

Analysis of dynamic behavior due to wind loads in a 14-level structure with dual system, Trujillo

Luigy Amid Cabrera-Acevedo¹, Walter Anthony Salinas-Ruiz¹, Eduardo Manuel Noriega-Vidal, Msc.¹, Juan Carlos Martell-Ortiz, Msc.¹, Alan Yordan Valdiviezo- Velarde, Dr. ¹, Eduar Jose Rodriguez-Beltran, Msc.¹, lacabrera@ucvvirtual.edu.pe, wsalinasr@ucvvirtual.edu.pe, enoriegavi@ucvvirtual.edu.pe, jmartellor@ucvvirtual.edu.pe, avaldivieso@ucv.edu.pe, erodriguezb@ucv.edu.pe,

¹Departamento de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo, Perú

Abstract- The general objective of the research work was to carry out an analysis of the dynamic behavior due to wind loads in a 14-story structure with a dual system. The research considered a non-experimental design; in addition, it will be transversal in nature, since it will be carried out in a given circumstance. Also, in a descriptive way, since information will be collected, in order to analyze our variables. To achieve our general and specific objectives, we follow the guidelines and wind parameters of the current ASCE 7-22 (American) standard, where the intensity of the wind speed in a specific direction, the pressures and permissible displacements in the design of a building. For this purpose, calculations were carried out on a 15-story building, with a height of 37.9 m, 9.8 m in the direction perpendicular to the wind, 23.9 m in the direction parallel to the wind. The study of the building will be carried out in the city of Trujillo which will be through the RFEM 5 and RWIND and ETABS software for the modeling and simulation of the structure due to wind loads, also for the calculation of speeds it was achieved with the help of spreadsheets in Excel, applying the criteria of ASCE 7-22.

The results obtained show important variations in speeds and pressures to which the Solano II building is exposed, exerted by the wind on the building since the higher the floor height, the greater the increase in the pressure exerted on the structure with respect to the speed. of the wind, it is also concluded that it is important that each method applied in the present investigation corresponds to a climatological reality of the country where they are located.

Keywords: Wind pressure, windward, leeward, wind

Analysis of dynamic behavior due to wind loads in a 14-level structure with dual system, Trujillo

Luigy Amid Cabrera-Acevedo¹, Walter Anthony Salinas-Ruiz¹, Eduardo Manuel Noriega-Vidal, Msc.¹, Juan Carlos Martell-Ortiz, Msc.¹, Alan Yordan Valdiviezo- Velarde, Dr.¹, Eduar Jose Rodriguez-Beltran, Msc.¹, lacabrera@ucvvirtual.edu.pe, wsalinasr@ucvvirtual.edu.pe, enoriegavi@ucvvirtual.edu.pe, jmartellor@ucvvirtual.edu.pe, avaldivieso@ucv.edu.pe, erodriguezb@ucv.edu.pe,

¹Departamento de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo, Perú

Resumen- El trabajo de investigación tuvo como objetivo general realizar un análisis del comportamiento dinámico por cargas de viento en una estructura de 14 pisos con sistema dual. En la investigación se consideró un diseño No experimental, además, será de carácter transversal, ya que se realizará en una circunstancia dada. También, de manera descriptiva, ya que se hará la recolección de información, con el fin de analizar nuestras variables. Para alcanzar nuestros objetivos tanto general como específicos seguiremos los lineamientos y parámetros de viento de la norma vigente ASCE 7-22 (americana), donde se tomará en cuenta la intensidad de la velocidad del viento en una específica dirección, las presiones y desplazamientos permisibles en el diseño de una edificación. Con este propósito se realizaron cálculos sobre un edificio de 15 pisos, con una altura de 37.9 m, 9.8 m en la dirección perpendicular al viento, 23.9 m en dirección paralela al viento. El estudio de la edificación se realizará en la ciudad de Trujillo el cual será a través de los softwares RFEM 5 Y RWIND y ETABS para el modelamiento y simulación de la estructura por cargas de viento, asimismo para el cálculo de velocidades se logró con ayuda de hojas de cálculo en Excel, aplicando los criterios de la ASCE 7-22.

Los resultados obtenidos muestran importantes variaciones de velocidades y presiones a las que está expuesta la edificación Solano II, ejercidas por el viento sobre la edificación ya que a una mayor altura de piso mayor será el incremento la presión ejercida en la estructura con respecto a la velocidad del viento, también se concluye que es importante que cada método aplicado en la presente investigación corresponde a una realidad climatológica del país donde se encuentran.

Palabras clave: Presión del viento, barlovento, sotavento, viento

Abstract- The general objective of the research work was to carry out an analysis of the dynamic behavior due to wind loads in a 14-story structure with a dual system. The research considered a non-experimental design; in addition, it will be transversal in nature, since it will be carried out in a given circumstance. Also, in a descriptive way, since information will be collected, in order to analyze our variables. To achieve our general and specific objectives, we follow the guidelines and wind parameters of the current ASCE 7-22 (American) standard, where the intensity of the wind speed in a specific direction, the pressures and permissible displacements in the design of a building. For this purpose, calculations were carried

out on a 15-story building, with a height of 37.9 m, 9.8 m in the direction perpendicular to the wind, 23.9 m in the direction parallel to the wind. The study of the building will be carried out in the city of Trujillo which will be through the RFEM 5 and RWIND and ETABS software for the modeling and simulation of the structure due to wind loads, also for the calculation of speeds it was achieved with the help of spreadsheets in Excel, applying the criteria of ASCE 7-22.

The results obtained show important variations in speeds and pressures to which the Solano II building is exposed, exerted by the wind on the building since the higher the floor height, the greater the increase in the pressure exerted on the structure with respect to the speed. of the wind, it is also concluded that it is important that each method applied in the present investigation corresponds to a climatological reality of the country where they are located.

