

Núm.2

JULIO-DICEIMBRE
2020

TECNOAPORTES

Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Urdaneta

Maracaibo-

ISSN: En Trámite

Depósito Legal: ZU2020000189



Universidad Rafael Urdaneta

Depósito Legal: ZU2020000189/ ISSN: En trámite

Número 2 Julio - Diciembre 2020

TECNOAPORTES

Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Urdaneta



Universidad Rafael Urdaneta

TECNOAPORTES

Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Urdaneta

Depósito Legal: ZU2020000189/ ISSN: En trámite

2020 Los Autores.
De esta edición: Universidad Rafael Urdaneta, Fondo Editorial URU.
Maracaibo, Venezuela.



Web TecnoAportes: <https://uruojs.insimp.com/ojs/index.php/tecno>

Web de Revista Arbitradas URU: <https://uruojs.insimp.com/ojs>

Teléfono: (58) (261) - 2000892.

Correo Electrónico: tecnoaportes@uru.edu

Los contenidos están bajo una licencia *Creative Commons Atribución 4.0 Internacional*. Esta licencia permite que los contenidos de los artículos de *TecnoAportes: Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Urdaneta*, se puedan copiar y redistribuir en cualquier medio y formato, así como su adaptación (remezclando, transformando o construyendo a partir del material) para cualquier propósito, incluso para un uso comercial. En cualquier caso, el usuario que utilice sus contenidos debe citar de forma adecuada, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado cambios. Los términos de la licencia se encuentran disponibles en: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.es>

TECNOAPORTES

Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Urdaneta

Depósito Legal: ZU2020000189/ ISSN: En trámite

Comité Editorial

MgSc. Gladys Angela Quevedo Contreras, Editora Jefa

Ing. Nancy Urdaneta - Editor de Ingeniería Civil

- Editor de Ingeniería Industrial

MgSc. Cesar Alberto Villalobos Ocando - Editor de Ingeniería Eléctrica

Dr. Gustavo Arteaga- Editor de Ingeniería en Producción Animal

- Editor de Ingeniería Telecomunicaciones

- Editor de Ingeniería en Computación

Dr. Cezar Gracia - Editor de Ingeniería Química

Comité de Asesores

Ing. Jesús Rivero - Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo-Venezuela.

Ing. Oscar Urdaneta, Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo-Venezuela.

Ing. Ana Irene Rivas - Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo-Venezuela.

Ing. Rómulo Rincón - Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo-Venezuela.

Ing. Arnaldo Largo - Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo-Venezuela.

Ing. Jubert Pérez - Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo-Venezuela.

Ing. Carlos Belinskif - Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo-Venezuela.

Ing. Nelson Molero - Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo-Venezuela.

NOs faltan asesores sobre todo de otras universidades

Comité Técnico

Esp. Hosglas Sanchez, Coordinadora Editorial

Lcda. Liliana Gonzalez, Asistente Editorial

Dr. Cezar García, Revisor del idioma inglés

Mibsay Contreras, Diseño y Maquetación

Br. Unarlis Martínez, Auxiliar de comunicaciones

Br. Maria Jose, Auxiliar de revisión de formulas

Br. Betasabe Montenegro, Auxiliar de revisión de citas y referencias

Br. Valeria Blanco, Auxiliar de revisión de citas y referencias

TECNOAPORTES, Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Urdaneta es un instrumento de divulgación científica adscrito al Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela. Es una revista arbitrada con periodicidad semestral, contentiva de artículos científicos originales no publicados en las áreas Ingeniería en Producción Animal, Civil, Industria, Eléctrica, Computación y Telecomunicaciones y otras disciplinas directamente vinculadas con las éstas, de autoría individual o colectiva, que cumplan con las normas de publicación.

La correspondencia debe ser enviada a: Editor Jefe, **TECNOAPORTES**.

Dirección: Universidad Rafael Urdaneta, Av. 2 c/Calle 86, entrada Sur del Parque Vereda del Lago, Maracaibo, Venezuela. Teléf. (58) (261) - 2000887, Fax (58)(261) 2000868. Correo electrónico: tecnoaportes@uru.edu

Universidad Rafael Urdaneta

Dr. Jesús Esparza Bracho, Rector
Ing. Maulio Rodríguez, Vicerrector Académico
Ing. Salvador Conde, Secretario

Ing. Oscar Urdaneta
Decano de la Facultad de Ingeniería

Ing. Rómulo Rincón
Decano (E) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

Lcda. Aída Rincón
Directora de Servicios Bibliotecarios

Esp. Hosglas Sanchez
Subdirectora del Fondo Editorial Biblioteca

CONTENIDO

Investigaciones

Efecto del tratamiento con tilosina sobre las características organolépticas de la leche mastítica de vacas doble propósito.

Effect of the tilosine treatment on the organoleptic characteristics of the double-purpose milk milk milk.

Ricky Finol y Disney Pino. 10

Comportamiento estructural de edificaciones aporticadas utilizando columnas mixtas SRC y CFT.

Structural behavior on frame buildings using composite columns SRC and CFT.

Sebastián Pedraja, Andrés Salamanca y Jesús Medina. 22

Comportamiento estructural entre edificación aporticadas de concreto aligerada y convencional utilizando losas bubbledeck en zona sísmica.

Structural behavior between lighthweight and conventional concrete frame buildings using Bubbledeck slabs in seismic zone.

Jesús Acosta, Moisés Méndez y Gerardo Gutiérrez. 35

Propuesta de un sistema de referencia para la clasificación de edificaciones.

Proposal of a reference system for the classification of buildings.

Arianna Casarin, Caterina Gutiérrez y Michele Casarin. 45

Incidencia en el comportamiento estructural y el requerimiento de material de armaduras típicas de acero para puentes vehiculares.

Incidence in the structural behavior and the requirement of material of typical steel armours for vehicular bridges.

Francis Cedeño, Eduardo Ling y Gerardo Gutiérrez. 58

Comportamiento sismorresistente de una estructura de acero con aisladores elastoméricos de neopreno.

Sismorresistant behavior of a steel structure with neoprene elastomeric insulators.

Gian Castillo, Hely Urdaneta y Jesús Medina. 68

Desempeño sísmico en puentes vehiculares de vigas metálicas apoyadas en aisladores elastoméricos con núcleo de plomo.

Seismic performance of isolated highway steel bridges with lrb.

Luis Cabrera, Carla Villanueva y Sebastián Delgado. 79

Índice Acumulado. 89

Normas para la presentación de artículos. 90

Efecto del tratamiento con tilosina sobre las características organolépticas de la leche mastítica de vacas doble propósito¹

Effect of the tilosine treatment on the organoleptic characteristics of the double-purpose milk.

Ricky Finol y Disney Pino.

Escuela de Ingeniería de Producción animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela. Correo electrónico:
tecnoaportes@uru.edu

Recibido: 05-02-2019
Aceptado: 19-07-2019

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del tratamiento intramuscular con Tilosina sobre el recuento celular somático y las características organolépticas de la leche mastítica de vacas mestizas doble propósito en condiciones de campo. La metodología permitió el estudio y seguimiento de las características organolépticas de la leche mastítica del ganado bovino, pre y post tratamiento. Inmediatamente antes del ordeño de la tarde, se tomaron 728 muestras de leche de 182 bovinos en producción y se aplicaron las pruebas de California Mastitis Test (CMT) y Fondo negro (FN), con el propósito de identificar las vacas con cuartos mastíticos, para someterlas a tratamiento con Tilosina y posteriormente documentar la evolución de la enfermedad. A cada vaca mastítica se le administró una dosis de 10m/Kg, por vía intramuscular (IM) de Tartrato de Tilosina base (Tilabrin 220®) durante tres (3) días a intervalos de 24 horas. La leche de los cuartos afectados se muestreó antes y durante el tratamiento (4 muestras) y se aplicó la prueba de CMT a los cuartos negativos a FN luego de tratadas. Los datos obtenidos se procesaron a través del programa Excel para el análisis estadístico.

Palabras clave: Tratamiento, tilosina, características organolépticas, mastitis bovina.

Abstract

The objective of this work was to determine the effect of the intramuscular treatment with Tylosin on the somatic cell count and the organoleptic characteristics of the mastitic milk of double purpose crossbred cows in field conditions. The methodology allowed the study and monitoring of the organoleptic characteristics of the mastitic milk of cattle, pre and post treatment. Immediately before the afternoon milking, 728 milk samples were taken from 182 cattle in production and the California Mastitis Tests (CMT) and Black Background (FN) tests were applied, with the purpose of identifying the cows with mastitic quarters, for submit them to treatment with Tylosin and subsequently document the evolution of the disease. Each mastitic cow was administered a dose of 10m / Kg, intramuscularly (IM) of Tylosin Tartrate base (Tilabrin 220®) for three (3) days at 24-hour intervals. The milk from the affected rooms was sampled before and during the treatment (4 samples) and the CMT test was applied to the negative quarters at FN after treatment. The data obtained were processed through the Excel program for statistical analysis. Results: Of the 728 quarts (182 cows) sampled, 9 (1.03%) were diagnosed positive to clinical mastitis and treated with tylosin. At 24 hours after starting the treatment, 7 quarters showed no organoleptic changes (77.77%), remaining negative to the black background test until the end of the trial, the remaining two quarters (22.22%) maintained mastitis clinic until the last sampling. Of the seven negative quarters at FN, five (71%) resulted with low risk subclinical mastitis (traces and a cross) at the end of the third treatment day and two were maintained with high risk results. The first two days after treatment, all treated rooms maintained high-risk subclinical mastitis (two and three crosses) to the CMT test.

Keywords: Treatment, tylosin, organoleptic characteristics, bovine mastitis

Introducción

En el sector ganadero a medida que se incrementa la producción, también se acrecientan los problemas o enfermedades, siendo el mayor problema a nivel mundial la presencia de la mastitis en los bovinos. Es por ello que para tratar de controlar esta afección se emplean antibióticos, que a pesar de aumentar los costos de producción, han demostrado ser una solución en el control y prevención de la problemática, con la consecuente dependencia en su uso, siendo esto un problema en países como el nuestro donde no se fabrican antibióticos de uso intramamario en cantidades suficientes y dependemos de la importación. En los actuales momentos donde la crisis socio-económica impide la importación debido a las restricciones oficiales y el difícil acceso al sistema de importación esta situación se convierte en una limitante importante para el control de la enfermedad, teniendo que recurrir al uso de antibióticos de uso sistémico o parenteral, incrementándose el uso de los mismos hasta llegar a un nivel indiscriminado, sin dar el debido retiro a la leche y a la carne, causando efectos secundarios en los consumidores del producto final y empeorando aún más el deterioro económico de los sistemas de producción.

La mastitis bovina es una enfermedad caracterizada por la inflamación de la glándula mamaria que afecta al ganado lechero ocasionando elevadas pérdidas económicas a los productores, la cual se manifiesta por una disminución de la producción láctea, deterioro en los aspectos nutricionales cualitativos y cuantitativos de la leche, gastos por servicios médicos veterinarios, medicamentos, descarte de leche durante el tratamiento, descarte de animales bien sea para evitar su difusión o por su repercusión en la salud pública (Bedolla, Castañeda y Wolter, 2007); (Boscan *et al.*, 2009); (Boscan y Valeris, 2010). La mastitis es causada por factores determinantes, representados por bacterias, siendo las más comunes *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus uberis* (Azocar, 2001) y (Boscán *et al.* 2009) y factores predisponentes como la falta de higiene en el corral de espera, corral de ordeño y corral pos ordeño, la humedad excesiva, pezones y pezoneras sucias, mala higiene de las manos mala higiene de la ubre, uso de cánulas intramamarias contaminadas, la presencia de jagüeyes, charcos y potreros inundados donde transitan las vacas (Schroeder, 1997); (García, 2004).

La reacción inflamatoria que se presenta en la mastitis es un mecanismo de protección que tiene tres objetivos: 1) Eliminar los microorganismos, 2) Neutralizar sus toxinas y 3) Ayudar a reparar los tejidos productores de leche para que la glándula pueda volver a funcionar normalmente (Philpot y Nickerson, 2002). Según la severidad con que se presenta la inflamación de la glándula mamaria, la mastitis se puede clasificar en clínica y subclínica.

La primera se caracteriza por presentar signos clínicos como tumefacción, calor, dolor a la palpación del cuarto afectado, detectándose con facilidad pezones hinchados y endurecidos, acompañados de cambios físico químicos y organolépticos de la leche, con presencia de grumos, sangre, pus, leche acuosa e incluso con incremento del contenido de leucocitos que representan la primera línea de defensa del tejido glandular. La segunda, la mastitis subclínica, se caracteriza por carecer de inflamación apreciable de la glándula e igualmente de anomalías de la leche, aunque produce serias deficiencias en cuanto a la capacidad de producción, características nutricionales de la secreción láctea y alteraciones de electrolitos. A pesar de ser imperceptible al simple vista, algunos cambios de la leche proveniente de cuartos con mastitis subclínica pueden ser detectados por pruebas específicas como el California Mastitis Test (CMT) o el Wisconsin Mastitis Test (WMT) o prueba de la conductibilidad eléctrica de la leche.

Esta mastitis subclínica es el causal de mayores pérdidas económicas en los sistemas de producción, representadas principalmente por disminución de la calidad de la leche (Schroeder, 1997); (García, 2004); (Bedolla *et al.*, 2007); (Boscan *et al.*, 2009); (Boscan y Valeris, 2010).

Epidemiológicamente se ha estimado que por cada vaca con mastitis clínica, existen 25 vacas con mastitis subclínica, de allí su importancia. La prueba California para la Mastitis (CMT, por sus siglas en inglés) ha sido empleada durante décadas y aún sigue siendo la prueba más utilizada a nivel de campo para el diagnóstico de mastitis subclínica en el ganado bovino lechero (Radostits, 2000); (Bedolla, 2004). La prueba es sencilla y permite valorar en forma cualitativa el Recuento Celular Somático (RCS) de la leche. No proporciona un resultado numérico, sino más bien una indicación del recuento celular alto o bajo (Bedolla, 2004).

En Venezuela, el uso del RCS no está ampliamente difundido, sin embargo, se cuenta con una herramienta de diagnóstico muy útil como el CMT, cuyo resultado señala el estado de salud de las ubres del rebaño. Desde el año 2003 se han venido realizando a nivel de campo un gran número de pruebas diagnósticas de mastitis subclínica a través del CMT, en más de doscientas (200) vaqueras en todo el país, encontrando un 33,96% de cuartos positivos (reacciones 1+, 2+ y 3+), es decir, cuartos con algún grado de mastitis subclínica, así como un 3% de cuartos perdidos en un total de 10.175 vacas muestreadas (Pfizer Salud Animal Venezuela, 2008). Es importante resaltar que el 100% de las vaqueras

muestreadas presentaron algún tipo de reacción al CMT, con tasas de cuartos positivos que varían entre 3% y 86% en las diferentes vaqueras.

Al realizar una estimación del RCS, basado en las reacciones al CMT obtenidas en los muestreos realizados en diferentes zonas del país, se obtuvo un promedio de 722.026 células somáticas por mL (Cél/mL) (Pfizer Salud Animal Venezuela, 2008), lo cual representa casi el doble del valor requerido por la Comisión del Codex Alimentarium (400.000 Cél/mL), cuyo estándar ha sido adoptado por la Unión Europea (UE) y países como Nueva Zelanda y Australia.

Debido a que las bacterias causantes de mastitis se acumulan en las puntas de los pezones poco después del secado, se ha intentado reducir esta población y el desarrollo potencial de nuevas infecciones por medio del sellado durante el comienzo del periodo seco. Philpot y Nickerson (2002). Existen métodos “no antibióticos” para el secado de los animales, entre los que resalta el sellador interno de pezones en base a subnitrito de bismuto al 1% (actualmente no disponible en el mercado venezolano). Este sellador permanece en el canal y la cisterna del pezón, y ha mostrado prevenir eficientemente las nuevas infecciones.

Esta práctica es poco usada en las ganaderías lecheras Doble Propósito (DP) debido principalmente a que alto porcentaje de ordeños se realizan con el “becerro al pie”, aunque cuando no existe dicho becerro tampoco se utiliza esta práctica en la rutina del ordeño, lo que se atribuye a que el becerro consumiría el sellador colocado en el pezón. Es importante saber que luego que finaliza el ordeño, el esfínter del pezón permanecerá abierto de 24 horas permitiendo una fácil entrada de microorganismos, causantes de la mastitis, al interior de la ubre.

El post-sellado es el método más importante para prevenir infecciones nuevas en los animales durante su lactancia (Philpot y Nickerson, 2002). El post-sellado debe ser una rutina en los diferentes tipos de ordeño, siempre y cuando se cuente con productos selladores de calidad comprobada. El sellador se coloca luego de apartar los becerros de sus madres, y antes que éstas se dirijan al potrero. De esa forma, disminuyen en más de 50% el grado de las nuevas infecciones cuando se utiliza un desinfectante adecuado para sumergir o rociar los pezones completamente (Wattiaux, 1996)

La eliminación del antibacteriano desde el compartimiento de la leche durante la rutina de ordeño, especialmente aquellos animales que por recomendación del veterinario se ordeñan más de dos veces al día, reduciendo las concentraciones efectivas de la droga (Erskine y Col., 2003 No se identificaron de forma correcta). De igual manera debemos tomar en cuenta que el antibiótico puede ser absorbido desde el compartimiento de la leche hasta la sangre, como una ruta de eliminación, provocando disminución de la concentración de la droga en el sitio de la infección (Erskine y Col., 2003 No se identificaron de forma correcta y no está en las referencias).

Otra falla comúnmente observada es la interrupción prematura de los tratamientos, realizándose en muchos de los casos antes de lo indicado por la etiqueta del producto usado. Ello se evita luego de haber seleccionado el antibiótico a utilizar, en base a un cultivo bacteriológico y antibiograma, cual es la duración y la frecuencia indicada por el fabricante del producto o por el veterinario. Además se observa una ausencia de registros de las vacas y/o cuartos enfermos, con lo cual se hace muy difícil realizar el seguimiento y evaluación de la efectividad de un tratamiento.

