser tomados en cuenta por el proyectista.

En la figura 15, se muestran las velocidades respecto a distintos periodos de retorno de algunas ciudades de México.

CIUDADES	PERIODOS DE RETORNO				
	V10	V50	V100	V200 (*)	V2000
Acapulco, Gro.	129	162	172	181	209
Aguascalientes, Ags	118	141	151	160	189
Campeche, Camp.	98	132	146	159	195
Cd. Guzmán, Jal.	101	120	126	132	155
Cd. Juárez, Chih.	116	144	152	158	171
Cd. Obregón, Son.	147	169	177	186	211
Cd. Victoria Tamps.	135	170	184	197	235
Coatzacoalcos, Ver.	117	130	137	145	180
Colima, Col.	105	128	138	147	174
Colotlán, Jal.	131	148	155	161	178
Comitán, Chis.	72	99	112	124	160
Cozumel, Q. Roo.	124	158	173	185	213
Cuernavaca, Mor.	93	108	114	120	139
Culiacán, Sin.	94	118	128	140	165
Chapingo, Edo, Méx.	91	110	118	126	150
Chetumal, Q.Roo.	119	150	161	180	220
Chihuahua, Chih.	122	136	142	147	165

Figura 15. Velocidades regionales de las ciudades más importantes, (km/h). Fuente: Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. Infraestructura educativa. Diseño de estructuras por viento, México (2015)

### Norma EUROCODIGO 1.

Esta norma no presenta expresamente un mapa de velocidades del viento, el motivo principal es que esta normativa rige en varios países de la Unión Europea, por lo que le da potestad de elaborar a las normas locales donde se tome como referencia esta norma.

### Factor de exposición.

El factor de exposición para estas normas, toman en consideración la rugosidad del terreno y el tamaño de la estructura. Por lo general la rugosidad grafica las componentes que influyen en el libre tránsito del viento, En la figura 16 se observa el tipo de densidad clasificada por la norma Mexicana.

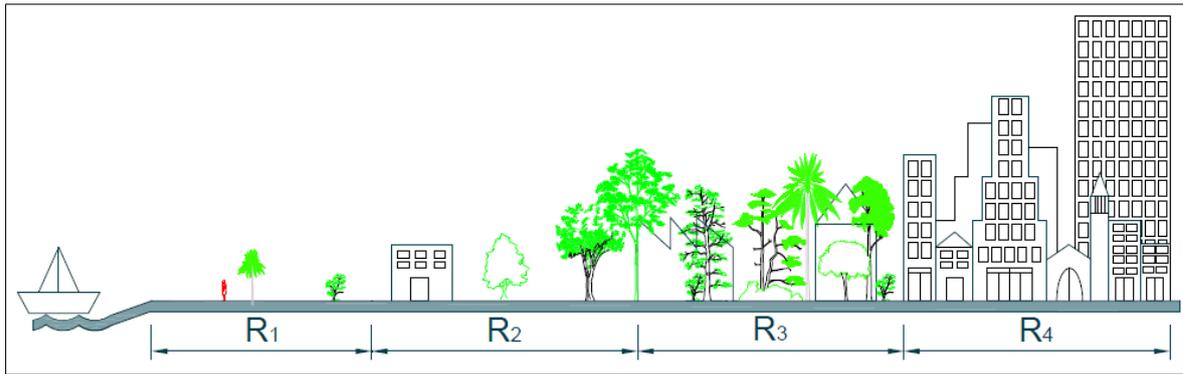


Figura 16. Clasificación gráfica de la rugosidad del terreno Según Norma Mexicana. Fuente: Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. Infraestructura educativa. Diseño de estructuras por viento, México (2015)

La norma peruana carece de esta consideración a diferencia de la Norma Argentina y la europea.

### Consideración de efectos dinámicos.

El efecto ráfaga grafica la fluctuación de la velocidad del viento, para poder considerarla de forma dinámica. Este factor se presenta en las 4 normas de manera distinta, pero con el mismo fin. En la tabla 23 se observa los valores para la consideración sobre los cálculos de las acciones del viento consideradas como estáticas y no variables.

Tabla 23

Resumen de factores de amplificación dinámica.

NORMA E 020	CIRSOC 102	NORMA MEXICANA	EUROCODIGO 1
factor adimensional	Factor de mayoración de cargas : F	Factor de corrección : G	Intensidad de turbulencia: Iv
1.2	1.155	1.0133	0.22-0.434

Fuente: Elaboración propia.

### Presión sobre la estructura.

En las 4 normas, la presión sobre la estructura a considerarse para la determinación de cargas, está ligada a los factores de forma que actúan a barlovento, sotavento o direcciones perpendiculares a la del viento.

En la figura 17 se muestra la superposición de las presiones a Sotavento sobre la estructura de 90.4 metros de altura, que fueron calculados bajo el criterio de las normas de Perú, México, Argentina y Europa.

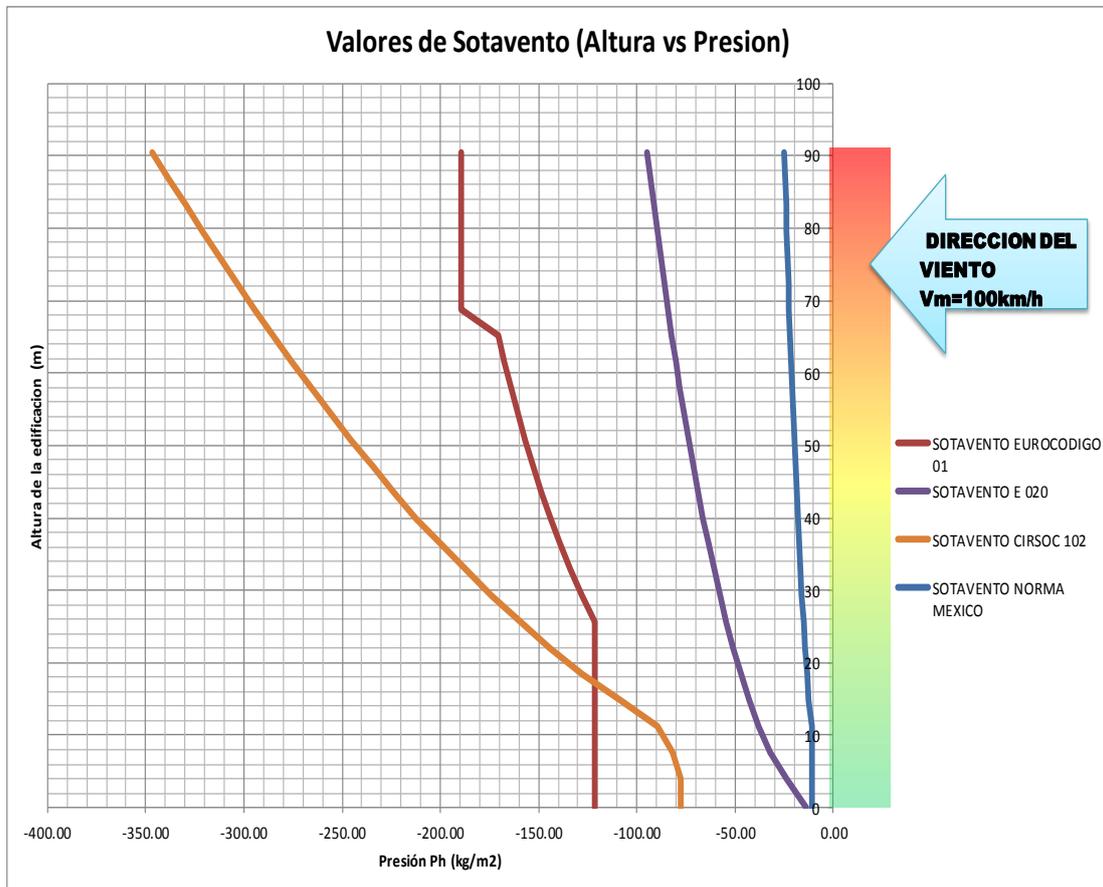


Figura 17. Resumen de resultados para Succión en Sotavento. Fuente: Elaboración propia.