Keywords: Wind pressure, windward, leeward, wind

I. INTRODUCCION

En la última década los acontecimientos que se han ocasionado por casos de cargas de viento en las estructuras, han ido incrementándose notoriamente a nivel global, esto como consecuencia de un mal análisis y modelado de la parte estructural de las edificaciones; las mismas que son expuestas a peligros de gran magnitud ocasionadas por estas mismas como: las velocidades del viento en edificaciones esbeltas, daños en vórtices de las estructura, daños por magnitud de ráfaga; además, otro factor importante también es la topografía, si la edificación se encuentra en colinas a grandes metros de altura y otros factores locales y ambientales que influyen como las aceleraciones del viento en un parámetro de tiempo historia. Por ello hacer un análisis dinámico por cargas de viento en las estructuras es una buena propuesta para evitar ese tipo de problemática, ya que es algo que se ha visto décadas antes en estructuras no tan rigidez como son carteles, postes, plantas metálicas, antenas debido al excesivo incremento de las velocidades y cargas del viento.

La humanidad está en una invariable evolución, respecto a la prevención de riesgos que en tiempos venideros perjudique la salud y el bienestar de uno mismo. Por ello se hace frente a un incorrecto diseño y la falta de resistencia en las estructuras para evitar posibles desgracias de la naturaleza y cargas dinámicas excesivas que se le adjudican

a la estructura como las de viento y sismo. Actualmente las estructuras de inmenso tamaño se diseñan con un sistema dual para obtener una mayor rigidez en lo que son sus caras laterales y hacer frente a cualquier tipo de fuerza lateral que se le genere por la misma naturaleza, de esa manera se vuelve menos invulnerable ante estas cargas. Los efectos provocados por fuerzas exteriores como el viento, producen presiones o succiones sobre las edificaciones, quedando expuesta ante posibles desplazamientos que a lo largo perjudiquen la estructura. Por ende, el estudio de cargas de viento en estructuras esbeltas es de suma importancia, ya que su construcción está diseñada para soportar las presiones del viento sin poner en riesgo la estructura, ni tampoco la integridad de los que ocupan la edificación.

Se basó en los últimos casos de acontecimientos de fallas y desastres en el campo constructivo es necesario presentar el análisis dinámico ocasionado por las cargas de viento en las estructuras de gran esbeltez, más que una necesidad debería ser obligatorio debido a que son cargas que también van influir en contra del rendimiento de la estructura, por ello al hacer este análisis radicáramos con esa inseguridad en las estructuras y esa falta de resistencia ante estos tipos de cargas, se debe concientizar acerca de esta solución en el instante de diseño de la estructura y tener consideración sobre ellas, para hacer frente a los momentos torsionales y desplazamientos de la estructura.

Existen normativas vigentes en cada país donde detalla este tipo de análisis para las estructuras, pero pocos son los que consideran este análisis debido a que minorizan los desastres ocasionados por este efecto de viento, ya que es una carga que pueden sentir su magnitud el día a día, sin embargo al ser una carga lateral que varía dependiendo la altura, no se sabe si en algún momento podría sumarse a una carga adicional lateral como podría ser de sismo donde ahí sí podría afectar considerablemente a una edificación con diafragmas rígidos en sus últimos niveles y peor aún si la edificación no cuenta con una resistencia a momentos en vórtices o si está diseñada con elementos estructurales de tipo metal expuestas a salitre, donde son afectadas por corrosión debilitando más a la estructura y generando vulnerabilidad en sus bases y en sus elementos estructurales, otro factor importante sería el tipo de diseño del techo o cubierta de la edificación, ya que se sabe que al momento que el viento golpee si es un techo con Angulo $> 10^\circ$ recibirá todo el impacto ya sea a 2 aguas o a 4 aguas, si se presenta un Angulo $< 10^\circ$ podría considerarse que el viento pueda disipar fácilmente y no ver tan afectada a la edificación en la parte del techo o cubierta.

Según [1], indicaron que las estructuras con gran esbeltez son aquellas que son más propensas a este tipo de cargas laterales y sus reacciones son de longitud, transversal y torsional; en ese sentido, aquellos efectos torsionales en una estructura deberían ser consideradas al instante que se va diseñar por resistencia, las cuales se pueden hallar a través del método del túnel de viento y/o también por procedimientos detallados y enfocados por lo dispuesto en la norma ASCE 7-22.

Por otro lado [2], realizaron comparaciones estructurales entre muros curvos (cuando los indicadores son iguales a 0.10 y iguales a 0.20), muros estructurales rectos y muros estructurales en ángulos (forman ángulos en los ejes de los muros y fuerzas perpendiculares al viento a 0° , 90° , 180° y 270°) el cual serán evaluados a diferentes niveles de altura (5, 10, 15, 20 y 25 metros) teniendo como referencia ciertas fuerzas que son ejercidas a través de la velocidad del viento en la ciudad de Chiclayo. Después, de obtener las evaluaciones de los muros propiamente mencionados, se percibe que como resultados de la velocidad del viento en cada cara lateral del edificio se obtuvo que a 0° la velocidad máxima fue de 16.8 m/s, a 90° fue 17 m/s, a 180° una velocidad de 15 m/s y a 270° una velocidad máxima de 17.4 m/s en la parte más alta de la edificación.

Del mismo modo [3], determinó que las naves industriales diseñadas en el país no son construidas bajo una consideración en base a sobreesfuerzos que soportaran los efectos ambientales del viento, y que varían según las ubicaciones de cada zona del país. Se identificó un perfil de acero con un incremento en la resistencia de cada elemento estructural que serán útiles principalmente en estructuras metálicas entre aquellas tenemos: los arriostramientos, columnas, vigas, dintel y correas en cada pórtico correspondiente. Se analizó también las cargas de viento por las que estarán expuestas las estructuras metálicas, del mismo modo se planteó un diseño estructural en el software SOLIDWORKS, verificando paso a paso algunas pautas para el diseño de la estructura, sirviendo como guía para investigaciones futuras y proyectos científicos con diseños de estructuras metálicas.