Los tratamientos actualmente utilizados para la mastitis clínica son realizados por vía intramamaria, aunque en ocasiones las infecciones pueden ser refractarias a la terapia, debido a que no alcanza a los microorganismos por presencia de tejido cicatricial o a la, la hinchazón y el taponamiento de los conductos galactóforos. Para aumentar el contacto entre la droga y las bacterias e incrementar así la tasa de curación. Se ha sugerido una terapia combinada, donde la vaca es tratada simultáneamente tanto en la ubre como de forma sistémica con drogas compatibles, y una terapia extendida, en la cual los cuartos son tratados a base de Clorhidrato de Pirlimicina (no disponible en el mercado venezolano) siguiendo un protocolo que corresponde a dos tratamientos con un lapso de 24 horas entre ellos, separados por períodos de descarte de leche de 36 horas (Philpot y Nickerson, 2002).

Por su parte, Araujo y Argudo (2013), manifiestan que en el cultivo bacteriológico de leche es necesario para realizar un diagnóstico definitivo del patógeno causante. La terapia selectiva, que no usa antibióticos en algunos casos de mastitis clínicas en los que no se encuentran bacterias, se practica en algunas regiones, donde las muestras de leche se cultivan antes del tratamiento para ahorrar costos y evitar un uso innecesario de antibióticos. El tiempo es un factor muy importante aquí, y los sistemas de cultivo en granjas reducen el intervalo entre el diagnóstico y el tratamiento. La identificación de los patógenos antes del tratamiento puede guiar la selección de antibióticos y la duración del tratamiento, aunque esta selección está poco correlacionada con los resultados

Según Acebo (2006), la mastitis es la enfermedad más común y costosa del ganado lechero, debido a los efectos que ocasiona sobre la producción y la calidad de leche. Algunas investigaciones aseguran que la mastitis causa una disminución en la producción del 70% de las pérdidas totales, y otros porcentajes contribuyen a la disminución en el precio

por deficiencias de calidad, gastos en medicamentos, servicio veterinario, desecho de animales, descarte en la leche, problemas de residuos de antibióticos. En vista de que la mastitis bovina es una enfermedad infecciosa multifactorial en la que actúan factores externos e internos, propios de la vaca. Es preciso señalar, que las pérdidas causadas por mastitis son múltiples entre ellas se destacan:

- Una considerable reducción en la producción diaria de leche.
- Cambios importantes en la composición de la leche:
- Disminución de la lactosa, la grasa, la caseína.
- Aumento de las proteínas del suero.
- Aumento de los cloruros (Pasan de la sangre).
- Aumento del sodio
- Aumento del pH (Paso de las sustancias alcalinas de la sangre).
- Se perjudica el valor higiénico de la leche y de sus subproductos.
- Altos costos financieros (medicación) para el ganadero.
- Algunos agentes causales de Mastitis son patógenos en humanos.
- Puede haber residuos de antibióticos o químicos en la leche por el tratamiento de la ubre.
- El consumidor exige que la leche provenga de animales sanos.
- Para la industria de lácteos son muy significativas las transformaciones causadas a la leche por la mastitis. El tiempo de cuajado aumenta en el caso de producción de queso y la cantidad de queso disminuye considerablemente.

Por otro lado, Brouillet (1994), señala que desde el punto de vista económico, la incidencia negativa originada por los antimicrobianos es muy significativa; ya que, solo 10 litros de leche provenientes de una vaca tratada con penicilina pueden contaminar el contenido de un camión cisterna de 10.000 litros de leche y los grandes silos de almacenamiento de una industria láctea de aproximadamente 200.000 litros.

El estado Zulia, específicamente el municipio Rosario de Perijá, no escapa de esta realidad y es común escuchar a los productores agropecuarios expresar sus inquietudes en cuanto a las pérdidas económicas por mastitis en el ganado bovino los cuales se convierten en pérdidas directas, entre las que se puede mencionar; la eliminación de la leche con mastitis, el tiempo que conlleva el tratamiento de la enfermedad, la eliminación de la leche con antibiótico, el tiempo con baja producción hasta que el animal se recupere totalmente, entre otras. Y para la industria es otro problema, debido a la disminución en el suministro de materia prima para su procesamiento y la baja calidad de la misma.

Todo ello, en los últimos tiempos se ha agravado debido a que se carece de los antibióticos requeridos para el tratamiento adecuado a los animales bovinos, todo ello, debido a la escasez manifiesta de estos en el mercado, también, muchas veces en vista de que no se toman las previsiones necesarias para ofrecer la adecuada limpieza a las ubres, como una alternativa de prevención y con la finalidad de obtener resultados satisfactorios al alcanzar la curación de los animales bovinos.

Con la investigación se pretende determinar el efecto del tratamiento intramuscular con Tilosina sobre las características organolépticas de la leche mastítica de vacas mestizas doble propósito. Para lo cual se formula la siguiente interrogante: ¿Cuál será el efecto del tratamiento con Tilosina sobre las características organolépticas de la leche mastítica de vacas doble propósito en el municipio Rosario de Perijá del estado Zulia?

Para dar respuesta a esta interrogante se plantean los siguientes objetivos: Realizar el seguimiento de los casos de mastitis clínica con cura aparente mediante la prueba de CMT. Realizar el seguimiento de los casos de mastitis clínica no responsiva mediante la prueba FN. Comparar los resultados de la prueba de fondo negro antes y después del tratamiento con Tilosina.

Este estudio, es importante Desde el punto de vista práctico, la investigación ejecutará el diagnóstico de mastitis clínica y subclínica en las unidades de producción seleccionadas, ubicadas en el municipio Rosario de Perijá y al mismo tiempo a las vacas identificadas como mastíticas dentro de esas explotaciones, se les aplicará el tratamiento con Tilosina, lo cual proporcionará a las fincas e indirectamente al sector donde están ubicadas.

Tomando en consideración el valor metodológico, la investigación presentará herramientas potenciales que permitirán fortalecer las debilidades que se presentan en cuanto a la terapéutica con Tilosina y con otros tratamientos ofrecidos al ganado generando resultados valederos que puedan servir a investigaciones futuras o a empresas que necesiten aplicar dicho tratamiento

Por otra parte, se destaca la importancia social, se pretende dar algunas respuestas eficientes ante las interrogantes de los productores en cuanto a los procedimientos ligados al tratamiento de la mastitis bovina, en todo lo referente al aspecto técnico y económico; de tal manera que el sector mejorará su capacidad de minimizar las pérdidas asociadas al deterioro de las ubres de las vacas mastíticas.

Callejo (2010), señala que las operaciones asociadas al ordeño comienzan, a su juicio, bastante antes de que las vacas entren a ordeñarse. En efecto, es necesario mantener el ganado en un buen estado de limpieza, pues ubres limpias procurarán un menor trabajo posterior de limpieza en la sala de ordeño. Se estima que las vacas que entran sucias a la sala de ordeño requieren el doble de tiempo en su preparación y, por consiguiente, reducen el rendimiento de la sala. Por otra parte, animales sucios presentan mayor riesgo de sufrir patologías de la ubre.

Por principio, según Callejo (2010), nunca se debe ordeñar una vaca sana con la misma unidad de ordeño con la que se ha ordeñado una vaca enferma. Por tanto, debe establecerse un orden o prioridad de ordeño con el fin de que las vacas sanas se ordeñen antes. Para establecer este orden, primero deben determinarse qué vacas están infectadas. El principio o concepto es simple, pero su aplicación necesita ser controlada y vigilada. Debe recordarse que todos los esfuerzos dedicados a mantener este principio disminuirán la propagación de microorganismos contagiosos en el rebaño.

Al estudiar **la limpieza de los pezones:** Principios básicos Según Callejo (2010), no hay una única alternativa de procedimiento para limpiar los pezones de las vacas. Cada método, aplicado rigurosamente, puede alcanzar el objetivo de ordeñar pezones limpios y secos. Pero sí deben tenerse en cuenta una serie de principios básicos para aplicar el procedimiento de forma adecuada:

- a) Solamente los pezones y la base de los pezones necesitan ser limpiados, saneados y secados antes del ordeño.
- b) Para una limpieza y estímulo adecuados, la manipulación de los pezones debe durar, al menos, de 10 a 20 segundos.
- c) Se moja para lavarlo el pezón y su base, se seca preferiblemente con un papel toallín desechable por pezón
- d) Puede ser recomendable utilizar desinfectante en el agua de lavado, especialmente con agua de mala calidad. El agua tibia limpia y estimula mejor que el agua fría. El pre-sellador desinfecta mejor que el agua, pero también aumenta el riesgo de residuos en la leche.
- e) Las puntas de los pezones son las partes más importantes que hay que limpiar, pues las bacterias allí presentes están muy cerca del canal del pezón.
- f) Evitar pasar una toalla sucia sobre los pezones, especialmente en las puntas.
- g) Secar los pezones cuidadosamente elimina el agua contaminada y/o el desinfectante. El secado también se hará utilizando una toalla (de tela o de papel) para cada animal.

Por otro lado, **el Pre-sellado de los pezones:** Callejo (2010), expresa que el pre-sellado reduce la incidencia de mamitis clínica de forma considerable (hasta un 50 por 100) en rebaños con bajos niveles de mamitis contagiosa. También reduce la incidencia de mamitis causada por *Staphylococcus aureus*. Para poder pre-sellar con eficacia es importante que los pezones estén limpios previamente, pues la materia orgánica inhibe la acción del desinfectante. Por ello, el pre-sellado necesitará mucho tiempo si se tienen que lavar la mayoría de los pezones antes de pre-sellar.

Con respecto a la **Mastitis**, constituye un grave problema en la ganadería lechera generando pérdidas en el sector productivo, y teniendo muchas veces que recurrir a un sinnúmero de estrategias para combatirla. Al respecto, Pinzón (1989), manifiesta que es una enfermedad infecciosa que afecta la ubre de la vaca en diversos grados de intensidad, provocada por aproximadamente 90 organismos distintos.

En términos generales, Sánchez (2013), señala que constituye una inflamación de la glándula mamaria o ubre, que provoca a su vez la afección de calidad y cantidad de leche en los bovinos pues se producen cambios patológicos de diversa índole y como consecuencia el aumento de las células somáticas de la leche.

Al abordar los **Tipos de mastitis:** Pinzón (1989), manifiesta que de acuerdo con el grado de intensidad de la infección, la mastitis se puede clasificar como clínica y subclínica. Por su parte, Ruiz (2009), expresa que de acuerdo a la presentación de la enfermedad se puede clasificar en: mastitis clínica caracterizada por presentarse de manera súbita, hay

inflamación y enrojecimiento de la ubre, dolor, disminución de la producción y alteraciones en la leche de los cuartos afectados. Y la mastitis subclínica, caracteriza por no presentar signos visibles de enfermedad, la leche es aparentemente normal pero existe una disminución en la producción de la misma y un aumento en el conteo de células somáticas.

De estos tipos se desprende la **Mastitis clínica**: Es aquella que se puede ver a simple vista y se caracteriza por anomalías en la leche tales como escamas o grumos. A nivel de la vaca enferma, el cuarto afectado puede estar caliente, inflamado y sensible. (Pinzón 1989). Por su parte, Galán y Márquez (2014), expresa que la mayoría de los casos de mastitis clínica son leves (simplemente alteración en la leche) y moderados (leche anormal e inflamación), por lo que son los propios productores los que los tratan, lo que, en muchas ocasiones, conlleva que la tasa de curación no sea la esperada.

Seguidamente, la **Mastitis subclínica**: No es visible, ni se puede detectar sin ayuda de pruebas especiales. (Pinzón, 1989). Casi todos los cuartos afectados se ven normales y la leche tiene apariencia normal. Esta es la forma de mastitis más importante por diversas razones: a) Es de 15 a 40 veces más común que la mastitis clínica, b) Generalmente precede a la forma clínica, por lo tanto, si queremos controlar la forma clínica, debemos empezar por controlar la subclínica, c) Es de larga duración, d) Es difícil de detectar, e) Disminuye la producción de leche, f) Influye negativamente en la calidad de la leche, g) Provoca infección en otros animales del rebaño.

Para dar solución se deben realizar **Tratamiento convencional de la mastitis**: Según Ricaurte (2006), el tipo y magnitud del tratamiento depende de una serie de factores: Inicio de la infección, con o sin síntomas generales (fiebre, inapetencia etc.), cambios en la composición de la leche, grado de síntomas inflamatorios (Inflamación, enrojecimiento, dolor), primera infección o recidiva, espectro de los agentes patógenos en el hato.

Al estudiar el **Tratamientos con antibióticos**: Los tratamientos con antibióticos son los más usados en el mundo de la ganadería para combatir diversos tipos de mastitis. Uno de los antibióticos comunes debido a su buena distribución en la glándula mamaria es la Tilosina, se clasifica como un Macrólido según su tipo y mecanismo de acción. En la Tabla 1 se muestran los antibióticos más utilizados en el tratamiento de la mastitis en nuestro medio.

Tabla 1.

Clasificación de los antibióticos de acuerdo con su distribución potencial en la glándula mamaria y sus vías de administración.

Vía Parenteral	Vía Intramamaria
Buena distribución	
Eritromicina	Eritromicina
Tylosina	Tylosina
Clindamicina	Espiramicina
Penetamato	Amoxicilina
Espiramicina	Cefalexin
Florfenicol	Rifampicina
Lincomicina	Penetamato
Enrofloxacin, etc.	Pirlimicina, etc.
Distribución razonable a limitada	
Penicilina G	Penicilina G
Ampicilina	Cloxacilina
Amoxicilina	Cefalotina
Sulfadimidina	Cefacetrile
Cefalotina	Tetraciclinas
Cefapirina	Cefapirin, etc.

Tabla 1.
Continuación

Distribución pobre	
Dihidroestreptomicina	Dihidroestreptomicina
Neomicina	Neomicina
Kanamicina	Kanamicina
Gentamicina	Gentamicina
Polimixinas	Polimixinas, etc.
Ceftiofur	
Cefalexina, etc.	

Nota: adaptado de Ziv, 1992 y Sandholm, 1995

Materiales y Métodos

La investigación es de tipo aplicada ya que tiene fines prácticos en el sentido de solucionar problemas detectados en un área de conocimiento. Está ligada a la aparición de necesidades o problemas concretos y al deseo del investigador de ofrecer solución a estos. Hernández, Fernández y Baptista (2010).

El estudio es de campo porque la información sobre las variables relacionadas con el tratamiento intramuscular de Tilosina, será recolectada directamente en las unidades de producción del municipio Rosario de Perijá. De acuerdo con Bavaresco (2008), la investigación de campo “se realiza en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio”, lo que permite el conocimiento más a fondo del problema por parte del investigador y así este puede manipular los datos de forma más segura.

También es una investigación mixta porque se realiza un trabajo de campo y revisión bibliográfica. Según Hernández *et al.* (2010), las investigaciones mixtas son la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de tener una visión más completa del fenómeno.

Para la presente investigación la población estuvo conformada por 182 vacas pertenecientes al ordeño de las vaqueras San Antonio y San Pedro del municipio Rosario de Perijá.

Los criterios de inclusión fueron establecidos como: vacas mestizas doble propósito, con lactancias entre 30 y 210 días, con mastitis clínica, positivas a la prueba de fondo negro, que no presentan otras enfermedades, ordeñadas de forma manual, con apoyo de becerro, de uno a cinco partos.

Se realizó un muestreo de tipo no probabilístico, intencional, direccionado por los criterios de inclusión definidos previamente en la investigación. Para seleccionar las vacas a incluir en el estudio, el día 1 se procedió a aplicar la prueba de fondo negro a todos los animales del ordeño de las dos vaqueras a estudiar. Una vez identificados los animales y los cuartos que se encontraban afectados, se procedió a pesar los animales con la cinta torácica; la información fue recopilada en planillas de historia clínica. **El día 2 se aplicó la segunda dosis de Tilosina y se tomó la segunda muestra de leche, el día 3 se aplicó la tercera y última dosis de Tilosina y se tomó la tercera muestra de leche, el día 4 se tomó la cuarta y última muestra de leche.**

La muestra estuvo constituida por leche cruda, obtenida de los cuartos afectados con mastitis clínica de las vacas que cumplieron con el criterio de inclusión establecido para la investigación. La leche se obtuvo directamente del pezón a evaluar, sin ningún tipo de procesamiento, ni almacenamiento, vertida “in situ” a la taza de fondo negro o a la raqueta de CMT, según fuese necesario al momento de la realización de las pruebas.

En la investigación se estructuró un solo grupo experimental, constituido por ocho vacas que incluían nueve cuartos afectados (n=9), las cuales fueron sometidas al tratamiento descrito, manteniendo las condiciones de manejo de la finca. La ausencia de grupos control o placebo responde al cumplimiento de las pautas de ética profesional e investigación en cuanto a la preservación de la salud y bienestar de los animales de consumo y compañía. Al revisar la historia natural de la enfermedad en cuestión (Mastitis bovina) resalta el hecho de que la evolución clínica de los casos de mastitis conduce a la fibrosis y pérdida de los cuartos afectados que no son sometidos a algún tratamiento.

Los animales del estudio se encontraban bajo un sistema de alimentación tradicional, exclusivamente a pastoreo con suplementación con sales minerales “*ad libitum*” y despacho una vez al día a nivel de la vaquera en

comederos comunes. El rebaño estuvo constituido por 182 vacas mestizas doble propósito con predominio de las razas Brahman, Pardo Suizo, Holstein, Criollo, Carora, con un promedio de producción de 6 Litros/día, distribuidas en dos vaqueras.

Las unidades de producción se encuentran ubicadas en el municipio Rosario de Perijá, en la Parroquia Donaldo García. La precipitación promedio anual es de 1.049,6 mm³, con una temperatura oscilante de 34.45 °C, y una humedad relativa de 77%. La precipitación máxima es de 161,1mm³ en Octubre; las máximas temperaturas se pronostican en Febrero con 35.4°C y Marzo con 35.8°C y la humedad relativa es de 82% (Septiembre – Octubre). De igual manera, la mínimas precipitaciones se dan en Enero con 8,6 mm³, las mínimas temperaturas oscilan en 33.3 °C en noviembre y 33.4°C en octubre con una humedad relativa de 71% en el mes de Febrero; concluyendo con una variación de 79,4%.