Podemos observar la clara diferencia de succiones que van desde  $50 \text{ kg/m}^2$  entre la peruana y mexicana, hasta los  $150 \text{ kg/m}^2$  entre la europea y argentina.

En la figura 18, también se muestra la superposición de las presiones a Barlovento sobre la estructura de 90.4 metros de altura, que fueron calculados bajo el criterio de la NTE E020, CIRSOC 102, Eurocódigo y Norma mexicana considerando una velocidad referencial de 100 km/h.

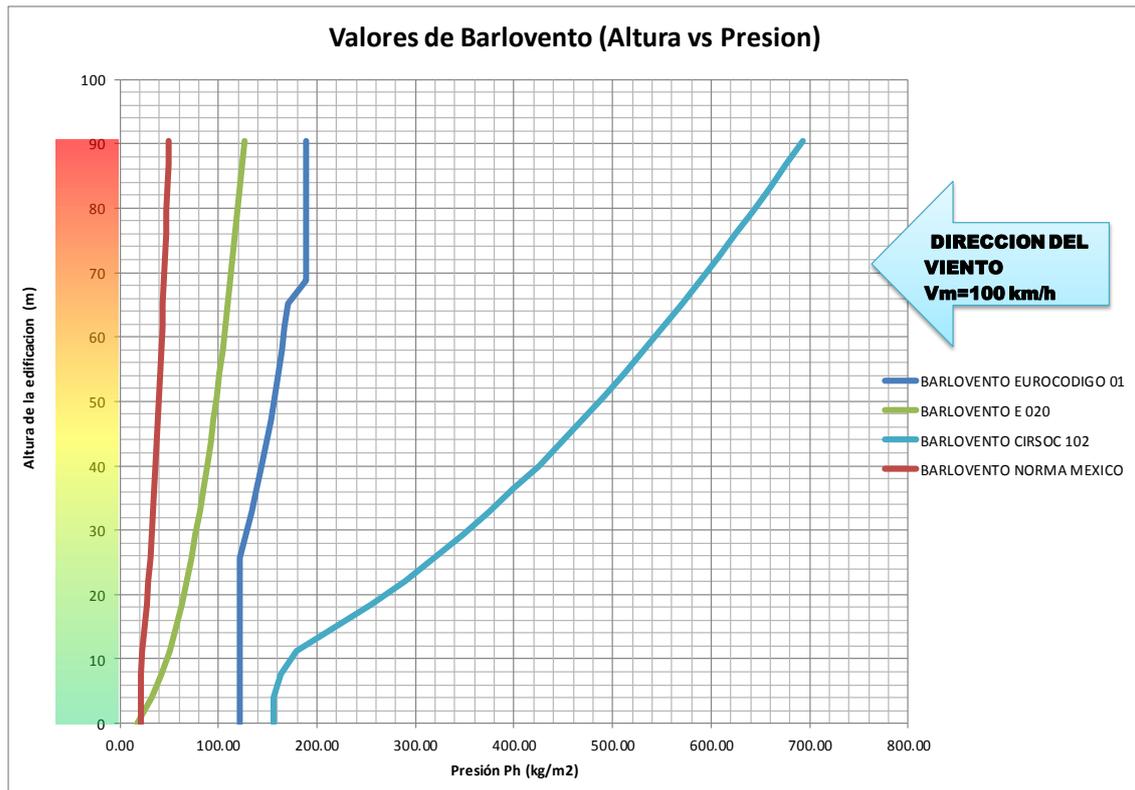


Figura 18. Resumen de resultados para Presión en Barlovento. Fuente: Elaboración propia.

### Resumen de Comparaciones.

En las normas analizadas, se fundamentan en la teoría de que la presión básica es equivalente al cuadrado de la velocidad del viento. Ésta varía de región en región según las características climáticas de la zona, bajo condiciones normales para los registros, es decir que la velocidad medida del viento es tomada a 10 metros sobre el nivel del suelo en un terreno a campo abierto y sin presencia de obstrucciones, con un período de retorno de 1 en 50 o hasta los 2000 años. Ya en el cálculo, una vez que sea determinada la velocidad básica de diseño en un lugar determinado, se la modifica según la topografía, la rugosidad del terreno y la altitud. En algunas normas se adiciona un factor de ráfaga o amplificación estática, para modelar mejor el comportamiento fluctuante del viento sobre la estructura.

Considerando los factores utilizados en las 4 normas estudiadas, se procede a hacer una matriz resumiendo las variables influyentes en el cálculo de la acción del viento sobre estructuras. En la figura 19, consideramos: dirección de análisis, velocidad básica, factor

de exposición, efecto dinámico, factor topográfico, coeficiente de presión o de forma, propiedades de la estructura, importancia de la estructura y restricciones.

ITEM	NORMA E 020	SIRSOC 102	NORMA MEXICANA	EUROCODIGO 1
DIRECCION DE ANALISIS	viento actuante en 2 direcciones perpendiculares	donde la esbeltes mayor a 3	el viento actua en 2 direcciones perpendiculares	en funcion a la direccion del viento
VELOCIDAD BASICA	mama de isotacas con registros tomados a 10 metros sobr la superficie con un periodo de retorno de 50 años	mapa de isotacas elaborado con metodos estadisticos	mapa de isotacas y tabla de velocidades considerando el periodo de retorno de 5, 10, 50, 100, 200 y 2000 años	no cuenta con mapa de viento
FACTOR DE EXPOSICIÓN	<b>NO CONSIDERA</b>	considerando los factores Cd y Cz (considera el tamaño de la estructura)	el factor $F_a = F_c * F_{rz}$ para la altura de la edificacion y la rugosidad del terreno	El factor de rugosidad $C_r(z)$
EFFECTO DINAMICO	se incrementa un 20 %	infrementada con un factor F. Dependiendo del periodo fundamental de la estructura.	infrementada con un factor G. Dependiendo de la presion barometrica y la temperatura.	infrementada con un factor Iv. Dependiendo de la desviacion de la turbulencia.
FACTOR TOPOGRAFICO	<b>NO CONSIDERA</b>	El factor topografico Ligado a la Rugosidad del terreno	El factor topografico que cuenta con 4 casos	<b>NO CONSIDERA</b>
COEFICIENTE DE PRESION O DE FORMA	Factor C para presion y succion	Factor C para presion y succion	Factor $C_p$ para presion y succion	Distribucion de Presiones
PROPIEDADES DE LA ESTRUCTURA	<b>NO CONSIDERA</b>	Periodo Fundamental de la estructura	<b>NO CONSIDERA</b>	<b>NO CONSIDERA</b>
IMPORTANCIA DE LA ESTRUCTURA	se clasifica en 3 tipos dependiendo de su sensibilidad al viento.	Se clasifica en 4 grupos dependiendo de su tiempo de vida	se consideran 3 clases dependiendo de la altura	No clasifica a las estructuras
RESTRICCIONES	La velocidad minima para el calculo de la accion del viento debe ser considerado como 75 km/h	Periodo Fundamental de la estructura	No considera a los vientos producidos por huracanes que se dan en escasos pueblos del pais	se limita a estructuras de de hasta 200 metros de altura

Figura 19..Resumen de comparaciones de factores de las normas. Fuente: Elaboración propia.