En cada edificación se requiere uniformidades y simplicidades, de tal manera que mantengan comportamientos de rigidez suficientes ante alguna carga exterior como eventos naturales que se dan en ciertas zonas del país. Se llevó a cabo varios análisis de viento donde se incorporaron cargas exteriores a las estructuras metálicas, siguiendo estudios de tensión. Según el estudio que se realizó para los desplazamientos máximos se obtuvo como resultado un 12.4 mm, donde se determinó los rangos admitidos por los parámetros de desplazamientos permitidos en la investigación de seguridad, siendo un mínimo de 4.0 m la altura según los tipos de estructuras que se habían planteado. Por último, concluyeron que el siguiente estudio de investigación tiene características similares al análisis realizado anteriormente, determinando un cuadro de ponderados máximos, por tal razón, se observó que el diseño de la edificación es similar en relación a la resistencia de la estructura en comparación a los otros casos de diseño de naves industriales analizados.

Además [4] indicó que el actual estudio es de tipo descriptivo con un diseño No experimental y con una perspectiva cualitativa, ya que se analizará los parámetros para los cálculos de acciones del viento tanto nacional como internacional, donde también se verificará los parámetros de diseño en las normas vigentes: Norma Peruana de Edificaciones E.020, Norma Mexicana, SIRSOC 102 y EUROCODIGO 1. Para alcanzar los

objetivos de la investigación, se tuvo que usar criterios de la norma, tanto como las intensidades de turbulencia, tipos de topografías, rugosidad de los diferentes tipos de terreno, factores de forma, y asimismo de los valores meteorológicos ambientales. Con dichos criterios se realizaron los cálculos respectivos para una estructura de 25 niveles, con un H general de 90.40 m, 25 m en las direcciones perpendiculares del viento, 15 m en las direcciones paralelas al viento y ubicándonos en ciudad de Ica. Las 4 normas facilitaron el desarrollo de presiones en edificaciones, determinando cargas que estarán arraigadas a un factor que actúa en las caras de sotavento, barlovento o direcciones paralelas a la del viento, mostrándose la superposición de la presión a sotavento para la edificación de 90.40 m en el eje Z, que fueron determinados siguiendo el criterio de las normas de México, Argentina, Perú y europea.

Por otro lado [5] nos dijo que cada edificio alto puede verse afectado por ciertos niveles de velocidad, expuestos frente a ciertas fuerzas de viento que afectan la estabilidad de sus ocupantes. Se utilizaron diferentes métodos para disipar la energía que produce las fuerzas del viento en la estructura, con la finalidad de disminuir las velocidades máximas generadas por el viento, siendo esta una forma de estrategia para mejorar el rendimiento de la estructura. Dicho estudio menciona unos pasos para calcular la velocidad máxima intermedia en cada piso de la estructura frente a cargas de viento en distintas direcciones como en 0° , 90° , 180° y 270° . Los resultados para los casos de cargas de viento sobre edificaciones simulan factores estocásticos estacionarios con correlación espacial que se fundamentan en modelos de efectos espectrales de turbulencias longitudinales. Se desarrollaron procedimientos para la creación de un amortiguador viscoso lineal y un amortiguador de masas sintonizadas, que permiten estimar algún incremento en relación a amortiguadores críticos para modelos con amortiguamientos no clásicos frente a fuerzas transversales a las que estará expuesta la edificación. Se obtuvieron como resultados que los valores máximos de velocidad media son entre 20 m/s y 28 m/s siendo estas velocidades permitidas según la norma ASCE7-2016, también se calculó en base a disipadores de calor y parámetros con amortiguaciones de masas ajustados para alcanzar lineamientos de diseño adecuados para favorecer la comodidad de sus habitantes en tormentas por año. Concluyeron que para ciertos casos de viento se alcanzaron velocidades máximas y mínimas ejercidas por fuerzas de viento en turbulencias según los parámetros acordados. Para edificaciones similares serán modeladas bajo alcances combinados de algún disipador viscoso y algún oscilador resonante de un mínimo tamaño y a su vez de mayor envergadura. Analizando los casos de cargas se observa que, para comparar el análisis realizado se destaca el primer estudio de carga analizado por el disipador que genera un apoyo para disminuir las velocidades afectadas por el viento. Por ende, se siguió parámetros de confort, obteniendo para el primer caso analizado, un resultado bajo de $\mu=0.80\%$. Por el contrario, para el segundo caso analizado, los criterios de Confort si cumplen con los

parámetros del estudio, obteniendo un resultado alto de $\mu=1.60\%$ que para el primer caso anteriormente mencionado. Los disipadores brindaron apoyo al disminuir el tamaño del oscilador resonante, generando así más oscilaciones para el diseño tras casos con modificaciones de lineamientos estructurales frente a fuerzas de viento.

Según [6] indagó que la torre autoportante es una estructura que carece de una supervisión minuciosa, según el análisis dinámico que esta genera bajo algún efecto de sismo y viento. Se observaron diferentes casos en estructuras esbeltas donde se analiza dinámicamente: los dominios del tiempo como frecuencias y dominios estáticos equivalentes. La informática obtenida va en avance conforme los años pasan, fomentando la implementación de métodos sofisticados para el análisis dinámico, como métodos para la determinación en referencia al tiempo, que estas pueden realizarse bajo un estudio modal o bajo una integración más clara. Se considera la coexistencia de 2 métodos en el diseño de la torre autoportante, con la finalidad de analizar los resultados y comparar en términos de presión y deformación bajo alguna situación dinámica de cargas de viento. Los terremotos serán fenómenos usados para una superposición de algún modal e integración directa. Cada resultado muestra que para los desplazamientos por fuerzas de viento son mínimas al 2.0%. En la simulación de la estructura para el procedimiento se basa en las superposiciones modales que se dan eficientemente, ya que conlleva un tiempo reducido y una poca memoria de resultados. Se concluye que para una torre auto soportada se tiene ya varios periodos fundamentales por vibraciones, en otras palabras, se observa más influencia en los resultados dinámicos de la estructura. Los comportamientos se corroboran por medio de la iteración del incremento de todos los casos elaborados para analizar una superposición modal, por el cual se evidencia un incremento de 20 a 100 modos, que no representan alguna variación en los cálculos obtenidos para un promedio de 0.10%.