Existen aproximadamente 60 potreros que se manejan bajo un sistema dual secano-riego, con una proporción 60:40 respectivamente. El riego es por inundación a través de pozos perforados, para el mantenimiento de las siguientes variedades de pasto: pasto Aleman (*Echinocloa polistasia*), Tanner (*Brachiaria tanner*) y Guinea autóctona (*Panicum maximun*) con un sistema de control de malezas manual-mecánico.

Los métodos de diagnostico y procedimientos empleados en la investigación estuvieron dirigidos a Se toma una muestra de leche de cada cuarto en una raqueta de CMT limpia. La raqueta tiene cuatro pequeños compartimientos marcados como A, B, C, y D para identificar los cuartos de los que proviene cada muestra. La solución CMT debe ser reconstituida de acuerdo a las instrucciones del producto.

Paso 1: Tome aproximadamente 1 cucharadita (2 cc) de leche de cada cuarto. Esto corresponde a la cantidad de leche que quedaría en los compartimientos al colocar la raqueta en posición casi vertical.

Paso 2: Agregue igual cantidad de solución CMT a cada compartimiento.

Paso 3: Rote la raqueta con movimientos circulares hasta mezclar totalmente el contenido. No lo mezcle por más de 10 segundos.

Paso 4: “Lea” rápidamente la prueba. La reacción visible desaparece en unos 20 segundos. La reacción recibe una calificación visual. Entre más gel se forme, mayor es la calificación.

Durante la prueba la raqueta debe lavarse con agua limpia y secarse después de cada prueba. El descarte de la mezcla de leche y reactivo CMT producto de cada prueba, debe realizarse en contenedores (tobos) que eviten la diseminación de los posibles patógenos en el piso de la vaquera.

El grado de reacción de la prueba CMT está directamente relacionado con el promedio del conteo de células somáticas. En la Tabla 2 se observan los diferentes grados de reacción del CMT y su correlación con la cantidad de células somáticas e interpretación.

Tabla 2.

Grados de reacción del CMT y su correlación con la cantidad de células somáticas e interpretación de la prueba.

Grado de CMT	Rango de Células Somáticas	Interpretación	Clasificación
N (Negativo)	0 – 200,000	Cuarto Sano	Sano
T (Trazas)	200,000 – 400,000	Posible Mastitis	Bajo riesgo
1	400,000 – 1,200,000	Mastitis Subclínica	Bajo riesgo
2	1,200,000 – 5,000,000	Infección Seria	Alto riesgo
3	Más de 5,000,000	Infección Seria	Alto riesgo

Nota: Adaptado de Roger Mellenberger, Depto. de Ciencia Animal, Universidad del Estado de Michigan y Carol J. Roth, Depto. de Ciencia Lechera, Universidad de Wisconsin-Mádison Abril, 2000 Traducido por Humberto Rivera, Depto. de Ciencia Lechera, Universidad de Wisconsin-Mádison, 2004.

Para la realización de la prueba de fondo negro, se recoge la leche sobre una superficie negra plana o se realiza directamente sobre una taza de fondo negro o de color oscuro, los grumos se hacen así muy visibles (Charles, 1984).

La prueba se realiza durante la preparación de la vaca para el ordeño. Consiste en la detección de grumos en la leche (coágulos lácteos) haciendo pasar los primeros chorros a través de una malla negra o bien utilizando una cubetilla especialmente diseñada para eso. Es recomendable realizar este procedimiento en todos los ordeños ya que además de detectar leche anormal, se eliminan bacterias que normalmente se encuentran en mayor cantidad en estos primeros chorros y además se estimula la “bajada” de la leche (Pérez, 1986).

Los coágulos, escamas, hilos, materia fibrosa, secreciones acuosas, o color anormal indican que la leche no es normal y que hay problemas de mastitis. En la mastitis crónica la leche no tiene apariencia visible anormal en todos los ordeños (Carrión, 2001).

Para La inoculación intramuscular se procede a Inyectar 10 mg por kilo de peso vivo diariamente (1 cc por cada 20 kg. de peso) durante 3 días. En bovinos no inyectar más de 10cc por sitio de inyección intramuscular. Para cada inoculación intramuscular se utiliza una aguja desechable, calibre 18G, de 1,5 pulgadas de longitud, con una jeringa de 20cc desechable. Se utiliza como sitio de inyección la tabla del cuello. Se realiza desinfección previa de la zona de inyección con una torunda de algodón impregnada en alcohol.

Resultados y Discusión

En la Tablas 1 y 2 se observó los resultados de la prueba de fondo negro aplicada en las dos vaqueras (San Antonio y San Pedro) las cuales agrupaban 182 bovinos, con 728 cuartos. Siete (7) vacas resultaron con un (1) cuarto positivo a mastitis. Una (1) vaca presentó dos cuartos afectados. De todos los cuartos mastíticos (9), uno fue anterior derecho (11 %), dos fueron posterior derecho y dos posterior izquierdo (22,22 % respectivamente) y cuatro resultaron anterior izquierdo (44,4 %).

Al iniciar el estudio, el 1,23% de los cuartos muestreados resultaron con mastitis clínica a la prueba FN, sin encontrarse diferencias entre las vaqueras estudiadas. Estos resultado son similares a los obtenidos por Ramírez y col., 2014, quienes al evaluar al menos dos lotes de ordeño, encontraron porcentajes globales de positividad a la prueba de fondo negro de 0,78% y 2,47% en dos vaqueras con 384 y 404 cuartos evaluados respectivamente.

Al analizar los resultados globales por animal ver Tabla 3, el porcentaje de vacas con mastitis clínica observado en la presente investigación fue del 4,39% valor que contrasta con el 14% obtenido por Ramírez y col., 2014, probablemente debido a que el nivel de producción de los animales (raza Carora) era superior a los encontrados en el presente estudio.

Tabla3.

Resultados de prueba inicial de Fondo Negro por vaquera

Vaquera	Vacas				
	Total	Negativa	%	Positiva	%
San Antonio	101	96	95,04	5	4,06
San Pedro	81	77	95,06	3	3,71
Global	182	173	95,05	8	4,39

Nota: Finol (2018)

Tabla 4.

Resultados de la prueba de Fondo Negro por cuartos al inicio del ensayo

Vaquera	Cuartos				
	Total	Negativo	%	Positivo	%
San Antonio	404	399	98,77	5	1,23
San Pedro	324	320	98,77	4	1,23
Global	728	719	98,76	9	1,23

Nota: Finol (2018)

En las Tablas 4 y 5 y Figura 1, se observó que el 77,77% de los cuartos mastíticos tratados con Tilosina, mostraron curación de la mastitis clínica a la prueba de fondo negro, 24 horas después de iniciado el tratamiento. Los dos cuartos que no se curaron clínicamente, se mantuvieron positivos a la prueba de fondo negro hasta la finalización del ensayo. En la evolución de los cuartos negativos al FN (24, 48 y 72 horas post tratamiento) se observó una tendencia a la mejoría de la calidad sanitaria de la ubre, evidenciado en la reducción del conteo celular somático de la mayoría de los

cuartos a través de la prueba de CMT (5 de 7 cuartos). Los dos cuartos que no mostraron mejoría al CMT, permanecieron en un nivel de alto riesgo de mastitis subclínica (2+) hasta finalizar el ensayo.

Tabla 4.

Evolución de las pruebas CMT y FN en los animales experimentales

Vaquera	Nº Vaca	Cuarto Afectado	Primera Revisión (FN)	Segunda Revisión (CMT y FN)	Tercera Revisión (CMT y FN)	Cuarta Revisión (CMT y FN)
San Pedro	409	CAI	+MC	2+	2+	1+
		CPI	+ MC	3 +	2 +	T
	1204	CPD	+ MC	3 +	3 +	2 +
	244	CAD	+ MC	3 +	2 +	1 +
San Antonio	801	CPI	+ MC	+ MC	+ MC	+ MC
	904	CPD	+ MC	3 +	3 +	2 +
	608	CAI	+ MC	2 +	2 +	T
	1533	CAI	+ MC	3 +	3 +	1 +
	465	CAI	+ MC	+ MC	+ MC	+ MC

Leyenda. CPI: Cuarto posterior izquierdo. CPD: Cuarto posterior derecho. CAI: Cuarto anterior izquierdo. CAD: cuarto anterior derecho. MC: Mastitis clínica. T: trazas.

Tabla 5.

Porcentaje de curación clínica al final del ensayo en cuartos de vacas tratadas con Tilosina IM

Cuartos Tratados	Cuartos que sanaron	Porcentaje	Cuartos que permanecieron Enfermos	Porcentaje
9	7	77,77%	2	22,22%

Nota: Finol (2018)

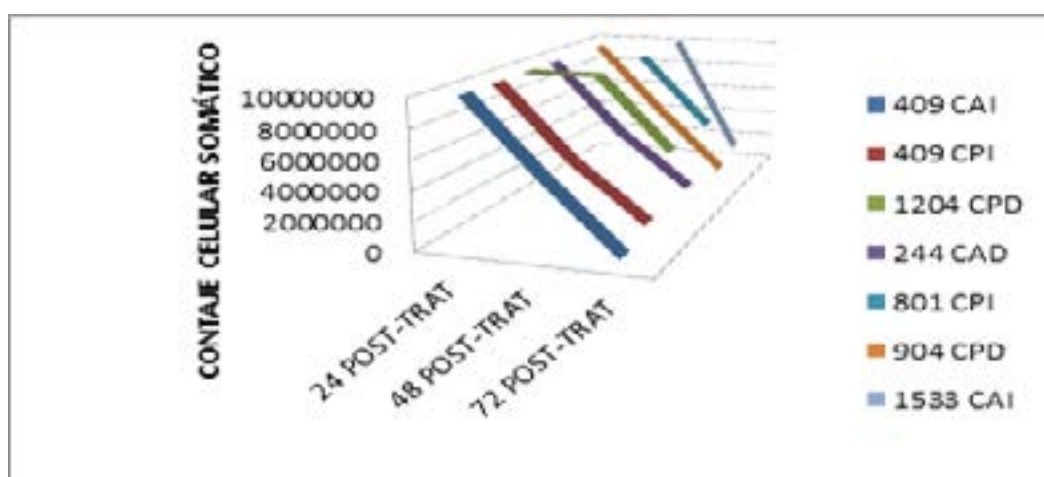


Figura 1. Evolución del contejo celular somático (según resultados del CMT) de los animales tratados con Tilosina durante el ensayo.

Conclusiones

La mastitis bovina constituye un problema actual de gran importancia e impacto económico en las explotaciones ganaderas de nuestro medio.

La terapia con Tilosina IM a una dosis de 10mg/Kg durante tres días constituye una herramienta eficaz para reducir la alteración de las características organolépticas que produce la mastitis clínica de las vacas lactantes y al mismo tiempo mejora la condición sanitaria de la ubre, provocando reducción del grado de mastitis subclínica de forma importante durante la aplicación del tratamiento.

La selección de un régimen apropiado de tratamiento es crítica para lograr una buena tasa de éxito en el tratamiento de infecciones intramamarias, debido a que la mastitis es un problema mayor de salud en las fincas del municipio Rosario de Perijá, que se expande debido a la presión por aumentar la producción de leche. Por lo cual, es importante la detección temprana de la mastitis para que el tratamiento surta mayor efecto.

Referencias Bibliográficas

- Acebo, M. (2006). *Mastitis afecta a la producción y calidad de leche*. (En línea). Intervet Ecuador S.A. http://www.intervet.com.ec/Binaries/63_74032.doc
- Araujo, J. y Argudo, J. (2013). *Cultivo bacteriológico de leche*. Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 74 pp.
- Azocar, S.J.E. (2001). *Prevalencia, incidencia y etiología de mastitis en un centro de acopio lechero, comuna Maria Pinto, región metropolitana*. (Trabajo de tesis en la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuaria de la Universidad de Chile) Chile.
- Bavaresco, A. (2008). *Proceso Metodológico en la Investigación*. (Quinta Ed.). Universidad del Zulia.
- Bedolla, CC. (2004). *Mastitis Bovina*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Pp. 8
- Bedolla, C.C., Castañeda, V.H. y Wolter, W. (2007). Métodos de detección de la mastitis bovina. *REDVET. Revista Electronica de Veterinaria*, VIII (9):1-17.
- Boscán, J., Villarroel, R., Oviedo, A., Sánchez, A., Pino, D., García, D., Hernández, L. y Pérez, M. (2009). Bacterias patógenas potenciales al inicio del periodo seco de vacas doble propósito con mastitis subclínicas. *Revista Científica. FCV-LUZ*. XIX (3):277-283.
- Boscán, J., Valeris, R. (2010). Mastitis bovina. *En cuaderno Científico*, (9).
- Sanchez Villalobos (Ed). Fundación Girarz. Ediciones Astro Data S.A.
- Brouillet, P. (1994). *Maitrise de la présence d'inhibiteurs dans le lait*. Recl. Méd. Vét. Ec. Alfort. 170 (6/7): 443-455.
- Callejo, A. (2010). Rutina pre-ordeño: ¿Qué debe hacerse antes de ordeñar?. *Frisona Española* (175).
- Carrión, G. M. (2001). *Principios básicos para el control de la mastitis y el mejoramiento de la calidad de la leche*. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación Para el Desarrollo Integral Regional de Michoacán. <http://www.monografias.com/trabajos57/celulas-somaticas-bovina/celulas-somaticas-bovina2.shtml#ixzz54xj-jm4xK>
- Galán, L. y Márquez, N. (2014), *El tratamiento de las mastitis clínicas*. *Art. Rumiantes*. albeitar.portalveterinaria.com/noticia/.../el-tratamiento-de-las-mastitis-clinicas.htm.
- García, A. (2004). *Mastitis contagiosa vs. Ambiental*. Extension Extra 4028S. Cooperative Extension Service. College of Agricultural & Biological Science. South Dakota State University. USDA. http://pubstorage.sdstate.edu/Ag-Bio_Publication/articles/ExEX4028S.pdf
- Hernández S., Fernández C., y Baptista L. (2010). *Metodología de la Investigación*. (5^{ta} ed.). McGraw Hill.
- Pérez, D. M. (1986). *Manual sobre ganado productor de leche*. Ed. Villicaña. <http://www.monografias.com/trabajos57/celulas-somaticas-bovina/celulas-somaticas-bovina2.shtml#ixzz54xjtPcGL>
- Philpot, W.N. y Nickerson, S.C. (2002). *Ganando la lucha contra la mastitis*. Editado por Wstfalia Surge Inc. USA.
- Pinzón, J. (1989). *Mastitis Bovina*. *Revista de difusión de tecnología agrícola y pesquera del FONAIAP*.
- Radostits, O.M., Gay, C.C., Blood, D.C. y Hinchcliff, K.W. (2000). *Veterinary Medicine: A Textbook of the Diseases of Cattle, Sheep, Pigs, Goats and Horses*. (9^{ma} ed.). Saunders Co.
- Ramírez, J y col. **Falta conocer los apellidos de los colaboradores**, (2014), *Comportamiento de la infección por mastitis en vacas Carora*, (Trabajo de Grado. Universidad Rafael Urdaneta). Maracaibo. Venezuela.

- Ricaurte, S. (2006). Ozonoterapia, una opción para el sector agropecuario. *Revista electrónica de veterinaria red-vet*, 7,(10). <http://www.engormix.com/MA-avicultura/sanidad/articulos/ozonoterapia-opcionsectoragropecuario-t872/p0.htm>
- Ruiz, S. A. (2009). *Presencia de mastitis subclínica en ocho hatos de la periferia de Uruapan, Michoacán en bovinos productores de leche* (tesina profesional). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México. pp. 35-38. <http://www.monografias.com/trabajos57/celulas-somaticas-bovina/celulas-somaticas-bovina2.shtml#ixzz54xk-0TjzA>
- Sánchez, J. (2013). Prevalencia de mastitis en rebaños lecheros especializados. Océano/Centrum.
- Schroeder, J.W. (1997). *Mastitis control programs: Bovine mastitis and milking management*. North Dakota State University and US Department of Agriculture cooperating. AS-1129. [www. Ag.ndsu.edu/pubs/ansci/dairy/as1129.pdf](http://www.Ag.ndsu.edu/pubs/ansci/dairy/as1129.pdf).
- Wattiaux, M. (1996). Raising Dairy Heifers. Publication TDG-RH-092796E. The Babcock Institute for International Dairy Research and Development. University of Wisconsin. Madison, Wisconsin.

Notas Especiales

¹Este trabajo es derivado del Trabajo Especial de Grado, intitulado: “Efecto del tratamiento con tilosina sobre las características organolépticas de la leche mastítica de vacas doble propósito” presentado en la Escuela de Ingeniería de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo-Venezuela.

Comportamiento estructural de edificaciones aporticadas utilizando columnas mixtas src y cft¹

Structural behavior on frame buildings using composite columns SRC and CFT.

Sebastián Pedraja, Andrés Salamanca y Jesús Medina

Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería.
Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela. Correo Electrónico:
sebastianpedrajaaraujo@gmail.com, andresalamancaa@gmail.com y
jmedinaf@gmail.com

Recibido: 05-02-2019

Aceptado: 19-07-2019

Resumen

El objetivo principal de la presente investigación fue comparar el comportamiento estructural de edificaciones aporticadas utilizando columnas de sección mixta SRC y CFT. Para lograr dicho objetivo se diseñaron dos edificaciones de 10 plantas, cada una de ellas con sistema correspondiente de columnas mixtas. Dichos diseños fueron realizados mediante el software de cálculo estructural ETABS 2016. Ambas edificaciones presentan las mismas características en lo que se refiere a geometría, uso, solicitaciones de carga y sección de los elementos como vigas, vigas secundarias y losas. Desde el punto de vista metodológico, la investigación fue considerada de tipo descriptiva, ya que la misma se enfoca en analizar el comportamiento estructural de edificaciones aporticadas utilizando columnas mixtas, con un diseño de tipo no experimental y documental. Fue definida como unidad de análisis a las edificaciones aporticadas, ya que son estas las que cumplen la función de interactuar con el contexto de la investigación. La recolección de datos fue mediante la observación documental y revisión bibliográfica de libros, artículos científicos, normas, entre otros. Los resultados de la investigación demuestran que las columnas CFT otorgan un mejor comportamiento estructural a las edificaciones en comparación con las columnas SRC, debido a su diseño óptimo, con secciones de menor área, mayor rigidez y comportamiento sismorresistente.