## **IV. DISCUSIÓN**

En el presente trabajo, el análisis de viento se hizo para un edificio esbelto, se notó que las presiones por distintas normas tienen una gran variación a medida que se incrementa la altura., esto contrastado con el trabajo de Pacheco y Tohala (2015) donde da cuenta que el análisis por viento de la norma E020 arroja resultados muy conservadores frente a normas como las de Colombia, Ecuador, México y EEUU. En la figura 20 se muestra gráficamente la diferencia de presiones obtenidas con las normas del estudio de los antes mencionados donde usaron una velocidad de diseño de 66 km/h para normas de Colombia, México y Estados Unidos; a diferencia de los 75 km/h usadas para normas de Perú y Ecuador.

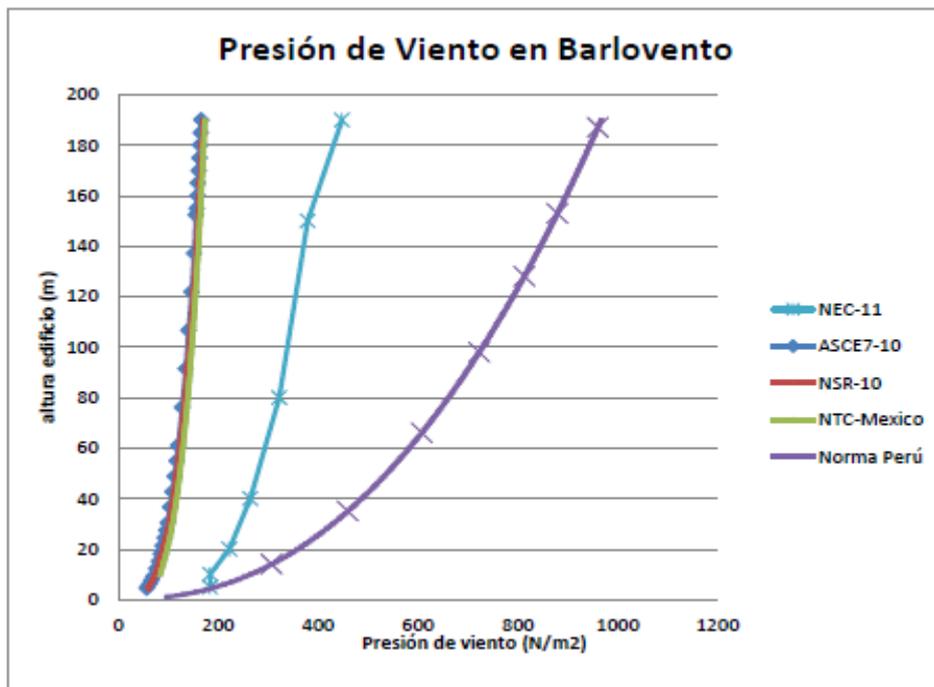


Figura 20. Presiones obtenidas sobre un edificio de 190 m de altura. Fuente: Pacheco, E. A & Tohala, P. H.(2015). Comparación de métodos para el cálculo de la carga de viento usada en la construcción de edificios en el Ecuador. (Tesis Pregrado).

En base a los resultados obtenidos bajo las normas como el EUROCODIGO y CIRSOC 102 analizados en el capítulo anterior 3.6, donde los resultados de la norma peruana son excedidos ampliamente por la norma europea y argentina, y que la norma mexicana va tomando mayor importancia, serán aún mayores que los comparados por Pacheco y Tohala.

Luego de contrastar los cálculos bajo distintas normas, podemos observar distintos criterios de diseño con mucha similitud entre todas, donde el mejor modelo de cálculo corresponde para la particularidad de un país, con esto se puede deducir que estas normas son creadas y reglamentadas con el fin de salvaguardar la seguridad de los hombres y las estructuras. Esto respalda lo dicho por Comarazamy (2005) sostiene que “La mayoría de las normas de construcción resistente al viento reposa sobre una filosofía sencilla: asegurar el diseño y la construcción de estructuras capaces de resistir sin daños las cargas eólicas probables, y de resistir con el menor daño posible las cargas eólicas excepcionales “(p.14).

En base a la figura 19, podemos tener una clara perspectiva de lo considerado por las normas de cálculo por viento. Se podría decir que lo más resaltante es que la norma argentina considera el periodo de vibración de la estructura estudiada independientemente del factor de exposición, los resultados obtenidos con la norma argentina son muy superiores a los obtenidos por el resto de normas, con una diferenciación máxima de  $150 \text{ kg/m}^2$  en el último piso respecto a la europea.

## **V. CONCLUSIONES**

Los resultados que se obtuvieron con el desarrollo de esta tesis nos llevan a concluir que:

- Como se detalla en el subcapítulo 3.5.5 Resumen de comparaciones, y en la figura 19, del proyecto de investigación, los factores que se identificaron en base a las cuatro normas, fueron las siguientes: dirección de análisis, velocidad básica, factor de exposición, efecto dinámico, factor topográfico, coeficiente de presión o de forma, propiedades de la estructura, importancia de la estructura y restricciones.
- De acuerdo al análisis de viento que se hizo para un edificio esbelto, se notó que las presiones por distintas normas tienen una gran variación a medida que se incrementa la altura, siendo la norma mexicana con menores presiones, seguida por la norma peruana, EUROCODIGO, norma CIRSOC como se muestra en la figura 17.
- No es difícil deducir que la norma peruana E.020, necesita actualizarse ya que da muy poco énfasis a la acción del viento. Se debería incluir la topografía, el clima, considerar los efectos dinámicos del viento sin recurrir a factores de seguridad excesivos.
- Si los métodos para el cálculo de la acción del viento sobre las estructuras son muy conservadores o no adecuados a la realidad del país en cuestión, podría ser criminal ceñirse a esas normas, puesto que no garantizan la calidad del diseño y empobrecen el conocimiento de las futuras generaciones de ingenieros.
- Aunque existen algunas diferencias entre estas normas, todas siguen un procedimiento parecido para el cálculo de las cargas de viento.
- A pesar de tener resultados distantes entre cada criterio, no se debe despreciar ninguna norma puesto que la importancia que se le da a las acciones del viento es la importancia que demanda la intensidad de la misma.

## **VI. RECOMENDACIONES**

A modo de recomendación para futuras investigaciones, se propone lo siguiente:

- Tener en cuenta los agentes con mayor ocurrencia como el sismo y el viento, considerando que el sismo es una carga ocasional que rara vez se presentara, a diferencia de las solicitaciones producidas por el viento que si bien es cierto en un mismo punto puede ser menores que las sísmica, la fluctuación característica de este fluido podría incurrir en fatiga a los elementos estructurales.
- Los criterios para escoger el sistema estructural se limitaron a los 25 pisos, puesto que mayor altura, supondría el uso de elementos resistentes a la acción sísmica, por lo que la investigación se limita a revisar las normas de viento.
- Estudiar las estructuras a partir de otras normativas para poder contrastar con los resultados obtenidos en este trabajo.
- Realizar estudios en las edificaciones que permitan conocer mejor las propiedades de los materiales en los elementos estructurales de los edificios.
- Analizar otros edificios esbeltos con características distintas o similares a los de esta tesis para comparar los resultados obtenidos con los edificios objeto de estudio de esta investigación.