Según señaló [7] en el presente trabajo se analizará las respuestas espectrales de una estructura constante de un aerogenerador que trabaja provocando resonancias Aero-elástica y es usado en ciudades como forma de implementación de una comunidad ecológica. La investigación se realizó mediante simulaciones numéricas por los comportamientos del viento y sus causas frente a estructuras como el aerogenerador. Se utilizará el método de Von Kármán, donde será usado para calcular la velocidad promedio del viento que será analizada en base a un estudio meteorológico ubicada en Ecuador. Se llevo a cabo el estudio de "CFD" (Computational Fluid Dynamics) para obtener señales de oscilación y excitación causados por diversas fuerzas de viento o corrientes anómalas. Las causas de dichas corrientes en el auto generador se realizaron utilizando investigaciones acerca de estudios modales y de respuestas armónicas de resonancias magnéticas. Se obtuvo datos que evidencian presiones que van incrementando proporcionalmente con el aumento de las velocidades del viento, arrojando como resultados que

la presión obtenida varía entre los 10.0 y 15.0 kg/m², según los modelamientos que transitan por las áreas de la estructura, ya sea por los aerogeneradores provocando cambios en la dirección de la ubicación de los vórtices, de tal forma en las amplitudes y frecuencias de excitación. Se concluye que, al determinar las influencias en el área urbana de edificaciones con una altura baja, se visualiza, en relación con un espacio o área sin obstáculos, que las direcciones del viento serán alteradas periódicamente, generando direcciones para diferentes velocidades del viento en la estructura, el cual aumenta las velocidades de flujos del viento y se altera las amplitudes de las señales de excitación y las fuerzas de elevación que se ejercen en la estructura. Sin embargo, estas modificaciones no tienen un valor exacto considerando que será utilizado en el aerogenerador, siendo una estructura de forma cilíndrica que puede usarse en varios ejes del viento, por eso, se tiene una ventaja mayor para los instrumentos que se instalara en áreas urbanísticas con una numerosa obstrucción del fluido del viento.

Se utilizó el software Rwind, siendo este un programa indicado para realizar simulaciones sobre fuerzas de viento en estructuras metálicas o de concreto armado, a su vez se utilizará un software como OpenFoam, donde se predecirá los efectos del viento por interacciones del fluido con entornos urbanos para el correcto diseño y modelado de varias estructuras pequeñas como edificios donde se plantea utilizar los aero-generadores. El método del túnel de viento analizará las magnitudes de los caudales medios más frecuentes entre el medio día y las 6 de la noche en una semana, obteniendo como resultado un 10.0 km/h (2,777 m/s), considerando los perfiles del viento para comunidades con pocas estructuras urbanísticas.

El artículo se justificó de forma general, en hallar la conducta dinámica de una edificación, sobresaliendo más allá de analizar las respuestas dinámicas por cargas de viento, de cierta manera recopilando información de nuevas investigaciones. De igual modo se justificó de forma teórica con el objetivo de brindar información nueva para el conocimiento de los investigadores sobre la reacción dinámica por cargas de viento, De igual modo se justificó de forma práctica ya que es fundamental encontrar resultados con más % de exactitud sobre la reacción de la estructura ante estas cargas a través del programa Rfem 5 y su script Rwind, y de cierta manera minimizar el tiempo del desarrollo del cálculo. Finalmente se justificó de forma metodológica ya que a través de este método de análisis se obtendrá hallazgos verídicos, con los cuales puedan contar para indagar más estudios sobre el asunto.

El objetivo general de la investigación fue hacer un análisis del comportamiento dinámico por cargas de viento en una estructura de 14 niveles con un sistema dual. Posteriormente se formularon los siguientes objetivos específicos, Determinar la velocidad máxima y mínimas por cargas de viento en los ejes principales x e y de una estructura de 14 niveles, Determinar las presiones y succiones máximas y mínimas en las direcciones X e Y por túnel de viento en cada cara de la edificación, Determinar

los máximos desplazamientos y giros en X, Y, Z por cada dirección de viento en una estructura de 14 niveles.

II. METODOLOGIA

A. Tipo de investigación

La investigación de tipo aplicada o aplicada es un modelo de estudio comprobado que nos lleva a la evolución de elementos de nuestro entorno al universo completo. [8] En el estudio se tomó en cuenta una investigación aplicada o aplicada, por lo que hay conocimientos vinculados con el contenido y unas cuantas metodologías. Por ende, el estudio se estima aplicado teniendo en consideración estudios importantes, requerirá de los descubrimientos de cada solución acerca de cada utilización de conocimientos con el objetivo de dar término a las problemáticas, hallando efectos positivos para el estudio.

B. Diseño de investigación

Según su diseño no experimental, es aquella metodología que está direccionada al rol de identificar partes valiosas de acuerdo al procedimiento del estudio desde la investigación sistemática de la postura problemática, en conexión con el fin del proyecto y el campo de [9]. En el estudio se tomó en cuenta un diseño No experimental, Además, será de carácter transversal, ya que se realizará en una circunstancia dada. También, de manera descriptiva, ya que se hará la recolección de información, con el fin de analizar nuestras variables.

C. Variables y operacionalización.

La variable viene a ser todo aquello que se pretende estudiar, controlar o medir [10]. puede darse de una manera conceptual y operacional, primero se tiene que definir y posteriormente la descomposición mediante el proceso de deducción. Se clasifican según su finalidad en dos tipos de variables: la independiente y dependiente.

Las variables independientes son los factores que el investigador quiere poner a prueba para demostrar una hipótesis. También son características, condiciones, cualidades o hechos que tienen la potencialidad de alterar otras variables dependientes. En otras palabras, es la que se modifica y manipula sistemáticamente para analizar cómo afecta a la variable dependiente. [11]. En ese sentido la investigación tiene como variable independiente las cargas de viento.

En lo que respecta a la variable dependiente, estamos hablando de aquella cualidad o característica cuyo comportamiento se ve afectado por la variable independiente. [12]. En esta investigación nuestra variable dependiente es la estructura.

D. Población.

Para el estudio de la población se necesita conocer y comprender el tamaño de las investigaciones [13], por lo que es necesario delimitar la constitución de grupos o conjuntos de personas, animales, objetos, muestras de laboratorios, entre otros; en ese sentido para la presente investigación en desarrollo se planteó tomar como población todas las viviendas de concreto armado del Sector San Andrés, calle San Francisco Solano, Trujillo, La Libertad.