Palabras clave: Acero estructural, concreto armado, edificaciones aporticadas, columnas mixtas, comportamiento estructural.

Abstract

The main objective of this investigation was the comparison of the structural behavior on frame buildings using composite columns SRC and CFT. To achieve this objective two buildings with 10 stories were designed, each of them with the corresponding system of composite columns. The designs were made through the structural software ETABS 2016. Both buildings have the same characteristics in the matter of geometry, uses, load assigns and the section of elements like beams, secondary beams and slabs. From a methodological point of view, the investigation was considered descriptive, since it focuses on the analysis of the structural behavior on frame buildings, with a non-experimental and documentary design. The frame buildings were defined as the analysis unit, since these are the ones that perform the function of interacting with the investigation context. The data collection was made through the documentary observation and the bibliographic review in books, scientific articles, codes, etc. The results of the investigation showed that the CFT columns give the buildings a better structural behavior than the SRC columns, because of its optimum design, with smaller sections, higher stiffness values and overall a more adequate seismic behavior.

Keywords: Structural steel, reinforced concrete, frame buildings, composite columns, structural behavior.

Introducción

En el mundo de la construcción, desde sus inicios, uno de los sistemas estructurales más utilizados para la solución de problemas en el campo de la ingeniería civil ha sido el de estructuras aporticadas, el cual tiene sus orígenes en construcciones clásicas como las de los griegos y los romanos, siendo éste el sistema estructural más antiguo del cual

se tiene conocimiento actualmente. Dicho sistema estructural tiene grandes ventajas, entre las cuales se encuentran su rigidez, durabilidad, libertad en la distribución de los espacios de la edificación, son flexibles atrayendo así pequeñas solicitaciones sísmicas y disipan grandes cantidades de energía debido a la ductilidad de sus elementos.

El sistema de estructuras aporticadas es comúnmente diseñado y construido con acero estructural o concreto armado, siendo el último el más utilizado. Dichos materiales presentan propiedades muy distintas, por lo que la decisión del material a utilizar estará basada en las condiciones a las cuales estará expuesta la edificación, las facilidades constructivas, la disponibilidad de mano de obra, entre otros. Con el pasar de los años, se ha ido buscando optimizar el material utilizado y mejorar el comportamiento de las estructuras construidas con dicho sistema, por lo que cada vez surgen nuevas maneras y nuevas opciones para el diseño y construcción de estructuras aporticadas.

Una de las principales ventajas que tiene el concreto sobre el acero estructural es que su resistencia ante altas temperaturas (incendios) es notablemente mayor. De igual forma, el acero estructural resulta ventajoso ante el concreto armado debido a su gran habilidad para que su falla en eventos sísmicos o ante la presencia de una carga mayor a la de diseño sea de tipo dúctil. Habiendo estudiado las condiciones presentadas en ambos materiales, se logró llegar a la posibilidad de realizar estructuras mixtas de concreto o concreto armado con acero estructural. El uso del sistema de estructuras mixtas tiene su aparición alrededor del año 1877, donde fueron construidos edificios residenciales en la ciudad de Nueva York utilizando columnas de acero estructural embebidas en concreto. Asimismo, ha sido utilizado en países como Japón, desde el año 1910 aproximadamente, en donde se ha podido observar el excelente comportamiento sismorresistente de dichas estructuras.

En el diseño de estructuras aporticadas y de estructuras sismorresistentes, los elementos más importantes son las columnas, ya que son éstas las que soportan las cargas solicitadas por la edificación y se encargan de transmitir las y disiparlas en el suelo. Por lo tanto, es de gran importancia que el diseño de las columnas en una estructura sea realizado de la manera más óptima y segura posible, aumentando así la vida útil de la edificación. Sabiendo la importancia que tiene una columna en la resistencia y el comportamiento estructural en un edificio, se ha explorado la opción de diseñar columnas mixtas de concreto armado con acero estructural.

De acuerdo con las especificaciones de la AISC, 2005 (citado por Perea y León, 2010), las columnas mixtas pueden ser diseñadas de dos maneras: con perfiles de acero tubulares rellenos con concreto armado o CFT (concrete-filled tube), y con perfiles de acero tubulares o laminares recubiertos con concreto armado o SRC (steel reinforced concrete). Esta combinación permite dar mayor rigidez al elemento, presenta una mayor resistencia ante escenarios de altas temperaturas, aumenta la ductilidad y podría incluso disminuir el tamaño de la sección, permitiendo así un menor costo en materiales. Al conocer las posibles ventajas que se pueden tener al utilizar columnas mixtas en un sistema estructural aporticado, se presenta la siguiente interrogante: ¿Cuál de los dos tipos de columnas mixtas aportará un mejor comportamiento estructural a las edificaciones?

Para poder dar respuesta a la interrogante planteada se definió el objetivo general, el cual es comparar el comportamiento estructural en edificaciones aporticadas utilizando columnas mixtas de concreto armado y acero estructural. Igualmente, con el fin de alcanzar el objetivo general, se plantearon una serie de objetivos específicos que permitieran desarrollar la investigación y los cuales se basaron en diseñar una estructura aporticada utilizando perfiles laminares de acero estructural embutidos en concreto armado (SRC), diseñar una estructura aporticada utilizando columnas de perfiles tubulares de acero estructural rellenos con concreto (CFT), analizar el comportamiento estructural de las edificaciones mixtas diseñadas y establecer una comparación entre los dos tipos de estructuras mixtas.

Materiales y Métodos

Con la finalidad de cumplir con el objetivo general de la presente investigación, el cual consiste en comparar el comportamiento estructural en edificaciones aporticadas utilizando columnas mixtas de concreto armado y acero estructural, fue necesario realizar los siguientes procedimientos para permitir el correcto desarrollo de la investigación, tomando en cuenta también, lo plasmado en los objetivos específicos de la misma para dar orden a los procedimientos realizados.

Para la elaboración de los diseños se tomaron como referencia las normas COVENIN 1756-2001, COVENIN 2003-1986, ANSI/AISC 360-10 y ACI 318S-14. Asimismo, se fijaron las siguientes condiciones generales para cada uno de los diseños:

Ubicación: Maracaibo, Estado Zulia.

Geometría: 18m en X (4 ejes con separación de 6m), 8m en Y (3 ejes con separación de 4m) y 30m en Z (10 plantas de 3m cada una).

Uso de la edificación: oficinas.

Esfuerzo de fluencia (F_y) de perfiles laminados: $F_y = 2530 \text{ kg} / \text{cm}^2$

Esfuerzo de fluencia (F_y) de perfiles tubulares: $F_y = 3515 \text{ kg} / \text{cm}^2$.

Esfuerzo de fluencia (F_y) del acero estructural: $F_y = 4200 \text{ kg} / \text{cm}^2$.

Resistencia a la compresión del concreto (f'_c) en columnas: $f'_c = 280 \text{ kg} / \text{cm}^2$.

Losa: sistema de losacero con concreto de $f'_c = 250 \text{ kg} / \text{cm}^2$.

Secciones vigas:

Vigas principales en entrepisos: IPE 450.

Vigas principales en techo: IPE 300.

Vigas secundarias en entrepisos: IPE 330.

Vigas secundarias en techo: IPE 200

Correas en entrepisos: IPE 240.

Correas en techo (paralelas a eje X): IPE 200.

Correas en techo (paralelas a eje Y): IPE 180.

• Solicitaciones de diseño por cargas permanentes y variables, presentada en Tablas 1 y 2:

Tabla 1.

Solicitaciones por cargas permanentes

Nivel	Componente	Peso (kgf/m ²)
Entrepiso	Lamina de acero de 1,20mm de espesor	12,6
	Loseta de concreto $f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$ con malla electrosoldada	180
	Paredes con bloques de arcilla $e=10 \text{ cm}$	120
	Revestimiento en paredes	60
	Base pav. + piso	100
	TOTAL	472,6
Techo	Lamina de acero de 1,20mm de espesor	12,6
	Loseta de concreto $f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$ con malla electrosoldada	180
	Relleno e impermeabilización	80
	TOTAL	272,6

Tabla 2.

Solicitaciones por cargas variables

Nivel	Componente	Peso (kgf/m ²)
Entrepiso	Edificación de uso comercial en áreas de oficinas y pasillos	550
Techo	Edificaciones de uso comercial en áreas de azoteas	100

• **Cargas sísmicas:** el método establecido para determinar las solicitaciones sísmicas se encuentra en la norma COVENIN 1756-2001.

• **Cargas por acción del viento:** las acciones del viento tanto de barlovento como de sotavento, fueron calculadas siguiendo el procedimiento establecido en la norma COVENIN 2003-1986.

• **Diseño de la estructura aporticada utilizando columnas de concreto reforzado con perfiles estructurales de acero (SRC)**

Fueron asignados porcentajes de área de acero estructural, acero de refuerzo y concreto para el predimensionamiento de la sección SRC, diseñando la columna más desfavorable correspondiente cualquiera de las columnas centra-

les, determinado mediante el método de área tributaria. Se tomó una carga actuante sobre la columna correspondiente a la multiplicación del área tributaria de la columna, la carga actuante en las diferentes plantas y el número de plantas de la edificación.

Una vez obtenida la carga actuante estimada sobre la columna fue utilizada la ecuación 1. para determinar una sección inicial.

$$\phi P_n = 0.85 \times \phi_c \left(0.85 f'_c A_c + F_y A_s + F_{yr} A_{sr} \right) \quad (1)$$

Una vez obtenida el área neta de la sección se seleccionó un perfil de acero estructural, y una combinación de acero de refuerzo para cumplir con los porcentajes previamente fijados. El área de concreto fue determinada mediante la diferencia del área total con las áreas de acero estructural y de refuerzo.

Para las columnas del nivel 6 al 10 fue reducida la sección en 5cm para cada uno de sus sentidos.

Las especificaciones del diseño de la estructura con columnas SRC fueron extraídas de la norma ANSI/AISC 360-10, la cual presenta los siguientes procedimientos.

Fue chequeada la cuantía de acero mediante la ecuación 2, verificando que la misma se mantenga por encima de 0,004.

$$\rho_{sr} = A_{sr} / A_g \quad (2)$$

La resistencia a la compresión de la sección es calculada mediante las ecuaciones 3 o 4, dependiendo del resultado de la relación entre los valores de P_{no} y P_e , los cuales fueron calculados con las ecuaciones 5 y 6 respectivamente. Se tomó en cuenta el factor de minoración de $\phi_c = 0.75$

$$\text{Si } \frac{P_{no}}{P_e} \leq 2.25$$

$$P_n = P_{no} \left[0.658^{\left(\frac{P_{no}}{P_e} \right)} \right] \quad (3)$$

$$\text{Si } \frac{P_{no}}{P_e} > 2.25$$

$$P_n = 0.877 P_e \quad (4)$$

$$P_{no} = F_y A_s + F_{yr} A_{sr} + 0.85 f'_c A_c \quad (5)$$

P_e = carga crítica de pandeo elástico (kgf).

$$P_e = \pi^2 (EI_{eff}) / (KL)^2 \quad (6)$$

Para determinar la carga crítica de pandeo elástico fue necesario determinar el módulo de elasticidad del concreto E_c , mediante la ecuación 7 y posteriormente la rigidez efectiva de la sección compuesta EI_{eff} , determinada con la ecuación 8.

$$E_c = 0.136 w_c^{1.5} \sqrt{f'_c} \quad (7)$$

$$EI_{eff} = E_s I_s + 0.5 E_s I_{sr} + c_1 E_c I_c \quad (8)$$

El coeficiente, necesario para el cálculo de la rigidez efectiva de una sección compuesta embebida en compresión, fue calculado a través de la ecuación 9.

$$c_1 = 0.1 + 2 \left(\frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.3 \quad (9)$$

El módulo de elasticidad del acero tiene un valor de 2040000 kgf/cm². Fueron fijados valores de F_y y F_{ysr} correspondientes a la fluencia mínima especificada para los perfiles de acero y el acero de refuerzo respectivamente, cuyo valor no excedió de los 5355kgf/cm². Igualmente, fue calculado el momento de inercia de la sección de concreto y de las barras de refuerzo I_{sr} para la determinación de la rigidez efectiva EI_{eff} . El valor del momento de inercia del perfil de acero I_s fue extraído del catálogo del cual fue seleccionada dicha sección.

El valor de la longitud efectiva K fue tomado igual a la unidad, mientras que la longitud no arriostrada lateralmente del miembro L correspondió a la altura entre plantas de la edificación.

Finalmente, fue fijado el valor de $f'c$ correspondiente a la resistencia a la compresión especificada del concreto, recordando que debe estar entre los 215 y 715kgf/cm², junto con el peso por unidad de volumen w_c , a ser utilizado, tomando en cuenta que el mismo debe estar entre los 1500 y 2500kgf/m³.

• **Diseño de la estructura aporricada utilizando columnas de perfiles tubulares de acero estructural rellenos con concreto (CFT)**

Fueron asignados porcentajes de área de acero estructural A_s y de concreto A_{sr} y se asumió la sección como compacta para el predimensionamiento de la sección CF, diseñando la columna más desfavorable correspondiente cualquiera de las columnas centrales, determinado mediante el método de área tributaria. Se tomó una carga actuante sobre la columna correspondiente a la multiplicación del área tributaria de la columna, la carga actuante en las diferentes plantas y el número de plantas de la edificación. Se sustituyeron los valores definidos en la ecuación 10 para obtener un área predimensionada de la sección.

$$P_p = F_y A_s + c_2 f'c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (10)$$

La norma ACI 318 establece que en secciones compuestas con núcleo de concreto confinado por acero estructural no requieren de barras de refuerzo, por lo que se decidió diseñar la sección CFT sin tomar en cuenta el acero de refuerzo.

Una vez obtenida el área neta de la sección se seleccionó un perfil de acero estructural para cumplir con el diámetro de sección y el área calculada. El área de concreto fue determinada mediante la diferencia del área total con el área de acero estructural.

En la selección del perfil se tomó en cuenta lo planteado por la ACI 318, referente al espesor mínimo necesario para secciones compuestas de concreto confinado, el cual fue calculado mediante la ecuación 11.

$$h \sqrt{f_y / 8 E_s} \quad (11)$$

Las especificaciones del diseño de la estructura con columnas CFT fueron extraídas de la norma ANSI/AISC 360-10, tomando en cuenta algunos parámetros planteados en la ACI 318, las cuales presentan los procedimientos mostrados a continuación.

La determinación de la resistencia a la compresión de miembros compuestos depende de la clasificación de la sección como compacta, no compacta o esbelta, por lo cual se clasificó la sección predimensionada.

Para el cálculo de la resistencia a la compresión en secciones compactas son utilizadas las ecuaciones 12 y 13, donde el coeficiente c_2 será 0,85 para secciones rectangulares y 0,95 para secciones circulares.

$$P_{no} = P_p \quad (12)$$

$$P_p = F_y A_s + c_2 f'c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (13)$$

En cuanto a secciones no compactas se utilizan las ecuaciones 14 y 15, donde serán requeridos los valores de λ , λ_p y λ_r .

$$P_p = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda_r - \lambda_p)^2 \quad (14)$$

$$P_y = F_y A_s + 0.7 f'_c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (15)$$

Para secciones esbeltas, la resistencia a la compresión se determina mediante las ecuaciones 16, 17 y 18, donde el uso de las dos últimas dependerá de si la sección es rectangular o es circular.

$$P_y = F_{cr} A_s + 0.7 f'_c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (16)$$

Para secciones rectangulares rellenas:

$$F_{cr} = \frac{9.0 E_s}{\left(\frac{b}{t} \right)^2} \quad (17)$$

Para secciones redondas rellenas:

$$F_{cr} = \frac{0.72 F_y}{\left(\left(\frac{D}{t} \right) \frac{F_y}{E_s} \right)^{0.2}} \quad (18)$$

Finalmente, la rigidez efectiva EI_{eff} será calculada mediante las ecuaciones 19 y 20, siendo la última la correspondiente al coeficiente para el cálculo de la rigidez efectiva de miembros compuestos rellenos en compresión.

$$EI_{eff} = E_s I_s + E_s I_{sr} + c_3 E_c I_c \quad (19)$$

$$c_3 = 0.6 + 2 \left(\frac{A_s}{A_c + A_s} \right) \leq 0.9 \quad (20)$$

• Análisis del comportamiento estructural las estructuras mixtas

El análisis del comportamiento estructural de las edificaciones diseñadas estuvo basado en la extracción y revisión de tablas, gráficos, datos y valores, obtenidos a través del software ETABS 2016, los cuales fueron los siguientes: dimensiones de la sección, desplazamientos de los nodos resistencia a la compresión rigidez efectiva módulo de elasticidad, fluencia, ratio.

• Comparación entre los dos tipos de estructuras mixtas

Tras haber analizado y revisado las tablas, gráficos, datos y valores obtenidos tras haber realizado el diseño de las estructuras aporticadas con columnas SRC y CFT, se procedió a realizar la comparación entre ambos modelos, tomando en cuenta su magnitud o significado para finalmente definir cuál de estos sistemas sería el más viable desde el punto de vista estructural.