## **VII. REFERENCIAS**

- Beltrán, E. (2012). *Pórticos Espaciales Abiertos Resistentes al Viento para Facilidades Petroleras e Industriales*. Recuperado de:  
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5391/1/AC-CIVIL-ESPE-033330.pdf>
- Beltrán, R. A. (2011) *Efectos de las cargas de viento sobre las estructuras. Análisis de la norma NCH 432 OF 71*. (Tesis de Grado). Universidad Austral de Chile:  
Valdivia: Chile.
- Blanco, B. A. (2007). *Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado*.  
Recuperado de <https://es.slideshare.net/esmaton/estructuracion-y-diseo-de-edificaciones-de-concreto-armado-antonio-blanco-blasco>
- Blessmann, J. (2001). *Acidentes causados pelo vento*. 4. ed. Porto Alegre, Brazil: Editora da UFRGS.
- Burgos, M. y Piqué, J. (2016). *Rigidez efectiva de los elementos de concreto armado*.  
Lima.
- Castro, H., De Bortoli, M., Paz, R. y Marighetti, J. (2015). Una metodología de cálculo para la determinación de la respuesta dinámica longitudinal de estructuras altas bajo la acción del viento. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 31(4), 235-245.
- Comarazamy, D. (2005) *Mitigación de desastres en instalaciones de salud*. Recuperado de:  
[http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/59/1/images/ae\\_guion.pdf](http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/59/1/images/ae_guion.pdf)
- Condori, G. (2014) *comparación del comportamiento sísmico Lineal y no-lineal, en el análisis y diseño Estructural de un edificio alto, con Disipadores de energía e interacción suelo-estructura*. (Tesis de grado). Universidad católica de Santa Maria: Arequipa: Perú.

UNE – EN 1991 – 1 – 4:2007 (Eurocodigo 1). Asociación española de normalización y certificación. España. (2007).

*Manual de diseño de obras civiles. Diseño por viento.* Comisión federal de electricidad. Mexico (2008).

*Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. Infraestructura educativa. Diseño de estructuras por viento,* Mexico (2015)

Córdoba, F. M. (2012) *Cargas de viento: una comparación entre la NSR-10 y resultados numéricos con CFD.* (Tesis de pregrado) Universidad del Valle: Santiago de Cali: Colombia.

Davenport, A. (1998) *¿What makes a structure wind sensitive?'' Wind effects on bulidings and structures.* Rotterdam: Riera & Davenport.

Delaloye, H. (s.f.). *Taller vertical de Estructuras. Acción del Viento sobre Estructuras.*

Recuperado de:

<https://hormigonarmadofiobera.wikispaces.com/file/view/viento.pdf>

Hernández, S. R., Fernández, C. C. & Baptista, L. P., (1991). *Metodología de la Investigación.* Mexico D.F, México: McGraw Hill.

Instituto de Construcción y Gerencia. *Norma E.020. Normas Legales.* 2006. Lima. Perú: ICG.

Mattheib, J. (1980). *Hormigón armado, aligerado, pretensado.* 1ª ed. Barcelona. España: Editorial Reverté.

Mendis, P. & Ngo, Tuan & Haritos, N & Hira, Anil & Samali, Bijan & Cheung, John. (2007). *Wind loading on tall buildings. Electronic Journal of Structural Engineering.* Volumen 7.

- Ossadón, T. R. (2008). *Determinación de la acción del viento sobre las estructuras en Chile*. (Tesis Pregrado). Recuperado de [https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/accion\\_viento/ossandon\\_rt.pdf](https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/accion_viento/ossandon_rt.pdf)
- Pacheco, E. A & Tohala, P. H. (2015). *Comparación de métodos para el cálculo de la carga de viento usada en la construcción de edificios en el Ecuador*. (Tesis Pregrado). Recuperado de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/4174/1/120367.pdf>
- Paz, M. (1992). *Dinámica Estructural, Teoría y Cálculo*. 3ª ed. Barcelona, España: Editorial Reverté.
- Pigatto, A. G. (2011). *Pressões exercidas pelo vento em fachadas de edifícios altos: estudo comparativo dos valores obtidos através de ensaios em túnel de vento e especificações normativas*. (Tesis Pregrado). Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Escola De Engenharia, Porto Alegre: Brasil.
- Proyecto de Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones, CIRSOC 102*, Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles del Sistema INTI, 2001.
- Quijano, V. J. (2011). *Simulación de la dinámica del viento superficial sobre la costa de Ica utilizando el modelo numérico de la atmósfera de mesoescala mm5* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima: Perú.
- Servicio Nacional De Meteorología E Hidrología Del Perú*. Datos históricos – Estación FONAGRO (CHINCHA). Portal web del SENAMHI. Recuperado: 02 de junio del 2018. [https://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapaestaciones/\\_dat\\_esta\\_tipo.php?estaciones=000791](https://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapaestaciones/_dat_esta_tipo.php?estaciones=000791)

- Totter, E. (2008) *Análisis del efecto aeroelástico en la vibración transversal de estructuras sometidas a la acción del viento* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza: Argentina.
- Valderrama, S. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. 2a. ed. Lima, Perú: Editorial San Marcos.
- Vasallo, B. A. (2009) *Análisis de vibraciones aeroelásticas en estructuras esbeltas sometidas a cargas de viento*. (Tesis de pregrado) Recuperado de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/111>
- Vargas, A; Terrazos, T. (2016) *Diseño estructural de un edificio de 7 pisos con muros de ductilidad limitada*. (Tesis Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Zeller, E. (2005). *Wind Loads on Bridge Structures*. *Strasbourg.1a. ed.* New York: Marcel Dekker.