- Criterio de inclusión: En este estudio se incluyó a todas las viviendas y residencias que cuentan con más de 8 pisos techado, que se encuentren delimitadas en todo el Sector San Andrés, calle San Francisco Solano, Trujillo.
- Criterio de exclusión: Se excluirá a las viviendas que cuenten con menos de 8 niveles. Se excluyó aquellos que se encuentran ubicados fuera de la calle Francisco Solano.

E. Muestra

Según [14], menciona a la muestra como un grupo derivado o extraído de la población elegida inicialmente a investigar, con el fin de obtener una cantidad de componentes requeridos para el análisis, como principal recomendación indica que es mejor tomar una muestra más grande ya que el error de la muestra será menor. Para la determinación del tamaño de la muestra “n”, considerando una variable con población finita se utiliza la siguiente ecuación (1):

$$n = \frac{NZ^2S^2}{(N-1)E^2 + Z^2S^2} \quad (1)$$

Donde:

Z: valor de tabla que depende del nivel de confianza que quieres para tu muestra

N: tamaño de la población

E: error entre el 2% y el 8%, término medio 5%

Con una confiabilidad de 95%, Para nuestra investigación se ha considerado una Residencia de 14 niveles con un sistema dual que tiene de nombre Solano 2 ubicado en la calle San. F. Solano, N° 353, Provincia de Trujillo, La Libertad.

F. Muestreo.

El muestreo no probabilístico es definido un proceso utiliza ley sin rumbo ni métodos probabilísticos, por ello es incierta la probabilidad de elegir un tipo especial, por ende, es imposible descubrir el nivel de confiabilidad de los hallazgos del estudio [15], De esta manera se usó el método no probabilístico.

G. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Son aquellos procesos y accionan que ayudan al investigador al recojo de información valiosa para lo propuesto en su estudio [16]. Las técnicas que se harán uso para el recojo de los datos será mediante la observación; Análisis documental, normas y códigos.

Las fichas de recolección de datos ayudara al recojo valioso de información que nos proporcionara el software RFEM 5 y su script RWIND tales como: desplazamientos máximos en cada piso de la estructura, fuerzas de presiones, succiones máximas y mínimas usando criterios de la ASCE 7-22 y velocidades a cada nivel, de la misma manera se usara la guía de observación como instrumento, donde nos basaremos en los criterios del Reglamento Nacional de edificaciones E 0.20, También añadiremos una ficha donde resuma la obtención de los antecedentes basados a nuestras variables de estudio.

De tal manera [10], indicó que la validez son grupos establecidos de la investigación que pretenden medir y utilizar diversas pruebas lógicas. Por tanto, para esta investigación se realizó la validación mediante fichas de observación las cuales fueron aprobadas por 3 especialistas indicando su porcentaje de validez. Del mismo modo, en la Fig.1 se presenta la vista en elevación así como los materiales y cargas empleadas para el modelamiento dinámico de la estructura (Ver Tabla I)



Fig. 1 Vista en elevación

TABLA I.

RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y DE LOS MATERIALES USADOS.

A) Materiales		
Concreto		
Resistencia a compresión	280	kg/cm ²
Módulo de elasticidad	250998.008	kg/cm ²
Módulo de poisson	0.2	
Acero		
Esfuerzo de fluencia	4200	kg/cm ²
Módulo de elasticidad	2000000	kg/cm ²
B) Cargas empleadas		
Carga muerta		
Concreto	2.4	tonf/m ³
Losa aligerada unidireccional	0.2	m
Losa maciza	2.4	tonf/m ²
Bloque de techo	0.063	tonf/m ²
Acabados	0.1	tonf/m ²
Tabiquería	1.8	tonf/m ²
Carga viva		
Habitaciones	0.2	tonf/m ²
Escalera y corredor	0.2	tonf/m ²
Azotea	0.1	tonf/m ²
Carga de viento		
De acuerdo a los parámetros de la ASCE 7-22		

TABLA II.

RESUMEN DE PARÁMETROS DE ANALISIS.

C) Parámetros	
mecánica de suelo	<p>Según el estudio de suelo con fines de cimentación que se realizó se pudo obtener:</p> <p>El tipo de suelo presente en el sector San. F. Solano, es un suelo SP (con presencia de arcilla en la superficie y arena limosa a partir de los 2.50 metros de profundidad, suelos intermedios), tipo S2 según la NTE.030.</p> <p>Con respecto a la capacidad admisible, para cimentación se obtuvo una capacidad admisible de 1.27 kg/cm² y 4.5 kg/cm² de capacidad admisible para cimentación corrida. El ángulo de fricción obtenido es de 32° y 41° para un ángulo de fricción por falla local, con una cohesión de 0.00 kg/cm². También se recomendó que la profundidad de desplante de cimentación debe de ser como mínimo 3.80 m. Además, con un peso unitario de 1.417 gr/cm³.</p>

TABLA III.

RESUMEN DE CARGAS DE VIENTO Y GEOMETRIA DE LA EDIFICACION.

Parámetros de análisis de cargas de viento	
Altura de edificación	39.7 m.
Longitud de fachada	10 m.
Profundidad	24 m.
Ángulo de techo	0°
Factor de exposición	B
Categoría de riesgo	Tipo III
Factor de ráfagas	0.839
Factor direccional (Kd)	0.85
Velocidad básica del viento	22 m/s
Factor topográfico (Kzt)	1
Factor de elevación del terreno (Ke)	1
Clasificación de cerramiento del terreno	Parcialmente abierta
Coefficientes de presión interna	+0.18, -0.18
D) Altura de entrepiso	
Piso 1	3.95 m
Piso de 2 al 13	2.75 m

H. Procedimiento

Para la obtención de los resultados de la investigación se realizó dos procedimientos: el procedimiento direccional y el procedimiento por túnel de viento según la norma [17]. (Ver Fig. 2)

En el primer paso se realizó un estudio detallado de los parámetros que exige la norma ASCE 7-22, se recaudó información para la clasificación de cerramiento de la estructura como se establece en la norma según la cantidad de aberturas que tenga la estructura, si la edificación es o no es de baja altura, si tiene techo mono pendiente, a 2 aguas, a 3 aguas o plana, si la edificación era regular o irregular

Por consecuente se realizó el análisis de las cargas de viento a través del procedimiento direccional MFWRs (en el sistema principal de la estructura, que comprende lo que son muro de corte, pórticos), en caso que haya componentes como parapetos cisternas elevadas hacer un cálculo aparte [17], en nuestro caso solamente se consideró las cargas por presión, succión y momento en el sistema principal en todas las caras de la estructura ya sea a barlovento a sotavento y en las caras laterales, además se consideró también las presiones y succiones que se generan en el techo, para ambas direcciones del viento en X y Y.