Resultados y Discusión

• Diseño de la estructura aporticada utilizando columnas de concreto reforzado con perfiles estructurales de acero (SRC)

A continuación, se presenta en la Tabla 3 los perfiles utilizados correspondientes tanto a la estructura aporticada con columnas de tipo SRC, como a la estructura con columnas CFT, así como en la Tabla 4 se presentan las dimensiones correspondientes a las columnas a las primeras y a las últimas 5 plantas respectivamente, obtenidas mediante los principios y procedimientos presentados en las normas COVENIN 1756-2001, COVENIN 2003-1986 y ANSI/AISC 360-10.

Tabla 3.

Dimensiones de los elementos estructurales de las edificaciones

Ubicación	Elemento	Perfil
Entrepiso	Vigas principales	IPE 450
	Vigas secundarias	IPE 330
	Correas	IPE 240
Techo	Vigas principales	IPE 300
	Vigas secundarias	IPE 200
	Correas (X)	IPE 200
	Correas (Y)	IPE 180

Tabla 4.

Dimensiones de las columnas SRC

Plantas 1 a 5			Plantas 6 a 10		
Material	Características	Sección compuesta	Material	Características	Sección compuesta
Acero estructural	HEA 200 $F_y = 2530 \text{ kgf/cm}^2$ $E_s = 2040000 \text{ kgf/cm}^2$ $A_s = 53.8 \text{ cm}^2$ $I_s = 3690 \text{ cm}^4$	50cm x 50cm $A_g = 2500 \text{ cm}^2$ $I_g = 520833.33 \text{ cm}^4$ $EI_{eff} = 3.411 \times 10^{10} \text{ kgf} \times \text{cm}^2$ $P_n = 733454,50 \text{ kg}$	Acero estructural	HEA 200 $F_y = 2530 \text{ kgf/cm}^2$ $E_s = 2040000 \text{ kgf/cm}^2$ $A_s = 53.8 \text{ cm}^2$ $I_s = 3690 \text{ cm}^4$	45cm x 45cm $A_g = 2025 \text{ cm}^2$ $I_g = 341718.75 \text{ cm}^4$ $EI_{eff} = 3.702 \times 10^{10} \text{ kgf} \times \text{cm}^2$ $P_n = 626431.87 \text{ kg}$
Acero de refuerzo	4#6 y 4#5 $F_{yr} = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ $E_s = 2040000 \text{ kgf/cm}^2$ $A_{sr} = 19.32 \text{ cm}^2$ $I_{sr} = 5604.42 \text{ cm}^4$		Acero de refuerzo	8#5 $F_{yr} = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ $E_s = 2040000 \text{ kgf/cm}^2$ $A_{sr} = 15.84 \text{ cm}^2$ $I_{sr} = 4407.08 \text{ cm}^4$	
Concreto	50cm x 50cm $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ $E_c = 284464.41 \text{ kgf/cm}^2$ $A_c = 2426.88 \text{ cm}^2$ $I_c = 511538.91 \text{ cm}^4$		Concreto	50cm x 50cm $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ $E_c = 284464.41 \text{ kgf/cm}^2$ $A_c = 1955.36 \text{ cm}^2$ $I_c = 333621.67 \text{ cm}^4$	

• **Diseño de la estructura aporricada utilizando columnas de perfiles tubulares de acero estructural rellenos con concreto (CFT)**

En cuanto a la estructura aporricada con columnas de tipo CFT, se presentan en las Tabla 5 las dimensiones correspondientes a las columnas, que fueron obtenidas mediante los principios y procedimientos presentados en las normas COVENIN 1756-2001, COVENIN 2003-1986 y ANSI/AISC 360-10 y ACI 318S-14.

Tabla 5.
 Dimensiones de las columnas CFT

Plantas 1 a 5			Plantas 6 a 10		
Material	Características	Sección compuesta	Material	Características	Sección compuesta
Acero estructural	$\phi = 12 \frac{3}{4}"$ $e = 0.9cm$ $F_y = 3515 \frac{kgf}{cm^2}$ $E_s = 2040000 \frac{kgf}{cm^2}$ $A_g = 823.93cm^2$ $I_s = 125052.08cm^4$	$\phi = 32.39$ $A_g = 823.93cm^2$ $I_s = 125052.08cm^4$ $EI_{eff} = 3.702 \times 10^{10} kgf \times cm^2$ $P_p = 427788.75kg$	Acero estructural	$\phi = 12 \frac{3}{4}"$ $e = 0.9cm$ $F_y = 3515 \frac{kgf}{cm^2}$ $E_s = 2040000 \frac{kgf}{cm^2}$ $A_s = 89cm^2$ $I_s = 11040cm^4$	$\phi = 32.39$ $A_g = 823.93cm^2$ $I_s = 125052.08cm^4$ $EI_{eff} = 3.250 \times 10^{10} kgf \times cm^2$ $P_p = 381245.75kg$
Concreto	$\phi = 32.39$ $f'_c = 280 \frac{kgf}{cm^2}$ $E_c = 284464.41 \frac{kgf}{cm^2}$ $A_c = 715.84cm^2$ $I_c = 40777.66cm^4$		Concreto	$\phi = 30.59cm$ $f'_c = 280 \frac{kgf}{cm^2}$ $E_c = 284464.41 \frac{kgf}{cm^2}$ $A_c = 734.93cm^2$ $I_c = 42982.12cm^4$	

• **Análisis del comportamiento estructural de las edificaciones mixtas diseñadas**

Tras haber diseñado y obtenido los resultados correspondientes a la estructuras aporticadas con columnas mixtas SRC y CFT, se obtuvieron los valores, datos, tablas y gráficos que a continuación se presentan, obtenidos a través del software ETABS 2016.

• Dimensiones de la sección

El área total obtenida de la sección SRC diseñada fue de $2500cm^2$ para las plantas de la 1 a la 5, contando con un 2.15% ($53.8cm^2$) de área de acero estructural, un 0.77% ($19.32m^2$) de acero de refuerzo y un 97.08% ($2426.88cm^2$) de concreto. Mientras que para las plantas de la 6 a la 10 la sección diseñada fue de $2025cm^2$, contando con un 2.66% ($53.8cm^2$) de área de acero estructural, un 0.78% ($15.84m^2$) de acero de refuerzo y un 96.56% ($1955.36cm^2$) de concreto. En cuanto a la sección CFT se obtuvo un área de $823,93cm^2$ para las plantas de la 1 a la 5, contando con un 13.12% ($108.1cm^2$) de área de acero estructural y un 86.88% ($715.84cm^2$) de concreto. Mientras que para las plantas de la 6 a la 10 se obtuvo un área de $823,93cm^2$, contando con un 10.80% ($89cm^2$) de área de acero estructural y un 89.20% ($734.93cm^2$) de concreto.

• Rigidez efectiva

• En lo que respecta a la rigidez efectiva de las columnas, la sección SRC presentó un valor de $3.411 \times 10^{10} kgf \times cm^2$ en las plantas de la 1 a la 5, mientras que en la CFT fue de $3.702 \times 10^{10} kgf \times cm^2$. En cuanto a las plantas de la 6 a la 10, la sección SRC presentó un valor de $2.777 \times 10^{10} kgf \times cm^2$, mientras que en la CFT fue de $3.250 \times 10^{10} kgf \times cm^2$.

- Resistencia a la compresion

La sección SRC presentó una resistencia a la compresión de $733454.50kg$ entre las plantas 1 a 5, mientras que la CFT tuvo una resistencia de $427788.75kg$, tomando en cuenta que la carga actuante a compresión con la cual se predimensionaron los elementos fue de $336000kg$.

De la misma manera, entre las plantas 6 y 10, la sección SRC presentó una resistencia de $626431.87kg$, mientras que la CFT tuvo una resistencia de $381245.75kg$.

- Desplazamientos de los nodos

Los valores de los desplazamientos fueron tomados del máximo desplazamiento presente en cada una de las plantas. Los valores leídos son presentados en la Tabla 9.

Tabla 9.

Máximos desplazamientos en las edificaciones

SRC			CFT		
Story	Desp. en X	Desp. en Y	Story	Desp. en X	Desp. en Y
10	2,02	3,94	10	2,72	4,87
9	1,95	3,75	9	2,66	4,69
8	1,85	3,51	8	2,54	4,45
7	1,7	3,2	7	2,35	4,12
6	1,51	2,81	6	2,11	3,68
5	1,27	2,35	5	1,82	3,15
4	1,02	1,83	4	1,5	2,55
3	0,73	1,28	3	1,13	1,88
2	0,43	0,72	2	0,72	1,15
1	0,15	0,23	1	0,29	0,43
0	0	0	0	0	0

- Deriva

Para el cálculo de la deriva en las edificaciones aporticadas diseñadas se determinó un valor límite de $1,6875cm$. La deriva fue calculada mediante la diferencia de los desplazamientos entre un piso y otro, obteniendo los valores mostrados en la Tabla 10.

Tabla 10.

Deriva en las edificaciones

SRC			CFT		
Story	Deriva en X	Deriva en Y	Story	Deriva en X	Deriva en Y
10	0,0700	0,1900	10	0,0600	0,1800
9	0,1000	0,2400	9	0,1200	0,2400
8	0,1500	0,3100	8	0,1900	0,3300
7	0,1900	0,3900	7	0,2400	0,4400
6	0,2400	0,4600	6	0,2900	0,5300
5	0,2500	0,5200	5	0,3200	0,6000
4	0,2900	0,5500	4	0,3700	0,6700
3	0,3000	0,5600	3	0,4100	0,7300
2	0,2800	0,4900	2	0,4300	0,7200
1	0,1500	0,2300	1	0,2900	0,4300
0	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000

• Ratio

Los valores del ratio de las columnas fueron leídos individualmente para cada columna en cada planta, obteniendo como resultado la Tabla 11.

Tabla 11.
 Ratios en las edificaciones

SRC						CFT					
Story	Columna	Ratio	Story	Columna	Ratio	Story	Columna	Ratio	Story	Columna	Ratio
1	A1	0,616	6	A1	0,301	1	A1	0,479	6	A1	0,271
	A2	0,744		A2	0,414		A2	0,594		A2	0,418
	A3	0,616		A3	0,301		A3	0,479		A3	0,271
	B1	0,74		B1	0,345		B1	0,611		B1	0,351
	B2	0,875		B2	0,464		B2	0,823		B2	0,469
	B3	0,74		B3	0,345		B3	0,611		B3	0,351
	C1	0,74		C1	0,345		C1	0,611		C1	0,351
	C2	0,875		C2	0,464		C2	0,823		C2	0,469
	C3	0,74		C3	0,345		C3	0,611		C3	0,351
	D1	0,616		D1	0,301		D1	0,479		D1	0,271
	D2	0,744		D2	0,414		D2	0,594		D2	0,418
	D3	0,616		D3	0,301		D3	0,479		D3	0,271
2	A1	0,438	7	A1	0,274	2	A1	0,342	7	A1	0,245
	A2	0,615		A2	0,385		A2	0,56		A2	0,341
	A3	0,438		A3	0,274		A3	0,342		A3	0,245
	B1	0,569		B1	0,309		B1	0,533		B1	0,281
	B2	0,696		B2	0,331		B2	0,732		B2	0,386
	B3	0,569		B3	0,309		B3	0,533		B3	0,281
	C1	0,569		C1	0,309		C1	0,533		C1	0,281
	C2	0,696		C2	0,331		C2	0,732		C2	0,386
	C3	0,569		C3	0,309		C3	0,533		C3	0,281
	D1	0,438		D1	0,274		D1	0,342		D1	0,245
	D2	0,615		D2	0,385		D2	0,56		D2	0,341
	D3	0,438		D3	0,274		D3	0,342		D3	0,245
3	A1	0,336	8	A1	0,242	3	A1	0,313	8	A1	0,215
	A2	0,46		A2	0,337		A2	0,499		A2	0,297
	A3	0,336		A3	0,242		A3	0,313		A3	0,215
	B1	0,467		B1	0,264		B1	0,471		B1	0,238
	B2	0,588		B2	0,266		B2	0,643		B2	0,252
	B3	0,467		B3	0,264		B3	0,471		B3	0,238
	C1	0,467		C1	0,264		C1	0,471		C1	0,238
	C2	0,588		C2	0,266		C2	0,643		C2	0,252
	C3	0,467		C3	0,264		C3	0,471		C3	0,238
	D1	0,336		D1	0,242		D1	0,313		D1	0,215
	D2	0,46		D2	0,337		D2	0,499		D2	0,297
	D3	0,336		D3	0,242		D3	0,313		D3	0,215

Tabla 11.
Continuación

4	A1	0,294	9	A1	0,22	4	A1	0,275	9	A1	0,204
	A2	0,412		A2	0,301		A2	0,451		A2	0,271
	A3	0,294		A3	0,22		A3	0,275		A3	0,204
	B1	0,349		B1	0,212		B1	0,424		B1	0,187
	B2	0,511		B2	0,201		B2	0,557		B2	0,173
	B3	0,349		B3	0,212		B3	0,424		B3	0,187
	C1	0,349		C1	0,212		C1	0,424		C1	0,187
	C2	0,511		C2	0,201		C2	0,557		C2	0,173
	C3	0,349		C3	0,212		C3	0,424		C3	0,187
	D1	0,294		D1	0,22		D1	0,275		D1	0,204
	D2	0,412		D2	0,301		D2	0,451		D2	0,271
	D3	0,294		D3	0,22		D3	0,275		D3	0,204
5	A1	0,267	10	A1	0,176	5	A1	0,254	10	A1	0,16
	A2	0,376		A2	0,238		A2	0,411		A2	0,208
	A3	0,267		A3	0,176		A3	0,254		A3	0,16
	B1	0,314		B1	0,139		B1	0,354		B1	0,122
	B2	0,445		B2	0,109		B2	0,48		B2	0,085
	B3	0,314		B3	0,139		B3	0,354		B3	0,122
	C1	0,314		C1	0,139		C1	0,354		C1	0,122
	C2	0,445		C2	0,109		C2	0,48		C2	0,085
	C3	0,314		C3	0,139		C3	0,354		C3	0,122
	D1	0,267		D1	0,176		D1	0,254		D1	0,16
	D2	0,376		D2	0,238		D2	0,411		D2	0,208
	D3	0,267		D3	0,176		D3	0,254		D3	0,16

- Cortante basal

Tras haber realizado la corrección del cortante basal en cada una de las estructuras, se obtuvieron los valores correspondientes a cada una de las mismas. El cortante basal en la estructura con columnas SRC tuvo un valor de 32778.95kg , mientras que en la estructura con columnas CFT tuvo un valor de 29802.92kg .

- Comparación entre los dos tipos de estructuras mixtas

Una vez definidos y analizados los valores, datos, tablas y gráficos a ser comparados entre las estructuras aporticadas con columnas SRC y las estructuras aporticadas con columnas CFT se procedió a realizar la comparación entre dichos parámetros.

- Dimensiones de la sección

Desde el punto de vista geométrico, buscando aprovechar al máximo los espacios en la edificación, resulta conveniente utilizar las columnas CFT, quienes en las edificaciones diseñadas obtuvieron secciones de $823,93cm^2$ en todos sus niveles, contra las secciones de la SRC de $2500cm^2$ y $2025cm^2$.

- Rigidez efectiva

En términos de rigidez, las columnas CFT presentan valores más altos en comparación con las columnas SRC, siendo estos de $3.702 \times 10^{10} kgf \times cm^2$ y $0.9cm$ en las primeras, y de $3.411 \times 10^{10} kgf \times cm^2$ y $2.660 \times 10^{10} kgf \times cm^2$, por lo que las CFT permitirán soportar un mayor esfuerzo presentando una menor deformación en ellas.

- Resistencia a la compresión

En lo que se refiere a la resistencia que presenta cada uno de los tipos de columnas mixtas estudiados, es obtuvo que las columnas SRC presentan una mayor resistencia, con valores de $733454.50kg$ y $612575.92kg$, contra los valores de $427788.75kg$ y $381245.75kg$ correspondientes a las columnas CFT.

- Desplazamientos de los nodos

Observando la tabla 9 puede notarse que los desplazamientos en la estructura con columnas CFT son ligeramente mayores que los correspondientes a la estructura con columnas SRC.

- Deriva

En cuanto a la deriva calculada para cada estructura, presentada en la tabla 10, se observa que las diferencias de los desplazamientos serán mayores en la estructura con columnas CFT, sin embargo, estas se mantienen alejadas del valor límite en lo que respecta a las diferencias de los desplazamientos entre los diferentes niveles.

- Ratio

Analizando la tabla 11 correspondientes a los valores de los ratios de las columnas en cada una de las estructuras se observa que las columnas SRC cuentan con una sección un poco más óptima pero riesgosa, al contar con un valor de ratio máximo de 0,875, mientras que las columnas CFT cuentan con un valor máximo un poco más seguro y conservador de 0,823.

- Cortante basal

El valor del cortante basal en la estructura con columnas CFT resulta menor ante la estructura con columnas SRC, siendo estos de $29802.92kg$ y $32778.95kg$ respectivamente, por lo que resulta conveniente el uso de columnas CFT.

Conclusiones

Tras finalizar este proyecto de investigación se obtuvieron los siguientes resultados:

- En la estructura aporticada con columnas SRC, entre las plantas 1 y 5, la sección de la columna fue de $50cm \times 50cm$, conformada por un perfil HEA 200, 4 barras de acero de refuerzo #6 y 4 barras #5, y un área de concreto, para completar un área total de la sección de . Entre las plantas 6 y 10, la sección de la columna fue de $45cm \times 45cm$, conformada por un perfil HEA 200, 8 barras #5, y un área de concreto, para completar un área total de la sección de $2025cm^2$

- En la estructura aporticada con columnas CFT, entre las plantas 1 y 5, la sección de la columna tuvo un diámetro de $32.39cm$, conformada por un perfil tubular de diámetro $12\frac{3}{4}"$ y espesor , y un área de concreto, para completar un área total de la sección de $823.93cm^2$. Entre las plantas 6 y 10, la sección de la columna tuvo un diámetro de $32.39cm$, conformada por un perfil tubular de diámetro $12\frac{3}{4}"$ y espesor $0.9cm$, y un área de concreto, para completar un área total de la sección de $823.93cm^2$.