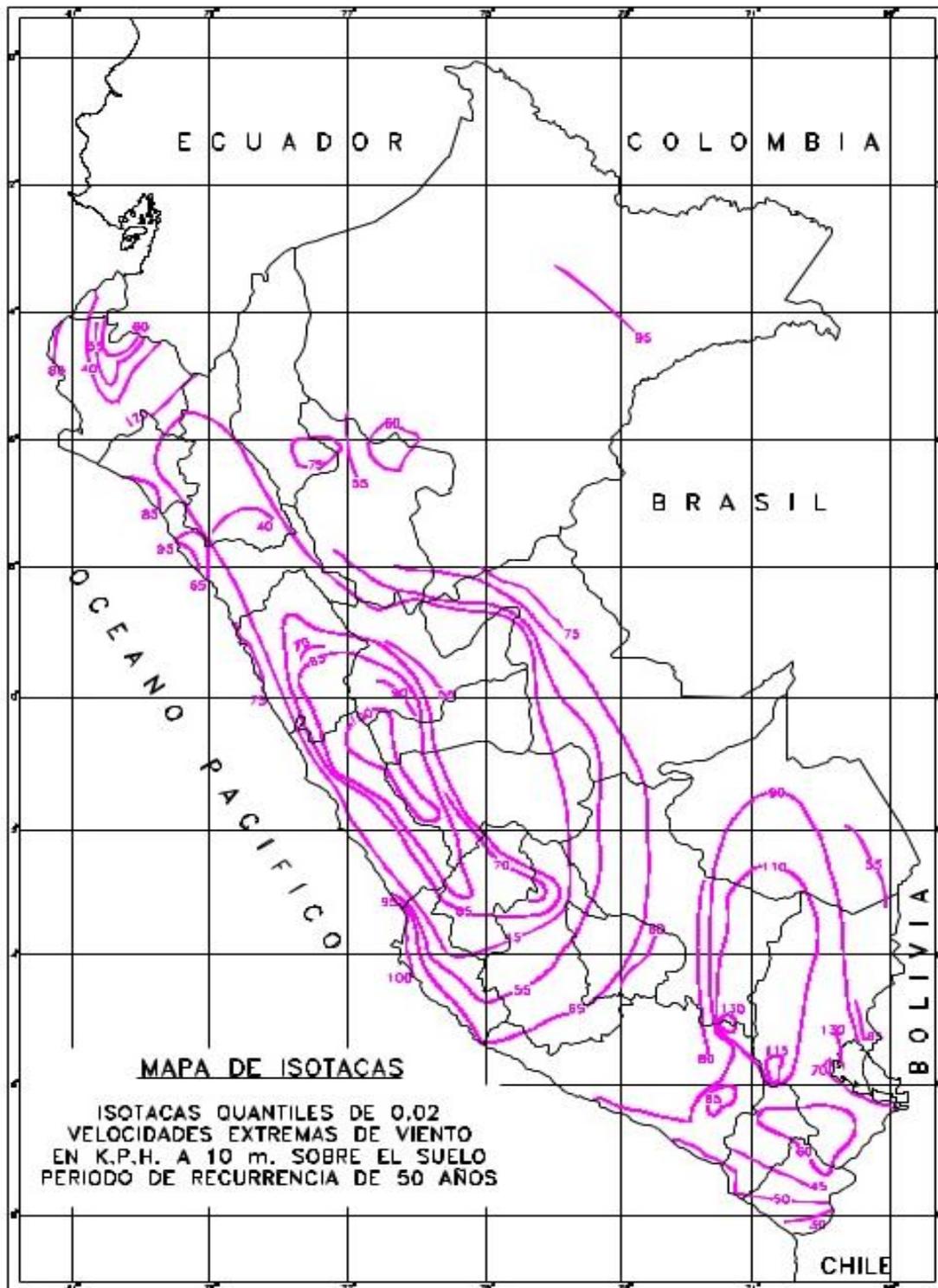
## **VIII. ANEXOS**

Anexo 1. Matriz de Consistencia y Operacionalización de variables

Revisión de la norma peruana y normas internacionales sobre edificios esbeltos de concreto armado por solicitaciones de viento.		OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES												
PROBLEMA		OBJETIVOS					Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala de Medición	
<b>Problema Principal</b>	El problema general de la presente tesis, radica en identificar ¿Qué factores toman en cuenta la Norma Peruana y Normas Internacionales sobre edificios esbeltos de concreto armado por solicitaciones de Viento?	<b>Objetivo Principal</b>	Revisar las consideraciones de cálculo de la norma peruana y normas internacionales por acción del viento					Norma Peruana y Normas Internacional	Son las pautas que establecen en una metodología para diseñar, analizar, y predecir el comportamiento de estructuras, para garantizar la veracidad y calidad de los cálculos.	Para el desarrollo de la variable se tomara en cuenta el mapa edóico mostrado en el E0.20; por estar emplazado en el territorio nacional, para posteriormente seguir los lineamientos plasmados en cada norma.	Calculo dinámico	Amplificación dinámica	Turbulencia	Nominal
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>												
• ¿Cómo será la acción del viento sobre una estructura en ESBELTA, aplicando las disposiciones de la norma E 020, CIRSOC 102, MEXICANO y EUROCODIGO 1?	• Calcular la acción del viento sobre una estructura esbelta, aplicando las disposiciones de la Norma E 020, CIRSOC 102, MEXICANO y EUROCODIGO 1						Calculo estático	Topografía	Tipo de topografía / Normas	Rugosidad del terreno / Normas	Nominal	Ordinal		
• ¿Las cargas de viento por la norma E 020 serán inferiores a las Normas extranjeras?	• Contratar los resultados obtenidos del cálculo de cargas de viento												Forma de estructura	Factor de forma / Normas
							Velocidad	Datos meteorológicos	Nominal					

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Mapa eólico del Perú



Fuente: Instituto de Construcción y Gerencia. Norma E.020. Normas Legales. 2006. Lima. Perú: ICG.

Anexo 3. Registros de velocidad máxima diaria del viento en la estación FONAGRO – CHINCA - ICA

Estación : FONAGRO (CHINCHA) , Tipo Convencional - Meteorológica																																	
Departamento :		ICA					Provincia : CHINCHA					Distrito : CHINCHA BAJA																					
Latitud :		13° 27' 28.1"					Longitud :					76° 8' 3.3"					Altitud : 71																
mes/año	Velocidad del Viento 13h (m/s)																															prom. Men (m/s)	max. Men (m/s)
2013	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
ene	9	8	9	10	9	10	14	10	9	8	10	11	9	8	12	10	9	10	9	11	9	8	10	9	8	10	9	8	11	9	10	9.55	14
feb	9	11	10	9	8	10	9	10	9	12	13	10	9	11	10	11	9	10	13	15	12	9	10	9	11	10	10	9			10.29	15	
mar	8	13	10	9	10	9	8	9	10	11	12	9	8	9	10	7	9	8	8	9	8	9	8	9	10	8	11	9	8	9	9.16	13	
abr	8	9	8	10	9	8	10	9	11	9	8	7	8	9	8	9	8	10	9	7	8	9	10	7	9	10	9	8	7	8	8.63	11	
may	9	8	10	9	8	9	8	22	16	10	9	10	8	9	10	9	10	8	14	2	8	9	8	10	9	8	9	20	10	8	9	9.87	22
jun	10	9	8	10	9	10	9	8	9	10	9	10	9	9	11	8	9	10	11	12	8	11	11	12	10	9	9	8	9	9	9.53	12	
jul	9	10	9	9	8	11	9	10	9	8	9	11	10	11	10	9	8	9	9	8	9	8	7	11	10	9	9	10	9	8	10	9.23	11
ago	9	10	15	10	9	8	9	10	9	8	9	10	9	11	9	9	8	10	9	10	8	11	12	9	18	13	11	14	11	9	9	10.19	18
sep	9	10	9	10	9	10	9	11	9	8	9	10	9	11	10	8	7	9	11	9	8	9	10	9	9	6	8	9	8	9	9.03	11	
oct	9	12	9	12	11	9	8	12	9	11	10	9	8	9	8	7	8	9	10	8	9	8	13	10	11	9	10	9	10	8	9	9.48	13
nov	9	8	9	10	8	9	8	7	8	9	10	9	9	11	9	10	9	13	11	8	12	9	8	9	8	10	8	6	6	7	8.90	13	
dic	6	9	7	8	9	8	9	8	9	9	8	9	8	9	8	8	7	8	9	7	7	7	8	8	8	9	9	8	9	8	8.16	9	