Posterior al análisis direccional, para un estudio más detallado sobre el efecto del viento en la estructura se procedió a realizar el estudio por túnel de viento, tomando en cuenta los efectos de amplificación de cargas provocados por resonancias de ráfagas de viento con vibraciones en diferentes direcciones a la que está expuesta la estructura. Las estructuras que no cumplan con los

parámetros establecidos o presentan respuestas inusuales, se diseñarán con literatura reconocida que analice los efectos de cargas de viento para el correcto procedimiento de túnel de viento.

Las condiciones de prueba para el túnel de viento son usadas para determinar cargas de viento en un diseño para todo tipo de estructura, las pruebas que se realizarán según las fuerzas de viento y las presiones deberán ejecutarse con las siguientes condiciones [18]:

- La capa de la atmósfera creada, será modelada para presentar variaciones de velocidades de viento en una altura determinada.
- Las escalas macro longitud y micro longitud serán componentes valiosas de turbulencia atmosférica para modelar la misma escala que se utiliza en el modelado de la estructura.
- Para el modelado de estructuras con una topografía geoméricamente similar a una escala real, excepto que para edificaciones con una altura baja no deberán tener características de respuesta, las cuales están sujetas a cargas de viento transversales o no cuentan con una ubicación que esté expuesta a efectos que canalicen o azoten en la estela de congestiones de la cara de barlovento para que sean consideradas un caso especial.
- La edificación modelada deberá tener un área menor al 8.0% del área de la sección transversal o que se corrija por un método diferente.
- El número de efectos del método de Reynolds en fuerzas y presiones de viento deberán ser mínimas a las características de respuesta que el túnel de viento requiere para una consistencia con mediciones necesarias.

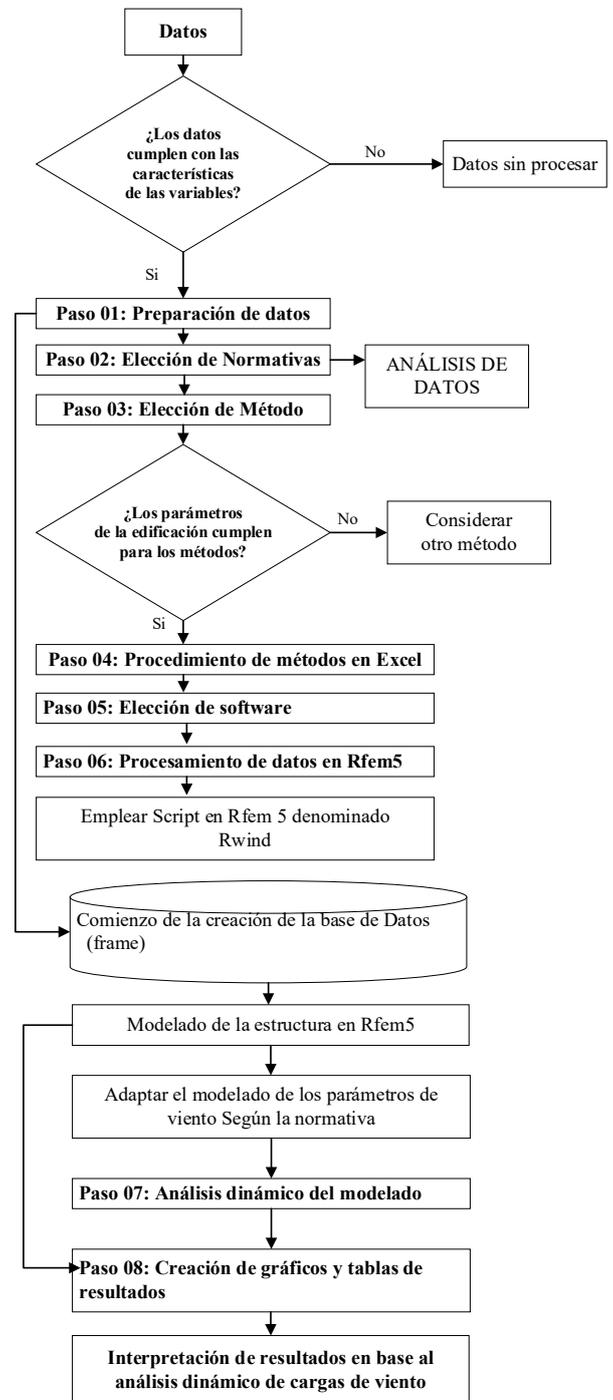


Fig. 2 Procedimiento empleado para el análisis dinámico por cargas de viento.

I. Método de Análisis

Se cuenta con instrumentos gráficos estadísticos y cuadros, lo cual nos ayudara a estudiar los hallazgos en el estudio dinámico por fuerzas de viento y la reacción de la estructura ante estas, para el estudio de los desplazamientos máximos y mínimos en la estructura, las succiones y presiones en cada nivel de la edificación y las velocidades máximas en cada nivel las presiones en los nodos del último piso, las

velocidades máximas en cada nivel y a cada grado que se produzcan, usando los criterios y parámetros de la ASCE 7-22.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Velocidades máximas y mínimas por cargas de viento en toda su dirección de impacto.