- Tras diseñar ambas estructuras siguiendo lo planteado por las normas ANSI/AISC 360-10 y ACI 318S-14, se pudieron obtener valores correspondientes a las columnas de resistencia a la compresión, rigidez efectiva, porcentajes de área de cada material, entre otros. Igualmente, tras realizar el diseño con el software Etabs 2016, se obtuvieron valores de desplazamientos en los nodos, de ratio y de cortante basal que se presentan en cada una de las estructuras diseñadas.

- Tras haber finalizado el diseño de cada una de las estructuras y haber realizado la comparación de los datos, valores y tablas obtenidos se llega a la conclusión de que la opción más viable para la construcción de edificaciones aporticadas con columnas mixtas será mediante las columnas tipo CFT, debido a que estas presentan un diseño más óptimo desde el punto de vista de la resistencia, con secciones más pequeñas (lo que se traduce en la reducción de los costos de construcción), una mayor seguridad desde el punto de vista de los ratios obtenidos mediante el software de diseño y que a pesar de presentar mayores desplazamientos, las columnas contarán con una mayor rigidez efectiva en comparación con las columnas SRC.

Referencias Bibliográficas

- ACI (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14)*.
- ANSI/AISC (2010). *Especificación ANSI/AISC 360-10 para construcciones de acero*.
- Carrasco, Herrena, Beltrán y Massone (2010). *Recomendaciones de diseño de columnas mixtas*. <https://www.alacero.org/es/page/publicaciones/recomendaciones-de-diseno-de-columnas-mixtas>
- Carruyo y Finol (2015). *Comportamiento estructural de edificaciones de acero utilizando columnas de sección tubular cuadrada con concreto embutido armado*. (Trabajo Especial de Grado, Universidad Rafael Urdaneta). Maracaibo, Venezuela.
- COVENIN (1756-01). *Edificaciones Sismorresistentes*. Caracas, Venezuela. Fondonorma.
- COVENIN (2002-88). *Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones*. Caracas, Venezuela. Fondonorma.
- COVENIN (2003-86). *Acciones de viento sobre las construcciones*. Caracas, Venezuela. Fondonorma.
- Perea y León (2010). *Análisis y diseño de columnas compuestas de acero estructural y concreto reforzado*. <https://issuu.com/tizianoperea/docs/9789703108183>
- Quishpe (2016). *Estudio teórico experimental de columnas SRC rectangulares y circulares de hormigón reforzadas con perfil de acero tipo "I", sujetas a flexocompresión biaxial*. (Trabajo Especial de Grado, Escuela Politécnica Nacional). Quito, Ecuador.
- Valenzuela (2007). *Aplicación de columnas compuestas CFT al diseño sísmico de edificios en Chile*. (Trabajo Especial de Grado, Universidad de Chile). Santiago, Chile.

Notas Especiales

¹Este trabajo es derivado del Trabajo Especial de Grado, intitulado: "Análisis comparativo del comportamiento estructural de edificaciones aporticadas utilizando columnas mixtas src y cft" presentado en la Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo-Venezuela.

Comportamiento estructural entre edificación aporticadas de concreto aligerado y convencional utilizando losas bubbledeck en zona sísmica¹

Structural behavior between lighthweight and conventional concrete frame buildings using Bubbledeck slabs in seismic zone.

Jesús Acosta, Moisés Méndez y Gerardo Gutiérrez

Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería.
Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela. Correo Electrónico:
achubbys@gmail.com, mendezamaya14@gmail.com y
gerardojgutierrezd@hotmail.com

Recibido: 05-02-2019

Aceptado: 19-07-2019

Resumen

Esta investigación consistió en desarrollar un análisis de una edificación a porticada de concreto aligerado utilizando losas Bubbledeck, que es un sistema estructural relativamente nuevo y sustentable para disponer de información que sirva de base para la comparación estructural con edificaciones a porticadas de concreto convencional utilizando este mismo sistema de losas. Dicho comportamiento se estudió en función de las cargas y los parámetros de diseño y sismoresistencia establecidos por las normativas nacionales (COVENIN) e internacionales (ACI). El objetivo general de la investigación se realizó de la siguiente manera: Se diseñaron cuatro edificaciones aporticadas de concreto aligerado y cuatro edificaciones aporticadas de concreto convencional utilizando losas Bubbledeck de 10 pisos cuyas luces variaron entre nueve y dieciocho metros en una zona sísmica Z3. Dicha investigación fue de tipo descriptiva, utilizando un diseño no experimental.

Palabras clave: Concreto aligerado, losa bubbledeck, comportamiento estructural, estructura aporticada.

Abstract

This research consisted of developing an analysis of a contrived building of lightweight concrete using Bubbledeck slabs, which is a relatively new and sustainable structural system to have information that serves as a basis for structural comparison with conventional concrete constructed buildings using this same system. slabs This behavior was studied in terms of the loads and the design and seismic resistance parameters established by the national (COVENIN) and international (ACI) regulations. The general objective of the investigation was carried out in the following manner: Four lightweight concrete constructed buildings and four conventional concrete constructed buildings were designed using 10-story Bubbledeck slabs whose lights varied between nine and eighteen meters in a Z3 seismic zone. This research was descriptive, using a non-experimental design.

Keywords: Lightweight concrete, bubbledeck slab, structural behavior, contributed structure

Introducción

Conforme avanza la tecnología, las estructuras cada vez se diseñan más eficientes y de mayor tamaño. Un continuo desarrollo en la mecánica de los materiales ha permitido que se puedan lograr estructuras más ligeras y que se adaptan mejor ante las solicitaciones para las cuales son concebidas. Las dimensiones de las edificaciones se determinan tomando en cuenta el peso propio de la estructura y las cargas que éstas soportarán de acuerdo con su uso.

El concreto es utilizado en edificaciones debido a su alta resistencia a la compresión, fácil manejo, durabilidad y bajos costos en comparación con otros materiales. Una de las principales propiedades del concreto es su densidad, la cual varía de acuerdo con la dosificación de agregados que se utilice, mientras más baja sea esta, menor será el peso del

elemento estructural, y por ende, se obtendrá una reducción de las cargas permanentes. Para una estructura específica resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas requeridas.

Esto nos conduce a hallar elementos que tengan las características físico-mecánicas necesarias para comportarse como agregado de baja densidad. Una de las alternativas a los agregados del concreto, es la sustitución del agregado grueso (piedra picada) que compone el concreto convencional, por aliven. Este material hecho de arcilla expandida brinda al concreto una reducción del 30% de su densidad. De esta manera se podría disminuir el peso propio de la estructura generando un menor dimensionamiento de los elementos estructurales y reducir la cantidad de material utilizado en la construcción de edificaciones, atendiendo a los actuales problemas de costos y falta de material.

Además de esto, un sistema estructural de gran importancia en las construcciones son las losas o sistemas de piso. Las cargas en losas actúan de forma perpendicular al plano principal, pueden ser de diferentes formas y configuraciones según la necesidad para la cual se apliquen. En todo momento se busca hacer las losas más ligeras pero cubriendo las mayores distancias posibles buscando así mejorar la productividad y el ahorro de energía en la construcción.

Estudios y análisis han demostrado que las losas macizas de concreto incrementan el peso de la estructura y no son muy recomendables a la hora de trabajar con luces entre columnas de gran distancia. Por tanto, se ha intentado buscar alternativas que ofrezcan un producto que pueda reducir el peso de la estructura y a su vez sea igual de resistente.

Se han planteado diferentes soluciones al problema, como el uso de losas nervadas o losas reticulares que son losas aligeradas, y, con el avance de la tecnología, ha aparecido una propuesta de losas denominada Losas Bubbledeck, que es un elemento de concreto armado aligerado que está compuesto con esferas de polietileno de alta densidad.

Esta losa por ser tan ligera ofrece unas ventajas que antes no se podían obtener, siendo recomendable para luces grandes y permitiendo con su uso el ahorro de concreto, acero y tiempo de construcción.

En base a lo establecido anteriormente, se origina la necesidad de realizar un análisis estructural de edificaciones aporticadas en concreto armado aligerado utilizando losas tipo Bubbledeck, en comparación al de una edificación utilizando concreto convencional y losas tipo reticulares.

El propósito principal de esta investigación fue el de analizar el comportamiento de edificaciones aporticadas de concreto aligerado comparándolas con edificaciones de concreto convencional utilizando losas Bubbledeck. Para el desarrollo de este análisis se hizo necesario diseñar edificaciones de pisos y luces variables entre 9 y 18 metros con concreto aligerado y edificaciones de concreto convencional utilizando losas Bubbledeck para finalmente comparar el comportamiento estructural de dichas edificaciones.

Materiales y Métodos

Primero se determinaron los datos de entrada, aquellos que son exactamente iguales en ambos sistemas estructurales, tales como las propiedades mecánicas de los materiales, la geometría y las cargas externas como lo fueron el sismo y la carga del viento.

En cuanto a las propiedades mecánicas, ambos sistemas estructurales consistieron en pórticos de concreto armado, cuyos materiales contaron con las propiedades mecánicas definidas en la Tabla 1.

Tabla 1.

Propiedades mecánicas de los materiales de la estructura

Propiedades	Concreto	Concreto Aligerado	Acero de Refuerzo
Densidad γ (kgf/m ³)	2400	1610	7850
Resistencia a la compresión $f'c$ (kgf/cm ²)	280	280	-
Resistencia a la cedencia f_y (kgf/cm ²)	-	-	4200
Módulo de Elasticidad E (kgf/cm ²)	252671	227404	2100000
Módulo de Poisson ν (adim)	0,2	0,2	0,3

En cuanto a la geometría de los pórticos, se presentaron cuatro casos geométricos distintos, donde la variable fue la luz de los vanos, que fue de nueve (9), doce (12), quince (15) y dieciocho (18) metros respectivamente para cada caso, medida de centro a centro en los apoyos. Estas variaciones en la geometría de la planta fueron iguales para ambos sistemas estructurales.

La planta, que fue igual en todos los pisos de las edificaciones, se configuró de la siguiente manera: en ambas direcciones se colocó un total de tres vanos, con todas sus luces uniformes, esto para garantizar una mayor confiabilidad al momento de calcular los momentos en losas bidireccionales con el método directo de diseño.

Se tomó una altura entre pisos de tres (3) metros, considerada como una normal para edificaciones con uso de vivienda y un total de diez (10) pisos; de esta manera la altura total de todas las edificaciones es de sesenta (30) metros, considerada como una edificación de mediana altura.

Espectro sísmico de diseño

El coeficiente de aceleración horizontal $A0$ y el factor de importancia sísmica α se obtuvieron mediante las tablas correspondiente respectivamente, tomando en cuenta que la zona sísmica para el estudio fue la zona 3, debido a que el estudio hipotetizó que la edificación a analizar se encontraba en la ciudad de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

La forma espectral se halló considerando la altura determinada por la geometría de la estructura y un suelo denso, donde corresponderían la forma espectral S2 y un factor de corrección ϕ igual a 0,80.

El factor de reducción R se obtuvo considerando un nivel de diseño ND3 y que la estructura consistía en una Tipo I (aporticada).

Los parámetros T^* , β , p , y T^+ , necesarios para construir el espectro de diseño, se hallaron con ayuda de la Norma COVENIN 1756-2001.

La carga de viento

En este caso se aplicaron los procedimientos dictados por la Norma COVENIN 2003-89 “Acciones del Viento sobre las Construcciones”, para la selección del factor de importancia eólica α , la velocidad básica V , que corresponde a 96 Kph para la ciudad de Maracaibo y finalmente las constantes para el cálculo de los parámetros que ayudan a determinar las presiones dinámicas y finalmente la carga de viento. La presión a Sotavento y a laterales se halló con la ecuación 1:

$$Ph = qh \cdot Gh \cdot Cp \quad (1)$$

Luego se procedió a realizar los diseños correspondientes de las edificaciones mencionadas, comenzando con el diseño de edificaciones de 10 pisos y luces variables entre 9 y 18 metros con concreto convencional utilizando losas tipo Bubbledeck.

Predimensionamiento

El espesor de las losas Bubbledeck[®] se obtuvo hallando el valor de la altura útil d en función de la luz L y la relación L/d , considerando que la losa estaba continuamente apoyada, teniendo así un valor de espesor mínimo analíticamente, este valor se comparó con los espesores comerciales y se seleccionó el espesor inmediatamente superior.

La altura y ancho de las vigas se calcularon siguiendo el predimensionamiento establecido por la Norma FONDONORMA 1753-2006. Cabe destacar que la viga se predimensiona en paralelo con la losa, cuando esta se arma en dos direcciones.

Para el predimensionamiento de columnas la carga axial estimada que llega a la columna de la planta baja se calculó con la siguiente ecuación 2:

$$Pa = 1000kg / m^2 \times At \times n \quad (2)$$

El área bruta de la columna se obtuvo en función de la carga axial estimada. Conjuntamente se tomaron en cuenta los requisitos sismorresistentes para el predimensionamiento de columnas exigidos por la norma FONDONORMA 1753-2006.

La carga permanente en losas Bubbledeck®

La carga permanente total que transmite cada losa al pórtico se calculó sumando el peso propio de dicha losa, y los pesos adicionales, como el de acabado Pa (100 Kgf/m²), el de tabiquería Pt (100 Kgf/m²), y el de friso Pf (30 Kgf/m²) para losas de entrepiso, y el peso de friso y de impermeabilización Pi (80 Kgf/m²) para losas de techo, según la norma COVENIN 2002-88

La carga variable

La carga variable, que fue igual para ambos sistemas estructurales, se determinó en función del uso de la edificación, que en este caso fue de vivienda.

Combinación de cargas

Se realizaron análisis estructurales para cada uno de los casos de combinaciones de cargas determinados por la norma FONDONORMA 1753-2006.

Para el diseño de edificaciones de concreto convencional utilizando losas Bubbledeck se utilizó el mismo procedimiento que el utilizado anteriormente para las edificaciones de concreto aligerado, reemplazando el módulo de elasticidad, ya que este se calcula mediante la ecuación 3:

$$Ec := 0,14W_c^{1,5}\sqrt{f'c} \quad (3)$$

Luego de realizar los correspondientes diseños se procedió a la comparación del comportamiento estructural de edificaciones aporticadas de concreto aligerado y edificaciones de concreto convencional utilizando losas Bubbledeck

El análisis del comportamiento de edificaciones utilizando concreto convencional y aligerado está basado en la comparación de los datos resultantes a través de tablas y gráficos para variables como el peso de las edificaciones, la dimensión máxima de vigas y columnas la cortante basal, número de modos de vibración utilizados, desplazamientos máximos, derivas máximas y cantidades de concreto y acero de refuerzo utilizado

Resultados y Discusión

Cargas de viento

Las cargas de viento determinadas según la norma COVENIN 2003-89, e iguales para todas las estructuras estudiadas (ya que la altura en todas las edificaciones fue la misma), se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2.

Cargas de viento.

Nivel	Z (m)	qz (Kgf/m ²)	Pz (Kgf/m ²)	Ph (Kgf/m ²)	Plat (Kgf/m ²)
0	0	16,2	30,0	-30,0	-34,5
1	3	16,2	30,0	-30,0	-34,5
2	6	18,5	30,0	-30,0	-34,5
3	9	22,1	30,0	-30,0	-34,5
4	12	25,1	30,0	-30,0	-34,5
5	15	27,7	30,0	-30,0	-34,5
6	18	30,1	31,4	-30,0	-34,5

Nivel	Z (m)	qz (Kgf/m ²)	Pz (Kgf/m ²)	Ph (Kgf/m ²)	Plat (Kgf/m ²)
7	21	32,2	33,7	-30,0	-34,5
8	24	34,2	35,7	-30,0	-34,5
9	27	36,0	37,7	-30,0	-34,5
10	30	37,8	39,5	-30,0	-34,5

Espectro sísmico

La Figura 1 muestra los distintos valores del espectro sísmico de respuesta y el de diseño, teniendo como ordenadas la aceleración del sismo, y en las abscisas el período de vibración.

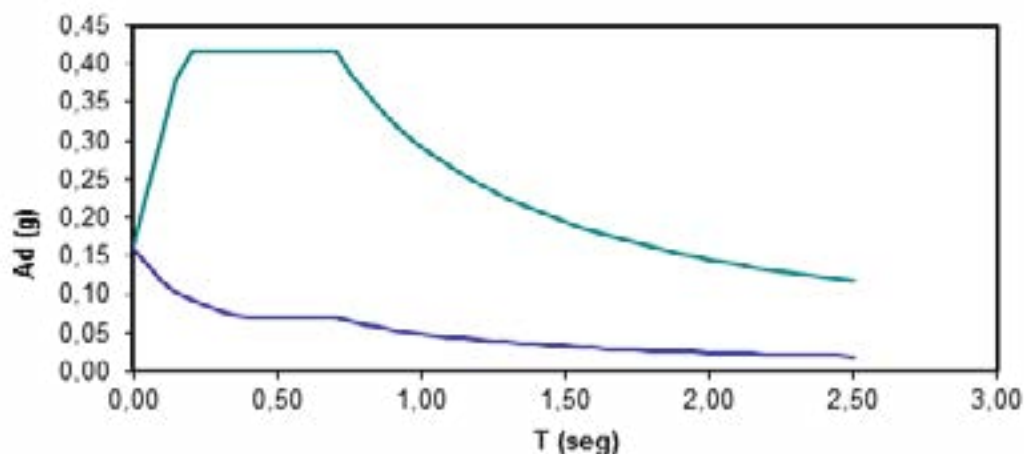


Figura 1. Espectro de respuesta y de diseño

Diseño de losas Bubbledeck

Este diseño se muestra en forma esquemática en la Tabla 3:

Tabla 3.