a) registrados en el año 2013

Estación : FONAGRO (CHINCHA) , Tipo Convencional - Meteorológica																																	
Departamento :		ICA					Provincia : CHINCHA					Distrito : CHINCHA BAJA																					
Latitud :		13° 27' 28.1"					Longitud :					76° 8' 3.3"					Altitud : 71																
mes/año	Velocidad del Viento 13h (m/s)																															prom. Men (m/s)	max. Men (m/s)
2014	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
ene	9	8	9	8	7	8	7	9	9	7	9	6	8	9	7	10	8	7	7	7	8	7	8	8	7	6	8	7	7	8	9	7.81	10
feb	9	7	8	7	7	8	7	6	7	8	8	7	6	9	8	8	8	9	8	7	8	8	7	11	8	9	8			7.86	11		
mar	8	7	9	8	7	8	7	8	9	7	8	9	8	7	8	8	7	8	7	8	7	8	9	6	7	9	8	8	10	8	7	7.84	10
abr	8	8	7	7	8	8	7	6	8	9	8	7	8	9	8	7	8	8	7	9	8	9	8	9	8	7	8	7	7	8	7.80	9	
may	7	7	9	8	7	7	9	7	6	6	8	8	9	8	6	5	6	10	9	8	6	6	9	9	7	8	10	8	7	10	9	7.71	10
jun	9	7	6	8	9	10	9	7	9	8	6	7	7	6	12	6	7	10	7	8	7	9	10	6	7	22	11	9	6	7	8.40	22	
jul	6	7	7	9	9	7	8	10	8	7	8	6	6	7	8	9	8	9	9	8	7	7	18	9	7	7	8	8	6	6	7.94	18	
ago	7	8	7	8	6	7	6	5	8	6	6	7	6	7	8	5	5	5	6	6	7	8	6	5	8	5	7	5	7	8	6.48	8	
sep	5	6	7	7	5	4	5	4	5	7	7	8	9	8	7	10	7	7	6	5	5	6	4	7	7	8	6	7	8	7	6.60	10	
oct	6	7	5	8	7	7	7	6	8	7	8	8	6	7	7	8	8	18	6	8	7	6	6	6	7	6	7	7	7	6	7.23	18	
nov	7	8	7	7	7	8	8	7	8	7	6	8	6	7	6	7	7	6	8	7	9	8	7	6	7	6	8	7	6	6	7.07	9	
dic	7	8	9	7	7	7	8	8	7	7	7	8	6	7	7	6	6	6	7	8	8	7	7	9	7	7	8	6	6	7	7.16	9	

b) registrados en el año 2014

Estación : FONAGRO (CHINCHA) , Tipo Convencional - Meteorológica																																	
Departamento :		ICA					Provincia : CHINCHA					Distrito : CHINCHA BAJA																					
Latitud :		13° 27' 28.1"					Longitud :					76° 8' 3.3"					Altitud : 71																
mes/año	Velocidad del Viento 13h (m/s)																															prom. Men (m/s)	max. Men (m/s)
2015	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
enero	6	6	10	6	7	6	7	8	7	7	8	8	8	7	7	7	8	7	7	6	7	8	8	6	8	8	8	8	9	8	7.39	10	
febrero	7	6	8	6	6	7	7	6	8	7	9	7	8	7	6	8	8	10	8	12	9	13	35	8	7	7	8	9			8.82	35	
marzo	9	8	7	12	7	10	8	8	7	7	9	8	7	8	9	9	8	9	8	7	6	8	8	7	8	7	10	9	9	8	9	8.19	12
abril	8	8	10	9	10	8	7	8	10	7	7	8	7	8	6	7	6	7	7	7	7	6	7	6	8	6	6	6	7	6	7.33	10	
mayo	8	6	7	6	9	8	7	7	8	8	7	8	6	7	7	7	8	7	6	7	7	10	7	6	7	9	7	10	6	8	7.35	10	
junio	8	6	5	6	6	8	6	7	5	7	7	5	5	6	7	6	8	5	7	6	6	8	7	6	8	6	5	7	7	6	6.40	8	
julio	6	10	6	7	5	7	7	9	8	6	6	8	8	8	7	7	6	7	6	5	8	8	7	5	5	6	7	6	8	7	6.84	10	
agosto	7	6	6	6	8	5	8	6	11	6	8	8	8	7	6	7	8	6	6	5	7	8	8	8	6	6	8	8	7	5	4	6.87	11
septiembre	6	8	8	8	5	6	8	7	7	6	4	9	8	6	6	7	4	8	8	4	6	8	6	7	8	8	8	9	8	7	6.93	9	
octubre	8	8	6	7	7	6	8	6	8	7	7	6	8	7	8	7	8	7	8	7	6	8	7	6	5	8	8	6	6	7	7.06	8	
noviembre	4.4	6.9	7	8	7	6	8	7	9	8	7	6	7	6	7	8	6	7	6	8	7	6	7	6	8	5	6	5	7	8	6.81	9	
diciembre	6	6	5	8	5	8	6	5	8	7	6	5	6	7	7	8	7	6	5	8	6	7	5	7	6	6	8	7	8	7	7	6.55	8

c) registrados en el año 2015

Estación : FONAGRO (CHINCHA) , Tipo Convencional - Meteorológica																																	
Departamento :			ICA			Provincia :			CHINCHA			Distrito :			CHINCHA BAJA																		
Latitud :			13° 27' 28.1"			Longitud :			76° 8' 3.3"			Altitud :			71																		
mes/año	Velocidad del Viento 13h (m/s)																															prom. Men (m/s)	max. Men (m/s)
<b>2016</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
enero	7	8	7	6	8	6	5	6	8	7	7	9	6	8	9	8	7	8	9	8	6	8	7	8	7	9	7	6	7	8	7	<b>7.32</b>	<b>9</b>
febrero	8	7	8	6	7	6	5	8	7	7	8	6	8	7	9	8	8	7	6	8	7	6	8	6	6	7	8	7	6			<b>7.07</b>	<b>9</b>
marzo	6	7	7	6	8	7	6	7	8	6	7	8	7	6	8	7	6	8	7	6	7	8	6	7	8	6	7	8	7	8	6	<b>6.97</b>	<b>8</b>
abril	7	6	6	9	8	6	7	6	7	5	6	5	8	7	4	7	8	6	8	9	6	6	7	6	8	6	7	8	7	8		<b>6.80</b>	<b>9</b>
mayo	7	6	7	8	6	8	6	7	8	7	6	7	8	7	8	7	6	6	5	7	6	7	5	8	7	6	6	7	6	7	8	<b>6.77</b>	<b>8</b>
junio	7	6	4	6	7	6	7	6	5	6	7	8	6	7	5	6	7	6	5	6	8	5	6	5	10	10	7	6	7	8	<b>6.50</b>	<b>10</b>	
julio	7	6	8	6	7	6	5	6	7	8	6	8	6	6	7	6	7	5	6	5	7	8	7	7	8	6	7	6	5	4	7	<b>6.45</b>	<b>8</b>
agosto	7	5	6	7	6	8	9	5	6	7	8	4	7	7	6	7	5	6	7	8	6	5	7	6	5	7	8	6	5	6	<b>6.42</b>	<b>9</b>	
septiembre	5	7	5	6	5	6	5	8	7	8	7	8	8	6	5	6	7	6	5	8	7	7	7	6	5	7	8	5	6		<b>6.43</b>	<b>8</b>	
octubre	8	6	7	5	5	7	6	5	6	7	7	5	6	6	7	6	8	6	8	5	4	3	5	6	7	5	6	7	7	5	<b>6.06</b>	<b>8</b>	
noviembre	7	7	8	6	5	6	7	6	7	7	6	5	6	7	6	5	6	7	6	7	8	7	5	5	8	7	6	7	6	8	<b>6.47</b>	<b>8</b>	
diciembre	6	7	6	7	8	7	6	5	6	5	6	5	7	6	7	6	7	6	7	8	6	7	8	6	6	7	6	4	6	6	7	<b>6.35</b>	<b>8</b>