En la Fig. 3, se pudo apreciar los resultados del análisis de las velocidades en diferentes direcciones según la altura de piso respectivamente de la edificación SOLANO II, el cual a través del programa RWIND pudimos obtener las fuerzas a las que están expuestas y que actúan en cada eje de la estructura por cargas de viento; para el primer caso de carga en 0° se obtuvo como resultado que la velocidad mínima se da en el primer piso a una velocidad de 14.06 m/s y que la velocidad máxima se da en el nivel catorce a una velocidad de 21.6 m/s; para el segundo caso de carga en 90° se obtiene como resultado que la velocidad mínima se da en el primer piso a 14.09 m/s y la velocidad máxima se da en el nivel catorce a una velocidad de 20.68 m/s; para el tercer caso de carga en 180° se obtuvo como resultado que la velocidad mínima en el primer piso es de 14.1 m/s y la máxima es de 20.1 en el último nivel; para el último caso de carga en 270° se obtiene como resultado que la velocidad mínima es de 14.09 m/s igual que en el caso de 90° en el primer nivel y que la velocidad máxima es de 20.59 m/s en el nivel catorce de la edificación, demostrando que a mayor altura mayor será la exposición de las fuerzas de viento para la edificación.

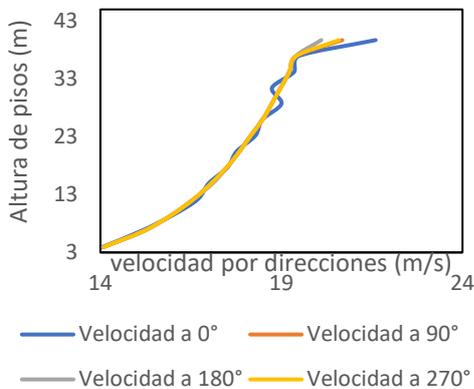


Fig 3. Curva de velocidades a 0°, 90°, 180°, 270°

3.2. Determinar las presiones y succiones máximas y mínimas en las direcciones X e Y por túnel de viento en cada cara de la edificación.

a) Presiones y succiones en x

En la tabla IV, se pudo apreciar las presiones y succiones máximas y mínimas producidas por las cargas de viento que se generan tanto en distintas caras de la edificación como en barlovento, sotavento y

laterales usando el túnel de viento en Rwind y los criterios de la norma ASCE 7-22, el cual nos arrojó datos de presión máxima en la pared a barlovento de 299.5 pa = 30.541 kg/m², en la pared a sotavento se generan cargas de succión constantes al obtener valores negativos en todos sus niveles y en las caras laterales se obtuvo valores de succión donde se encontró el valor mínimo de 503.4 Pa = - 51.292 kg/m², en la dirección XX.

TABLA IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS POR CARGAS DE VIENTO- RWIND EJE XX.

Nivel	Altura (m.)	W barlovento (kg/m ²)	W sotavento (kg/m ²)	W lateral derecho. (kg/m ²)	W lateral izquierdo. (kg/m ²)
1	3.95	14.0721	-11.6	-14.276	-10.605
2	6.7	15.500	-11.6	-14.378	-11.013
3	9.45	16.519	-11.6	-14.888	-11.217
4	12.2	17.0293	-11.6	-14.990	-11.829
5	14.95	18.967	-11.6	-15.296	-12.441
6	17.7	19.273	-11.6	-17.845	-11.319
7	20.45	19.681	-11.6	-16.723	-12.033
8	23.2	20.190	-11.6	-17.233	-11.625
9	25.95	20.700	-11.6	-14.684	-13.154
10	28.7	21.210	-11.6	-14.786	-12.747
11	31.45	22.230	-11.6	-13.970	-13.256
12	34.2	22.842	-11.6	-16.723	-51.292
13	36.95	25.085	-11.6	-13.256	-11.217
14	39.7	31.101	-11.6	-7.954	-12.645

b) Presiones y succiones en Y

En la tabla V, se pudo apreciar las presiones y succiones máximas y mínimas producidas por las cargas de viento que se generan tanto en distintas caras de la edificación como en barlovento, sotavento y laterales usando el túnel de viento en Rwind y los criterios de la norma ASCE 7-22, el cual nos arrojó datos de presión máxima en la pared a barlovento en el 12avo piso de 0.277 Kpa = 27.532 kg/m², en la pared a sotavento se generan cargas de succión al obtener valores negativos constantes en todos sus niveles, en las caras laterales se obtuvo valores de succión donde se encontró en el 9no piso el valor mínimo de 0.512 Kpa = - 52.210 kg/m², en la dirección YY.

TABLA V

ANÁLISIS DE RESULTADOS POR CARGAS DE VIENTO - RWIND DIRECCIÓN YY.

Nivel	Altura (m.)	W barlovento (kg/m ²)	W sotavento (kg/m ²)	W lateral derecho. (kg/m ²)	W lateral izquierdo. (kg/m ²)
1	3.95	18.763	-16.05	-22.638	-11.727
2	6.7	22.638	-16.05	-22.842	-11.421
3	9.45	23.352	-16.05	-24.371	-8.056
4	12.2	24.371	-16.05	-24.575	-9.483
5	14.95	24.983	-16.05	-25.493	-9.789
6	17.7	25.595	-16.05	-26.513	-9.279
7	20.45	26.105	-16.05	-24.983	-11.319

8	23.2	26.309	-16.05	-21.414	-13.154
9	25.95	26.513	-16.05	-52.210	-11.625
10	28.7	26.717	-16.05	-41.503	-11.115
11	31.45	26.819	-16.05	-31.509	-9.381
12	34.2	27.532	-16.05	-36.812	-11.217
13	36.95	25.595	-16.05	-42.420	-11.931
14	39.7	21.720	-16.05	-35.792	-15.092

3.3. Máximos desplazamientos y giros en X, Y, Z por cada dirección de viento en dirección de 0°, 90°, 180° y 270°

a) Desplazamientos

En la tabla VI, se observó los máximos desplazamientos en cada eje de la edificación tomando en cuenta las direcciones respectivas a las que fue expuesta la estructura; para el eje UX en 0° tenemos que el desplazamiento es de 0.0188 m, para 90° es de 0.0024 m, para 180° es de -0.0233 m y por último en 270° el desplazamiento máximo es de -0.0043 m; para el eje UY en 0° tenemos que el desplazamiento máximo es de 0.0033 m, para 90° es de -0.001 m, para 180° es de -0.0045 m y por último en 270° el desplazamiento máximo es de 0.0023 m; y para el eje UZ en 0° tenemos que el desplazamiento es de -0.0032 m, para 90° es de -0.0003 m, para 180° es de 0.0037 m y por último en 270° el desplazamiento máximo es de 0.0003 m.