Dimensiones de las losas Bubbledeck

Dimensiones	Luces (m)			
	9	12	15	18
Modelo utilizado	BD280	BD340	BD450	BD600
Espesor (cm)	28	34	45	60
Diámetro esferas (cm)	22,5	27,0	36,0	45
Separación esferas (cm)	25,0	30,0	40,0	50
Recubrimiento superior (cm)	5,60	5,00	9,40	10,2
Recubrimiento inferior (cm)	2,00	2,00	2,00	2,00

1-. Diseño de edificaciones de 10 pisos y luces variables entre 9 y 18 metros con concreto aligerado utilizando losas tipo Bubbledeck

Siguiendo las ecuaciones, parámetros y requisitos de diseño exigidos por las normas ACI 318S-2014, FONDONORMA 1753-2006, COVENIN 1756-2001, COVENIN-MINDUR 2002-88 y COVENIN 2003-89, se definieron las dimensiones de los elementos y las cantidades de acero que conforman los sistemas estructurales con losas Bubbledeck® para cada caso de estudio.

Las dimensiones de las vigas y columnas, se muestran en la Tabla 4 y 5 respectivamente, estas fueron aumentando conforme se magnificaba la luz entre columnas.

Diseño de vigas

Tabla 4.*Dimensiones de las vigas*

Dimensiones	Luces (m)			
	9	12	15	18
Ancho (cm)	30	35	45	70
Alto (cm)	50	65	85	100
Recb. (cm)	4,00	4,00	4,00	4,00

Diseño de columnas

Tabla 5.*Dimensiones de columnas*

	Luz (m)	9	12	15	18
Dimensiones (cm)	Esquinera	40 x 45	60 x 65	70 x 80	90 x 120
	Borde	50 x 55	70 x 75	95 x 105	145 x 150
	Central	65 x 65	100 x 100	145 x 145	200 x 200

2-. Diseño de edificaciones de 10 pisos y luces variables entre 9 y 18 metros con concreto convencional utilizando losas tipo Bubbledeck

Siguiendo los mismos procedimientos y normativas utilizadas en el diseño de edificaciones con concreto aligerado utilizando losas Bubbledeck, se dimensionaron los elementos estructurales y se detalló el acero de refuerzo para cada uno de ellos, ver Tablas 6 y 7.

Diseño de vigas

Tabla 6.*Dimensiones de las vigas (Concreto convencional)*

Dimensiones	Luces (m)			
	9	12	15	18
Ancho (cm)	30	35	50	80
Alto (cm)	55	75	90	110
Recb. (cm)	4,00	4,00	4,00	4,00

Diseño de columnas

Tabla 7.*Dimensiones de columnas (Concreto convencional)*

	Luz (m)	9	12	15	18
Dimensiones (cm)	Esquinera	45 x 50	55 x 65	75 x 85	100 x 125
	Borde	55 x 60	75 x 85	100 x 110	155 x 160
	Central	75 x 75	105 x 105	150 x 150	210 x 210

3-. Comparación del comportamiento estructural de edificaciones aporticadas de concreto aligerado y edificaciones de concreto convencional utilizando losas Bubbledeck

Comparación de vigas

La Tabla 8 contiene las secciones de la viga de un sistema frente a otro. Se pudo observar que utilizando concreto aligerado fue posible disminuir las dimensiones de la viga entre 5-10cm con respecto a las de concreto convencional.

Tabla 8.

Comparación de las dimensiones de las vigas

Luz (m)	Dimensiones (cm)	
	Concreto aligerado	Concreto convencional
9	30 x 50	30 x 55
12	35 x 65	35 x 75
15	45 x 85	50 x 90
18	70 x 100	80 x 110

Comparación de columnas

De manera similar que, en las vigas, se realizó la comparación las columnas de ambos sistemas. Se puede observar una reducción de las dimensiones de todas las columnas de la estructura de concreto aligerado debido a la disminución del peso propio con respecto a la estructura de concreto convencional en las Tablas 9, 10 y 11.

Tabla 9.

Comparación de las dimensiones de columnas esquineras

Luz (m)	Dimensiones (cm)	
	Concreto aligerado	Concreto convencional
9	40 x 50	45 x 50
12	55 x 65	55 x 65
15	70 x 80	75 x 85
18	95 x 120	100 x 125

Tabla 10.

Comparación de las dimensiones de columnas de borde

Luz (m)	Dimensiones (cm)	
	Concreto aligerado	Concreto convencional
9	50 x 55	55 x 60
12	70 x 75	75 x 85
15	95 x 105	100 x 110
18	145 x 150	155 x 160

Tabla 11.

Comparación de las dimensiones de columnas centrales

Luz (m)	Dimensiones (cm)	
	Concreto aligerado	Concreto convencional
9	65 x 65	75 x 75
12	100 x 100	105 x 105
15	145 x 145	150 x 150
18	200 x 200	210 x 210

Comparación del cortante basal

En todos los casos se llevó el cortante basal obtenido al mínimo exigido por norma mostrado en la Tabla 12.

Tabla 12.

Comparación del cortante basal y el factor V_0/V

Luz (m)	Cortante Basal (kgf)			
	Concreto aligerado	V_0/V	Concreto convencional	V_0/V
9	109.437	1,02	118.458	-
12	219.508	1,12	227.824	0,93
15	419.494	1,04	496.251	-
18	842.698	-	1.093.884	-

La Tabla 12 muestra el aumento creciente del cortante basal, mostrando un comportamiento del cortante basal en la edificación de concreto convencional mayor que en la edificación de concreto aligerado debido a que las fuerzas sísmicas acumuladas en la base son superiores.

Desplazamientos máximos

En la Tabla 13 se presenta un resumen de los resultados referentes a los desplazamientos máximos para cada edificación.

Tabla 13.

Comparación de los desplazamientos máximos

Luz (m)	Desplazamiento (cm)	
	Concreto aligerado	Concreto convencional
9	5,64	4,15
12	4,86	3,68
15	4,47	3,64
18	3,66	2,99

Como se observó los desplazamientos máximos en el último piso de cada edificación, son menores conforme va aumentando la luz de ambas estructuras.

Cantidades de concreto

La Tabla 14 contiene la cantidad de concreto total de todas las estructuras, a partir de la cual se obtienen los porcentajes de concreto ahorrado por parte del sistema con concreto aligerado en luces de 9, 12, 15 y 18 metros.

Tabla 14.

Cantidades de concretos totales

Luz (m)	Concreto Aligerado (m³)	Concreto Convencional (m³)
9	1725,53	1800,13
12	3678,21	3814,41
15	7528,00	7822,60
18	13720,08	14640,88

Como se puede observar para estructuras con luces de 7 y 9 metros el ahorro de concreto utilizando losas Bubbledeck sobre pórticos de concreto aligerado es ligeramente significativo. A partir de luces de 15 metros obtenemos un ahorro importante en cuanto a la cantidad de concreto.

Cantidades de acero

La Tabla 15 contiene la cantidad de acero total de todas las estructuras, mostrando el ahorro que se consigue en cuanto al acero de refuerzo mediante el uso del concreto aligerado en estas estructuras.

Tabla 15.

Cantidades totales de acero

Luz (m)	Acero (kg)	
	Concreto Aligerado	Concreto Convencional
9	430987,89	462618,44
12	919441,51	958855,52
15	2708548,00	2774584,65
18	4050947,46	4310885,28

Peso de la estructura

El peso de las edificaciones, conformado por los pesos de los miembros de concreto, del acero refuerzo y de la carga permanente adicional (friso, acabados y tabiquería), se aprecia en la Tabla 16 y se encuentra medido en toneladas fuerza (tf).

Tabla 16.

Peso de las edificaciones

Luz (m)	Peso (ton)	
	Concreto Aligerado	Concreto Convencional
9	5976,01	6461,52
12	12027,67	12380,72
15	23005,07	23916,96
18	42428,62	47488,14

Se aprecia que para luces de 9 y 12 metros no es conveniente en este aspecto el uso de concreto aligerado, solo a partir de las edificaciones con luces de 15 metros en adelante se puede observar una reducción significativa del peso utilizando concreto aligerado con respecto a las edificaciones de concreto convencional utilizando losas Bubbledeck.

Conclusiones

Una vez culminado el análisis y la discusión de resultados, tomando en cuenta la interrogante formulada en el primer capítulo, y los indicadores tabulados en el cuadro de variables, se obtuvieron las siguientes conclusiones

- La utilización de concreto aligerado empleando el sistema de losas Bubbledeck permite una reducción de las dimensiones de los elementos estructurales (vigas y columnas) de hasta 10 cm con respecto a la edificación de concreto convencional.

- En cuanto a la cantidad de material a utilizar, se observó que las edificaciones diseñadas utilizando concreto aligerado generan mayor ahorro, en cuanto al concreto se produce ahorros entre 4 y 6 % en comparación con las estructuras de concreto convencional. Para el acero de refuerzo requerido se ve un ahorro de un 3 hasta 6%. En ambos casos las estructuras de concreto aligerado que alcanzaron los mayores porcentajes de ahorro fueron aquellas con luces de 9 y 18 metros.

- Ambos sistemas poseen un comportamiento similar en cuanto a parámetros sísmicos (cortante basal y deriva). Se obtuvo que las derivas máximas generadas son un poco mayores en las edificaciones de concreto aligerado, y que las fuerzas cortantes acumuladas en la base llegan a ser superiores en las edificaciones de concreto convencional, aumentando progresivamente con el aumento de la luz.

- Con respecto al peso, se pudo observar una reducción no muy significativa en las estructuras con luces de 9 y 12 metros de concreto aligerado, siendo las estructuras de 15 y 18 metros las más efectivas en este aspecto con respecto a la edificación de concreto convencional. Esto favorece la trabajabilidad en obra, y además de la reducción de secciones de vigas y columnas, también se llega a reducir las dimensiones de las fundaciones.

Referencias Bibliográficas

- ACI (318:2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*. Norma n.º 318. Estados Unidos de América.
- Amaya, T. y Galindo, B. (2014). *Análisis del comportamiento y Aplicación de losas Bubbledeck*. (Trabajo Especial de Grado, Universidad de Cuenca). Cuenca, Ecuador.
- Bravo y Rincón. (2013). *Evaluación del uso de muros estructurales de corte como elementos sismorresistentes en edificios aporticados de concreto armado*. (Trabajo Especial de Grado, Universidad Rafael Urdaneta) Maracaibo, Venezuela.
- Björson, G. (2003). *Bubbledeck: The two way hollow deck*. <http://www.bubbledeck.com>
- Bubbledeck® Design Guide. (s.f.). *The Biaxial Hollow deck- The way to new solutions*.
- Bubbledeck International. (s.f.). *The Lightweight Biaxial Slab*.
- Bubbledeck®-UK. (2006). *Lighter Flat Slab Structures with Bubbledeck*. Reino Unido.
- Bubbledeck® Slab Properties. (2006). *Bubbledeck Voided Flat Slab Solutions- Technical Manual and Documents*.
- COVENIN (316:2000). *Barras y rollos de acero con resaltes para uso como refuerzo estructural* (4^{ta} Rev.). Norma n.º 316. Caracas, Venezuela.
- COVENIN (1756-1:2001). *Edificaciones Sismorresistentes. Parte 1: Articulado* (1^{era} Rev.). Norma n.º 1756. Caracas, Venezuela.
- COVENIN (1977:1983). *Tubos de polietileno de alta densidad para la conducción de gas natural*. Norma n.º 1977. Caracas, Venezuela. Fondonorma.
- COVENIN (2000/II.A-1992). *Mediciones y codificación de partidas para estudios, proyecto y construcción. Parte II.A: Edificaciones*. Norma n.º 2000. Caracas, Venezuela. Fondonorma.

Notas Especiales

¹Este trabajo es derivado del Trabajo Especial de Grado, intitulado: “Estudio comparativo del comportamiento estructural de edificaciones aporticadas de concreto aligerado vs edificaciones de concreto convencional utilizando losas bubbledeck en zona sísmica tipo 3” presentado en la Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo-Venezuela.

Propuesta de un sistema de referencia para la clasificación de edificaciones¹

Proposal of a reference system for the classification of buildings.

Arianna Casarin, Caterina Gutiérrez y Michele Casarin

Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería.
Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela. Correo Electrónico:
ariannamcn@gmail.com, cgutierrezlaya@gmail.com y
michelecasarin22@gmail.com

Recibido: 05-02-2019
Aceptado: 19-07-2019

Resumen

El trabajo de investigación tuvo como objetivo principal proponer un nuevo sistema de referencia para la clasificación de las edificaciones según su eficiencia energética y estrategias de sustentabilidad. Para llegar a esto, se debió analizar la ordenanza sobre calidad térmica de edificaciones en el Municipio Maracaibo respecto a su cumplimiento, su ahorro energético de aire acondicionado y sus valores límites; comparar la ordenanza que se utiliza actualmente en el Municipio Maracaibo con ordenanzas, certificaciones y sistemas de clasificación de otros países y formular un nuevo sistema de referencia para la clasificación de las edificaciones según su eficiencia energética y estrategias de sustentabilidad, demostrando su funcionalidad en proyectos previamente realizados en base a la ordenanza sobre calidad térmica vigente en el Municipio Maracaibo. Los principales autores utilizados fueron Cruz, Manuel, Morales Y Claret (2009); Rosales (2007); Siem (2007); Almao, Reyes, Quirós y Luzardo (2005). La investigación se realizó a través del análisis documental, obteniendo valores y métodos de cálculo del consumo energético, calidad térmica y ecuaciones e información general sobre el sistema de clasificación de OCATEM y otras certificaciones a nivel mundial para poder generar el nuevo sistema "CEESDE", formado por 5 categorías de distinto peso, siendo éstas: "Ahorro energético", "Eficiencia en el consumo de agua", "Ambiente", "Materiales y recursos" y "Educación e Innovación". La calificación total es de 100 puntos más 5 puntos extra. Para la aprobación de las edificaciones se requiere un mínimo de 20 puntos en la categoría de ahorro energético, la que sugiere un porcentaje de ahorro de al menos 48% por debajo de los valores ahorrados por OCATEM. La clasificación final irá de aprobada (1 estrella) hasta 5 estrellas (máximo). Se aplicó la certificación al proyecto "SEI" calificado anteriormente como calidad térmica "Plata" y obteniendo en CEESDE dos estrellas. Se verificó un ahorro de la energía embebida del 25%.

Palabras clave: Sustentabilidad, eficiencia energética, ambiente.

Abstract

The main objective of the research work was to propose a new reference system for the classification of buildings according to their energy efficiency and sustainability strategies. In order to achieve this, it was necessary to analyze the ordinance on thermal quality of buildings in the Municipality of Maracaibo regarding its compliance, its energy saving of air conditioning and its limit values; compare the ordinance currently used in the Maracaibo Municipality with ordinances, certifications and classification systems of other countries and formulate a new reference system for the classification of buildings according to their energy efficiency and sustainability strategies, demonstrating their functionality in projects previously made based on the ordinance on thermal quality in force in the Municipality of Maracaibo. The main authors used were Cruz, Manuel, Morales and Claret (2009); Rosales (2007); Siem (2007); Almao, Reyes, Quirós and Luzardo (2005). The research was carried out through documentary analysis, obtaining values and calculation methods of energy consumption, thermal quality and equations and general information on the OCATEM classification system and other certifications worldwide to generate the new system "CEESDE", formed by 5 categories of different weight, being these: "Energy saving", "Efficiency in water consumption", "Environment", "Materials and resources" and "Education and Innovation". The total score is 100 points plus 5 extra points. For the approval of the buildings a minimum of 20 points is required in the energy saving category, which suggests a saving percentage of at least 48% below the values saved by OCATEM. The final classification

will go from approved (1 star) to 5 stars (maximum). The certification was applied to the project “SEI” previously qualified as “Silver” thermal quality and obtaining in CEESDE two stars. A saving of the embedded energy of 25% was verified.

Keywords: Sustainability, energy efficiency, environment

Introducción

Se determinó hace tiempo que existe una relación directa entre el calentamiento global y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, las que hacen que este cambio climático se produzca al absorber la energía proveniente del sol sin dejar que ésta escape. Hoy en día, se acepta que las actividades humanas son las que contribuyen a este cambio climático.

Según el Programa de Ambiente de las Naciones Unidas, UNEP (2009), se estima que en el presente las construcciones contribuyen aproximadamente a un tercio de las emisiones de gases de efecto invernadero totales, primeramente por el uso de combustibles fósiles durante la fase de operación del edificio, para satisfacer necesidades de calentamiento, ventilación, aire acondicionado, agua, iluminación y telecomunicaciones, representando un 80% de las emisiones totales de gases a la atmósfera; lo que resta, del 10 al 20%, se atribuye a la energía embebida incluyendo manufactura de materiales, transporte y construcción. Estas cifras son válidas tanto en países en desarrollo como en aquellos por desarrollar. Si no se hace nada al respecto, la tasa de emisiones puede llegar a doblar su número en los próximos 20 años.

Afortunadamente, según UNEP (2009) el sector con el mayor potencial por un cambio significativo en las emisiones de los gases de efecto invernadero a la atmósfera es el de la construcción. Si se toman las medidas adecuadas en la fase operativa del edificio, se puede llegar a reducir de un 30 a 80%. Debe ser una meta así para todos los países, el llegar a reducir las emisiones de gas al menos un 50% en 40 años para evitar unos de los peores escenarios del cambio climático.

Teniendo en consideración dichas cifras, se ha propuesto la idea de desarrollo sustentable, la cual supone mantener niveles de crecimiento y desarrollo de la población mundial a través de métodos que estén basados en el uso de energías y recursos renovables y no agotables, en el reciclado de materiales reutilizables, en nuevas formas de comercio y consumo basados en la presencia de productos orgánicos, sanos y que no transformen el medio ambiente. Asimismo, se busca fomentar el uso de recursos que no requieran de un extenso transporte, ya que se ha demostrado que este factor es uno de los que genera mayores daños al ecosistema.

Basado en este enfoque se han desarrollado a nivel mundial regulaciones e incentivos **para el diseño, edificación y gestión de edificios sostenibles y ecoeficientes. Dentro de estos incentivos se pueden mencionar la Certificación LEED y la Certificación Energética de Edificios (CENED).** Ambas consisten principalmente en la certificación de la edificación o construcción de acuerdo a la eficiencia energética que poseen, reconocimientos que hacen que un proyecto suba de status tanto económico como social, puesto que el desarrollo sustentable es un tema perseguido por todos los usuarios en la actualidad.