d) registrados en el año 2016

Estación : FONAGRO (CHINCHA) , Tipo Convencional - Meteorológica																																	
Departamento :			ICA			Provincia :			CHINCHA			Distrito :			CHINCHA BAJA																		
Latitud :			13° 27' 28.1"			Longitud :			76° 8' 3.3"			Altitud :			71																		
mes/año	Velocidad del Viento (m/s)																															prom. Men (m/s)	max. Men (m/s)
<b>2017</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
enero																																	
febrero	7	7	6	5	7	6	7	7	8	8	5	7	7	8	7	8	7	6	7	6	7	6	6	7	8	6	5	7			<b>6.71</b>	<b>8</b>	
marzo	6	7	8	7	8	7	7	6	7	6	7	8	6	7	8	7	6	7	8	7	8	6	7	6	6	7	6	7	5	6	7	<b>6.81</b>	<b>8</b>
abril	8	7	7	8	6	6	6	7	6	7	7	6	7	7	6	6	7	6	7	6	5	6	5	6	5	7	6	5	5	5	<b>6.27</b>	<b>8</b>	
mayo	7	7	4	6	7	5	6	7	6	5	6	7	6	4	5	6	6	7	7	6	7	6	7	5	6	5	6	5	4	5	<b>5.84</b>	<b>7</b>	
junio	5	6	5	5	4	4	8	5	5	6	6	5	5	4	5	4	5	6	5	4	4	5	7	5	6	5	4	5	3	5	<b>5.03</b>	<b>8</b>	
julio	5	6	5	6	5	3	6	5	4	4	5	4	6	5	6	6	7	7	6	6	6	5	6	6	6	6	7	6	6	6	<b>5.58</b>	<b>7</b>	
agosto	5	7	6	7	6	6	7	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	7	6	4	5	7	6	4	6	8	6	6	5	<b>5.97</b>	<b>8</b>	
septiembre	4	6	6	6	6	6	6	5	6	6	7	6	6	7	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	<b>5.90</b>	<b>7</b>	
octubre	6	6	6	6	7	5	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6	7	6	6	6	6	5	7	6	<b>6.03</b>	<b>7</b>
noviembre	7	7	5	5	6	6	6	6	6	6	6	5	7	6	7	5	5	6	6	6	5	7	7	6	6	6	7	7	6		<b>6.07</b>	<b>7</b>	
diciembre																																	

e) registrados en el año 2017

Nota: Los cuadros: a), b) c), d) y e); del anexo 3, son un conjunto de datos hidrometeorológicos extraídos del portal web de SENAMHI, que abarcan el periodo de 2013 al 2017. Adaptado. Fuente: Datos históricos – Estación FONAGRO (CHINCHA). Portal web del SENAMHI.

Anexo 4. Tipos de rugosidad y valores del parámetro  $z_{0,i}$  para cada tipo de la Norma CIRSOC 102.

Tipo	DESCRIPCION	$z_{0,i}$ (m)
I	Llanuras planas con pocas o ninguna obstrucción, con un promedio de alturas de las posibles obstrucciones alrededor de la construcción menor que 1,5 m. Por ejemplo: fajas costeras hasta aproximadamente 6 km, llanuras sin árboles, mesetas desérticas, pantanos.	0,005
II	Zonas llanas, poco onduladas con obstrucciones dispersas, tales como cercas, árboles o construcciones muy aisladas, con alturas entre 1,5 y 10 m.	0,050
III	Zonas onduladas o forestadas, zonas urbanas con numerosas obstrucciones de espacios cerrados que tienen la altura de las casas domésticas con promedio no superior a 10 m. Por ejemplo: áreas industriales, suburbios de grandes ciudades.	0,200
IV	Superficies cubiertas por numerosas obstrucciones, centros de grandes ciudades con edificación general de más de 25 m de altura.	0,500

*Fuente:* Proyecto de Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones, CIRSOC 102, Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles del Sistema INTI, 2001.

Anexo 5. Valores del coeficiente adimensional  $C_z$ . Norma CIRSOC 102.

<b><math>z</math> (m)</b>	<b>Tipo de Rugosidad</b>			
	<b><i>I</i></b>	<b><i>II</i></b>	<b><i>III</i></b>	<b><i>IV</i></b>
≤ 10	1,000	0,673	0,446	0,298
20	1,191	0,860	0,618	0,451
30	1,310	0,980	0,732	0,556
40	1,398	1,071	0,818	0,637
50	1,468	1,143	0,888	0,703
60	1,527	1,204	0,948	0,760
70	1,578	1,257	1,000	0,810
80	1,622	1,304	1,046	0,854
90	1,662	1,346	1,088	0,894
100	1,698	1,384	1,125	0,931
150	1,839	1,536	1,277	1,079
200	1,944	1,648	1,390	1,191
250	2,026	1,738	1,482	1,281

*Nota: los valores intermedios se obtienen por interpolación lineal.*

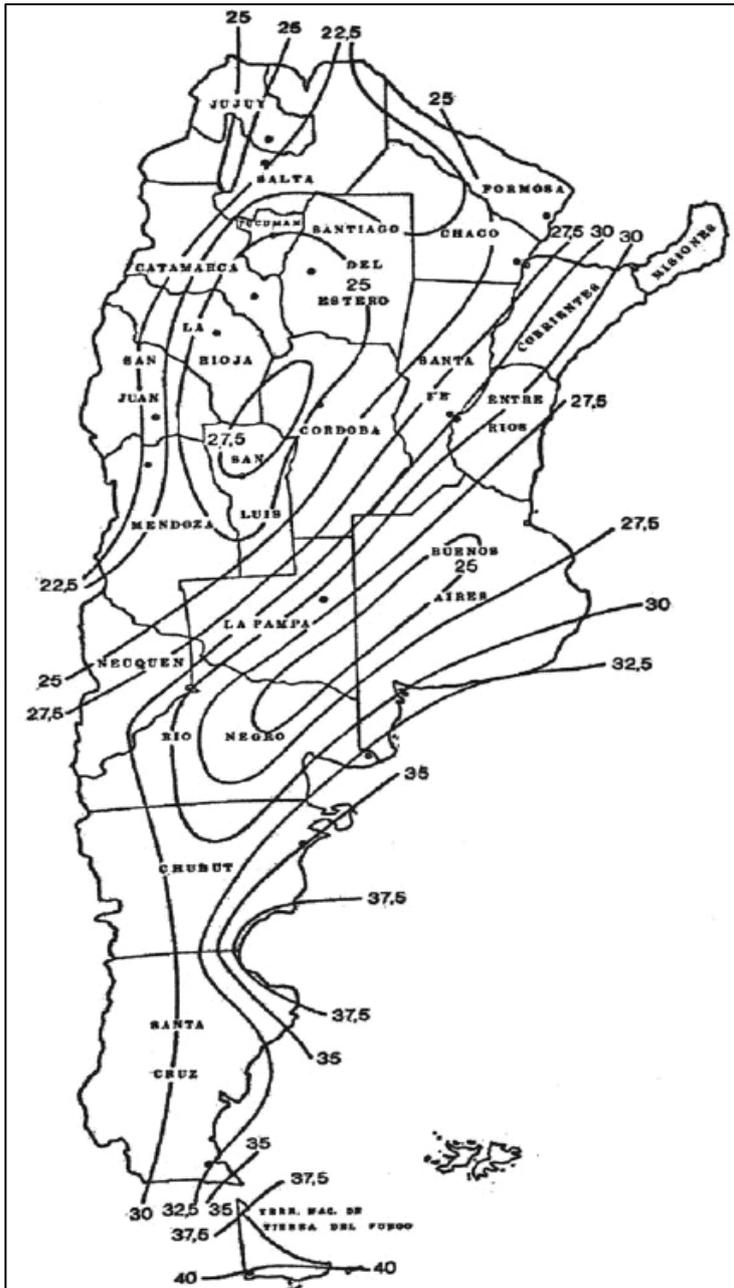
*Fuente: Proyecto de Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones, CIRSOC 102, Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles del Sistema INTI, 2001.*

Anexo 6. Coeficiente de reducción por dimensiones cd. CIRSOC 102.