TABLA VI

RESUMEN DEL ANÁLISIS OBTENIDO POR CARGAS DE VIENTO PARA CADA EJE - RWIND.

Desplazamientos máximos en la estructura (m)	Dirección del viento			
	0°	90°	180°	270°
UX	0.0018	0.0024	-0.0233	-0.0043
UY	0.0033	-0.001	-0.0045	0.0023
UZ	-0.0032	-0.0003	0.0037	0.0003

b) Giros

En la tabla 7, se observó los giros máximos en cada eje de la edificación SOLANO II, tomando en cuenta las direcciones respectivas a las que fue expuesta la estructura; para X el giro máximo en 0° se obtuvo un resultado de 0°, para 90° el giro también es de 0°, para 180° el giro es de 0.02° y por último en 270° el giro es de 0°; para el eje Y el giro en 0° es de 0.04°, para 90° el giro es de 0.01°, para 180° y 270° el giro será de 0° y por último para el eje Z el giro máximo en 0° es de 0 al igual que en la dirección de 90°; para 180° el giro será de 0.06° y para 270° el giro máximo será de 0.02°.

TABLA VII

RESUMEN DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS POR CARGAS DE VIENTO PARA CADA EJE - RWIND

Giros máximos en la estructura (°)	Dirección del viento			
	0°	90°	180°	270°
φX	0	0	0.02	0
φY	0.04	0.01	0	0
φZ	0	0	0.06	0.02

IV. CONCLUSIONES

- En base al análisis dinámico por carga de viento que se realizó a la estructura SOLANO II, gracias al modelamiento en RFEM 5 y su script RWIND con ayuda de la ASCE 7-22 se obtuvieron resultados no tan desfavorables pero que se debe de tomar en cuenta de hoy en día en toda edificación propensa a este efecto del viento.
- Se verificó que la velocidad con respecto al eje "X" y "Y" tanto para la cara de barlovento y sotavento, los vectores de velocidades van en aumento dependiendo de la altura de entrepiso de la estructura, provocando una mayor presión en cada eje a la que estará expuesta la estructura; lo que quiere decir que, a una mayor exposición de viento con respecto a una altura "H" mayor será la presión ejercida por las cargas de viento en cada cara lateral y frontales de la edificación.
- Se determinó que, las cargas más desfavorables para la edificación por presión y succión en todas las caras del edificio ya sea: barlovento, sotavento y laterales gracias al RWIND. obteniendo valores positivos para los análisis en barlovento en X y Y, y valores negativos a succión y las caras laterales.
- Se tuvo en cuenta todos los parámetros de diseño y calculo según la norma ASCE 7 – 22, teniendo algunas limitaciones por ser una norma americana, ya que en nuestro país no existen tantos eventos de desastres naturales por fuerzas de viento que a la larga perjudiquen en el tiempo sobre el diseño de la estructura y dañen las propiedades mecánicas de los elementos estructurales utilizados al momento de su construcción.
- Cada resultado obtenido del software RWIND como los vectores de velocidad, presiones y succiones para cada eje, con respecto a las caras laterales sotavento y barlovento que estará expuesta la edificación por cargas de viento fue fundamental para hallar las máximas y mínimas deformaciones que se encuentran en el diseño de la estructura utilizando el software RFEM 5, siguiendo los parámetros de diseño de la normativa ASCE 7 – 22, para el diseño y cálculo para el análisis dinámico por carga de viento en la presente investigación.

REFERENCIAS

- [1] A. L. Litvinovich, P. M. Rodríguez y Á. E. C. Hevia, «Respuesta Torsional de edificaciones bajo,» Cuba, 2018.
- [2] A. M. Velez Rios, «Comparación del comportamiento estructural entre muros estructurales rectos, curvos y en ángulo a diferentes niveles de altura frente a fuerzas de viento en la ciudad de Chiclayo,» CHICLAYO, 2022.
- [3] J. M. Martínez Esquivés, «Diseño de una nave de estructura metálica de tipo almacén industrial sometida a los efectos ambientales en el Perú para una empresa metal mecánica.,» CHICLAYO, 2020.
- [4] J. F. G. Collana, Revisión de la norma peruana y normas internacionales sobre edificios, LIMA, 2018.
- [5] J. Rueda y J. A. Inaudi, «Reducción de aceleraciones en edificios esbeltos sometidos,» Córdoba, 2022.
- [6] I. Fernández, V. B. Elena, P. Martín, Y. Corona y I. A. Hernández, «Análisis dinámico de una torre autosoportada sujeta a cargas de viento y sismo,» La Habana, 2018.
- [7] C. A. Terán, «Simulación numérica de la interacción fluido-estructura para predecir la respuesta de aerogeneradores sin palas a vibraciones inducidas por el viento en ciudades compactas,» Quito. Ecuador, 2022.
- [8] N. Esteban Nieto, «Tipos de Investigación,» Santo domingo, 2018.
- [9] J. R. G. González y P. A. S. Sánchez, «Diseño teórico de la investigación: instrucciones,» Colombia, 2020.
- [10] J. L. A. Gonzales, «Diseño y metodología de la investigación,» Arequipa-Perú, 2021.
- [11] T. y. Master, «Descubre las diferencias entre variable dependiente e independiente,» Mexico, 2022.
- [12] C. R. Rodríguez, «LAS VARIABLES,» España, 2021.
- [13] M. e. E. N. Toledo, «Poblacion y muestra,» mexico, 2018.
- [14] P. Condori-Ojeda, «Universo, población y muestra.,» Estados Unidos, 2020.
- [15] J. R. Vásquez Morón y M. T. Del Carpio Huarcaya, «Análisis comparativo de los métodos dinámicos Modal,» Ica, 2020.
- [16] c. Betis, «TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA REALIZAR UN TRABAJO DE INVESTIGACIÓN,» 2020.
- [17] A.-2. A, «Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures.,» 2022.
- [18] H. Oliva Cajal, «Diseño y construcción de un túnel de,» España, 2020.