a/h ó b/h	Tipo de rugosidad	h / V <sub>o</sub>											
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	≥ 6,0
0,0	I	0,99	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75
	II	0,97	0,90	0,85	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70
	III	0,95	0,89	0,84	0,80	0,77	0,74	0,72	0,70	0,69	0,67	0,66	0,65
	IV	0,94	0,87	0,82	0,78	0,74	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64	0,63	0,62
0,5	I	0,99	0,90	0,83	0,77	0,73	0,70	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61
	II	0,96	0,88	0,80	0,74	0,69	0,66	0,63	0,61	0,59	0,57	0,55	0,54
	III	0,94	0,86	0,78	0,71	0,66	0,61	0,58	0,55	0,53	-----	-----	-----
	IV	0,93	0,84	0,75	0,68	0,63	0,58	0,55	0,52	-----	-----	-----	-----
1,0	I	0,95	0,85	0,78	0,73	0,69	0,66	0,64	-----	-----	-----	-----	-----
	II	0,93	0,81	0,73	0,67	0,62	0,59	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	III	0,91	0,79	0,70	0,64	0,59	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	IV	0,88	0,77	0,68	0,61	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2,0	I	0,86	0,77	0,71	0,66	0,63	0,61	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	II	0,85	0,74	0,67	0,61	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	III	0,83	0,72	0,63	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	IV	0,82	0,68	0,59	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5,0	I	0,83	0,71	0,63	0,59	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	II	0,75	0,65	0,58	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	III	0,70	0,61	0,54	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	IV	0,67	0,56	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

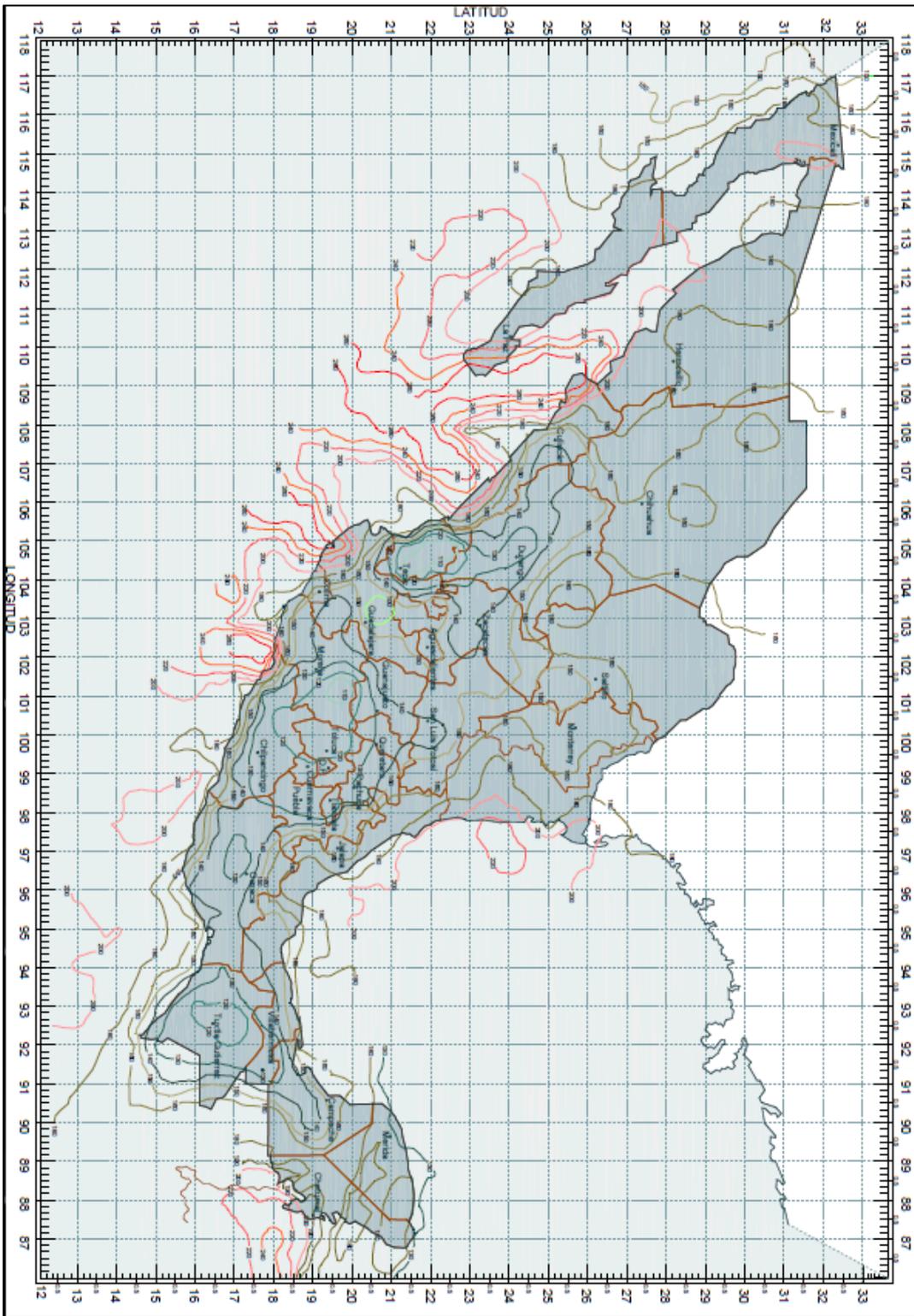
Fuente: Proyecto de Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones, CIRSOC 102, Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles del Sistema INTI, 2001.

Anexo 7. Mapa de distribución de la velocidad de referencia  $\beta$  en la Argentina.



Fuente: Proyecto de Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones, CIRSOC 102, Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles del Sistema INTI, 2001.

Anexo 8. Velocidades regionales de la República Mexicana para un período de retorno de 200 años.



Fuente: Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones. Infraestructura educativa. Diseño de estructuras por viento, México (2015)



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD  
DE TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo, María Ysabel Garcia Alvarez, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Lima Este (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

"Revisión de la norma peruana y normas internacionales sobre edificios esbeltos de concreto armado por solicitaciones de Viento", del (de la) estudiante José Fernando, Gómez Ccollana constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, San Juan de Lurigancho: 04 de julio del 2018.

Firma

María Ysabel Garcia Alvarez,

DNI: 21453567



Elaboro	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------





### FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Revisión de la norma peruana y normas internacionales sobre edificios esbeltos de concreto armado por solicitaciones de viento

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR

Jose Fernando Gomez Ccollana

ASESORES

Dra. María Ysabel García Álvarez

Mg. German Fernando Casuso Iberico

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño sísmico y estructural

LIMA - PERÚ

2018

#### Resumen de coincidencias

**22 %**

Se están viendo fuentes estándar

[Ver fuentes en inglés \(Beta\)](#)

Coincidencias	Porcentaje
1 Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	3 %
2 www.tesis.uchile.cl Fuente de Internet	2 %
3 www.scipedia.com Fuente de Internet	2 %
4 docslide.us Fuente de Internet	2 %
5 www.met.igp.gob.pe Fuente de Internet	1 %
6 docplayer.es Fuente de Internet	1 %
7 www.construir.com Fuente de Internet	1 %
8 repositorio.usfq.edu.ec Fuente de Internet	1 %





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL, LA Dra. MARÍA YSABEL GARCIA ALVAREZ.

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

JOSE FERNANDO GOMEZ CCOLLANA

INFORME TITULADO:

REVISIÓN DE LA NORMA PERUANA Y NORMAS INTERNACIONALES SOBRE  
EDIFICIOS ESBELTOS DE CONCRETO ARMADO POR SOLICITACIONES DE  
VIENTO

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

---

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: San Juan de Lurigancho, 04 de Julio del 2018

NOTA O MENCIÓN: 13 (Trece)

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Dra. María Ysabel García Álvarez