En relación a lo anteriormente expuesto, por ser Venezuela el país con el consumo eléctrico per cápita más alto de la región, el Ministerio del Poder Popular para la Energía eléctrica desarrolló el llamado “Plan Banda Verde” para hacer a los usuarios tomar conciencia y cultivar nuevos hábitos de consumo eléctrico que contribuyan a la preservación del planeta (Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica). De la misma manera, al Maracaibo ocupar el primer lugar en el consumo de electricidad per cápita en Venezuela y Latinoamérica, se creó la denominada “Ordenanza sobre Calidad Térmica de las Edificaciones en el Municipio Maracaibo” (OCATEM), con el objetivo de optimizar el diseño de las edificaciones desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envolvente, obteniéndose como beneficios un mejor confort de los ocupantes y ahorro de energía por la disminución tanto de la capacidad a instalar equipos de enfriamiento como de la carga térmica a remover.

Sin embargo, esta ordenanza no toma en consideración cargas térmicas por infiltración ni cargas internas y no ataca otros parámetros de sustentabilidad como reducción de consumo de agua y de energía embebida en el proyecto, por lo que se considera pertinente modificar el sistema de referencia que clasifica las edificaciones según su calidad térmica por uno que lo califique según su eficiencia energética y estrategias de sustentabilidad, es decir, teniendo en consideración los factores ya mencionados, logrando disminuir, en un mayor porcentaje, las emisiones de gases invernaderos hacia la atmósfera.

De esta manera, tomando en cuenta todos estos factores, se planteó como objetivo proponer un nuevo sistema de referencia para la clasificación de las edificaciones según su eficiencia energética y estrategias de sustentabilidad en el Municipio Maracaibo. Para esto se analizó la ordenanza sobre calidad térmica de edificaciones en el Municipio Maracaibo, se comparó la ordenanza que se utiliza actualmente en el Municipio Maracaibo con ordenanzas, certificaciones y sistemas de clasificación de otros países y, por último, se formuló un nuevo sistema de referencia para la clasificación de las edificaciones según su eficiencia energética y estrategias de sustentabilidad, demostrando su funcionalidad en proyectos previamente realizados en base a la ordenanza sobre calidad térmica vigente en el Municipio Maracaibo.

Materiales y Métodos

La metodología para dar solución a la problemática, está constituida por tres (03) objetivos específicos, considerando:

- En el análisis de la Ordenanza sobre Calidad Térmica de Edificaciones en el Municipio Maracaibo se estudiaron los antecedentes de la misma, se realizó una recolección de datos en los registros de la Oficina Municipal de Planificación Urbana, (OMPU) acerca de los resultados obtenidos con la aplicación de esta Ordenanza, conociendo el porcentaje de edificios con calidad térmica oro, plata y bronce, para así lograr estimar el porcentaje de ahorro energético logrado y utilizarlo como referencia para el nuevo sistema, además se determinaron los factores que han funcionado, es decir, que han logrado un aporte significativo de ahorro energético, y aquellos que no.
- La comparación de la Ordenanza actual con otras ordenanzas, certificaciones y sistemas de clasificación de otros países referentes a la eficiencia energética y estrategias de sustentabilidad en edificaciones consistió en determinar los aspectos y criterios más relevantes de cada una para así comparar cada una con OCATEM y lograr observar los factores faltantes en esta última que deben ser propuestos en el nuevo sistema de referencia.
- La formulación del nuevo sistema se inició dividiendo todos los factores requeridos para que una edificación se considere sustentable y eficiente energéticamente, estableciendo los criterios a evaluar en ellos y asignándoles un rango de puntuación a cada uno para poder clasificar la edificación según su puntaje final, añadiendo una categoría de bonificaciones otorgadas al cumplir aspectos adicionales a los requeridos en los ya establecidos. Finalizando al establecer la nueva forma de clasificación según el puntaje obtenido formalmente realizando la propuesta del nuevo sistema de referencia.
- Se comprobó la eficacia del nuevo sistema de referencia comparando los porcentajes de ahorro con los obtenidos con OCATEM y aplicándolo a un proyecto para demostrar cómo es el funcionamiento del mismo.

Resultados y Discusión

Al desarrollar los objetivos planteados siguiendo la metodología previamente mencionada, se obtuvo como resultado lo siguiente:

1. Análisis de la Ordenanza sobre Calidad Térmica de Edificaciones en el municipio Maracaibo respecto a su cumplimiento, su ahorro energético de aire acondicionado y sus valores límites.

Los requisitos que deben cumplir las edificaciones para aprobar la Ordenanza, se expresan por medio de un límite que determina la ganancia de calor a través de la envolvente denominado Valor de Transferencia Térmica Global (VTTG) expresado en W/m^2 , clasificándolas como oro (VTTG menor o igual a 42 en paredes y menor o igual a 17,50 en techo), plata (VTTG en paredes en mayor a 42 y menor o igual a 48 y en techo mayor a 17,50 y menor o igual a 20), bronce (VTTG mayor a 48 y menor o igual a 54 en paredes y en techo mayor a 20 y menor o igual a 22,50), y aprobado (VTTG mayor a 54 y menor o igual a 60 en paredes y mayor a 22,50 y menor a igual 25 en techos).

Esta Ordenanza la aplica actualmente la Oficina Municipal de Planificación Urbana (OMPU) en Maracaibo, así se pudieron obtener datos de interés de las edificaciones aprobadas en calidad térmica desde los años 2007 al 2017, obteniéndose un total de 738 certificaciones, se observan los resultados a continuación:

De los resultados obtenidos de la realización de una gráfica sobre la tendencia en el tiempo del sello de calidad térmica de las edificaciones entre los años 2007 y 2017, se obtuvo que en los primeros años el sello de calidad térmica “Oro” era el más común entre las edificaciones, seguido de la calidad térmica “Aprobada”. Sin embargo, se observó una gran caída del “Oro” sustituido por “Aprobado” como sello de calidad térmica de mayor tendencia para el año 2010.

En un gráfica realizada con los porcentajes de cada sello de calidad térmica del año 2007 al 2017 es visible el hecho que en 10 años la mayor cantidad de sellos de calidad térmica han estado en el orden de aprobación, con 278 proyectos de 738, representando un 38% del total, seguido por “oro”, con 31%, bronce con 17% y plata con 14%.

Según el porcentaje de rangos de valores de sellos de calidad térmica oro obtenido, se observa que la mayor parte de las edificaciones se encuentran en el rango del VTTG entre 30 y 42 W/m² con tres cuartas partes del total. Existe una certificación denominada “Oro” que no corresponde a los límites dictados por la misma ordenanza

Entre las viviendas certificadas entre el 2007 y el 2017 se verifica que en todas las categorías la mayor cantidad de viviendas son de tipo multifamiliar, con 82 proyectos “Oro” y 100 “Aprobados”, siguiendo a la vivienda multifamiliar, con 79 proyectos “Oro” y 87 “Aprobados” siguen las edificaciones de tipo comercial, con 40 proyectos “Aprobados”, El resto lo conforman de tipo educativo, asistencial, bifamiliar, hoteles, centros comerciales y oficinas.

Calculando los valores promedios de VTTG para proyectos sin sello de calidad térmica se obtuvo un promedio de 70 y 180 W/M² en paredes y techo respectivamente para 243 viviendas unifamiliares y 67 y 40W/M² para 279 multifamiliares, lo que se traduce a un consumo total de 45301,5 W/M². Mientras que en los proyectos con sello de calidad térmica para viviendas unifamiliares y multifamiliares con un valor de VTTG de 42 W/M² en paredes y 17,5W/M² en techo para ambos casos en oro con 161 viviendas, 48 W/M² y 20 W/M² en plata para 80 viviendas, 54 W/M² y 22,5 W/M² en bronce con 94 viviendas y 60 W/M² y 25 W/M² en aprobado para 187 viviendas, obteniendo un valor de consumo total de 38105,5 W/M².

Estimando el porcentaje de ahorro, partiendo del valor de 35% de ahorro en edificaciones con calidad oro, se obtuvo un 27,50% de ahorro en plata, 20% en bronce y 12,50% aprobado. Los resultados arrojados por la OMPU, demostraron un metraje total de 5.563.740 m² que obtuvieron la calidad térmica, de ellos un 40,17% corresponde a Oro, un 13,45% a Plata, 17,50 % a Bronce y 28,87% a Aprobado. Con esto se pudo obtener un porcentaje real de ahorro por eficiencia de aire acondicionado de un 24,87%, en los últimos 10 años.

2. Comparación de la ordenanza que se utiliza actualmente en el Municipio Maracaibo con ordenanzas, certificaciones y sistemas de clasificación de otros países.

Etiqueta Nacional de Conservación de Energía (ENCE)

- Considera el desempeño térmico de la envolvente, la eficiencia y potencia del sistema de iluminación y aire acondicionado para la clasificación

- Cada componente tiene un peso que se usa en la ecuación para determinar la clasificación final de la edificación. Clasifica a las edificaciones de A (más eficiente) a E (menos eficiente) y Considera bonificaciones para un punto extra para sistemas de racionamiento del agua potable, fuentes de energía renovables y ascensores que obtengan A.

- Método esencialmente cualitativo.

- Toma en cuenta la energía consumida por el agua caliente sanitaria por ser un país con cuatro estaciones.

- Es voluntario. Obligatorio para los edificios públicos. No da incentivos fiscales

Certificación energética de los edificios civiles e industriales (CENED)

- Debe satisfacer requisitos para calentamiento del ambiente y del agua caliente sanitaria, refrescamiento del ambiente e iluminación.

- No considera pesos para cada componente. Clasifica a las edificaciones de A (más eficiente) a G (menos eficiente) y no considera puntos extras para su clasificación.

- Método esencialmente cuantitativo. Programa de cálculo CENED⁺

- Una novedad de la directiva es la obligación de señalar la prestación energética indicada en anuncios comerciales de venta o locación del edificio.

“Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente” (Norma IRAM 11900)

- Considera el desempeño térmico de la envolvente. Esta norma está destinada a todo edificio susceptible de ser calefaccionado.

- No considera pesos para cada componente. Clasifica a las edificaciones de A (más eficiente) a H (menos eficiente) y clasifica de acuerdo a los límites de variación media ponderada de temperatura y no considera puntos extras para su clasificación.

- Método esencialmente cuantitativo. Programa de cálculo IRAM 11900.
- Es voluntario. No existe ningún parámetro que tome en cuenta la publicidad.

Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED)

- Considera la eficiencia energética de las edificaciones y diversas estrategias de sustentabilidad
- Cada componente tiene un puntaje máximo establecido de acuerdo al nivel de importancia e impacto al medio ambiente.
- Clasifica las edificaciones en platino (mayor puntaje), oro, plata y bronce (menor puntaje). Posee dos categorías adicionales para acumular 10 puntos extras los cuales son: Innovación en el diseño y prioridad regional.
- Método con aspectos cuantitativos y cualitativos
- Acceso a incentivos fiscales.

Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (PCES)

- Debe satisfacer requisitos en: energía, agua, residuos sólidos, calidad de vida y responsabilidad social, impacto ambiental y otros impactos
- Cada criterio tiene un peso establecido de acuerdo a la cantidad de beneficios ambientales de los mismos.
- Clasifica a las edificaciones de acuerdo a un sistema de puntaje como cumplimiento (menor nivel), eficiencia y excelencia (mayor nivel) y la suma de las puntuaciones máximas puede llegar a 120 puntos, sin embargo, las edificaciones sólo pueden llegar a obtener 100 puntos en su certificación.
- Método esencialmente cuantitativo.
- Otorga incentivos fiscales.

3. Formulación de un nuevo sistema de referencia para la clasificación de las edificaciones según su eficiencia energética y estrategias de sustentabilidad, demostrando su funcionalidad en proyectos previamente realizados en base a la Ordenanza sobre Calidad Térmica vigente en el Municipio Maracaibo.

La certificación, llamada Certificación de Eficiencia energética y Sustentabilidad de Edificaciones (CEESDE), evalúa 5 categorías: ahorro energético (50 puntos), eficiencia en el consumo de agua (10 puntos), ambiente (25 puntos), materiales y recursos (15 puntos) y educación e innovación (5 puntos), siendo esta última una categoría de puntos adicionales. Esto significa un total de 100 puntos más 5 de bonificaciones.

El sistema clasifica las edificaciones por estrellas, dependiendo del puntaje logrado. Correspondiendo la primera estrella a la aprobación del proyecto, para la cual es necesario conseguir entre 20 y 25 puntos en la categoría de ahorro energético, “dos estrellas” al lograr entre 25 y 45 puntos, “tres estrellas” al obtener entre 45 y 70 puntos, “cuatro estrellas” al conseguir entre 70 y 90 puntos, y se le otorga “cinco estrellas” a aquellas edificaciones con un puntaje mayor a 90 puntos.

La categoría “ahorro energético” es la de mayor ponderación, ya que se toma en cuenta la eficiencia del sistema de aires acondicionados, la iluminación, la eficiencia de los equipos y la producción de energía, siendo la categoría con mayor potencial de ahorro, logrando con la puntuación mínima (aprobado) un 48% más de ahorro que la antigua ordenanza y en la mayor puntuación pudiendo lograr hasta un 100% de ahorro. Un rango máximo en “Ahorro energético” genera 16.85 kgCO₂/m² año (reducción del 69%), y el mínimo con una puntuación de 20 puntos es de 28.31 kgCO₂/m² año (reducción del 48%).

Se le da mayor ponderación a eficiencia del sistema de aires acondicionados, por representar hasta el 76% de la energía consumida, y a la producción de energía ya que la demanda de energía eléctrica se está satisfaciendo con energía renovable.

En el resto de las categorías se evalúan aspectos para disminuir y contrarrestar la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera, a través de la reducción de la energía embebida de la edificación, siendo ambiente la mayor ponderada, al

evaluar la presencia de áreas verdes y la preservación de las mismas. Así como el uso eficiente del agua. La evaluación se resume en la Tabla 1:

Tabla 1.

Resumen de las puntuaciones por criterios e indicadores

“Certificación de eficiencia energética y sustentabilidad en edificaciones”, CEESDE			
Categoría “Ahorro energético”			
Criterios		Indicadores	Puntuación
1. Eficiencia del sistema de aire acondicionado	OPCIÓN 1	VTTG (W/m²)	Hasta 7 pts
		Infiltración del aire	Hasta 2 pts
		Cargas internas por iluminación	Hasta 3 pts
		Eficiencia del equipo de aire acondicionado	Hasta 3 pts
		Ventilación	Hasta 6 pts
		Eficiencia del sistema y controles de A/C	Hasta 3 pts
	OPCIÓN 2	Consumo de energía eléctrica anual por aire acondicionado del proyecto en Kwh/m² año	Hasta 24 pts
2. Iluminación	OPCIÓN 1	Potencia instalada de dispositivos de iluminación artificial en espacios interiores de la edificación (W/m²)	Hasta 3 pts
		Daylight factor	Hasta 2 pts
		Sistemas de control lumínico	Hasta 1 pto
	OPCIÓN 2	Consumo eléctrico total anual por iluminación de la edificación en kWh/m² año	Hasta 6 pts
3. Eficiencia de los equipos		Cargas internas por equipos (W/m2)	Hasta 2 pts
4. Producción de energía		Producción de energía eléctrica anual en kWh/m² año	Hasta 9 pts
		Porcentaje de agua caliente generada con sistemas de energía solar con respecto a la requerida	Hasta 9 pts

Tabla 1.
 Continuación

Categoría “Eficiencia en el consumo del agua”		
Criterios	Indicadores	Puntuación
1. Captación y uso de las aguas pluviales	¿La edificación cuenta con un sistema de captación y aprovechamiento del agua pluvial para uso de inodoros, limpieza del inmueble, riego, aire acondicionado, sistema contra incendio, o algún otro que logre abastecer un 25% de la demanda de agua de la edificación para tales motivos?	4 puntos
2. Tratamiento y reutilización de aguas grises o combinación de aguas grises y negras	¿La edificación cuenta con una planta de tratamiento in situ que permita su reutilización para descargas de inodoros, limpieza de pisos exteriores y banquetas o algún otro uso, que logre cubrir al menos un 10% de la demanda total de la edificación para dichos fines?	2 puntos
3. Tecnología para el uso eficiente del agua potable	Presencia en la edificación de dispositivos para reducción del consumo de agua	Hasta 3 puntos
4. Sistema de riego eficiente y automatizado	¿La edificación cuenta con sistemas de riego por goteo o por aspersión y bajo control automático?	1 punto
Categoría “Ambiente”		
Criterios	Indicadores	Puntuación
1. Vegetación	Naturación horizontal y/o vertical en las edificaciones (m2)	Hasta 4 pts
	Respeto de los árboles existentes (m2)	Hasta 3 pts
	Presencia de cubierta vegetal o “Techo verde”	2 pts
	Porcentaje de vegetación cubierto con especies nativas respecto al total usado en la edificación	Hasta 2 pts
2. Ubicación y transporte	Presencia de bici estacionamientos en el proyecto	1 pto
	Transporte público	Hasta 3 pts
3. Topografía	¿El proyecto cuenta con medidas de estabilización y controles estructurales para minimizar el impacto negativo de las actividades de construcción durante los movimientos de tierra?	Hasta 4 pts
4. Pretratamiento de aguas negras	Presencia en la edificación de un sistema de drenaje con tamices o rejillas para el tratamiento preliminar de las aguas negras antes de su disposición al sistema de alcantarillado municipal	2 pts
5. Residuos sólidos	Presencia en la edificación de equipos que puedan llevar a cabo la recolección separada de residuos orgánicos e inorgánicos valorizables o no valorizables.	1 pto
	Presencia en la edificación de cuartos de almacenamiento que posean superficies lisas, sistemas de ventilación, suministro de agua y facilidad en el acceso	1 pto
	La edificación garantiza la adecuada disposición de los residuos bien sea a través del aseo municipal o a través de medios propios.	1 pto
Categoría “Materiales y recursos”		
1. Reutilización de estructuras, áreas y materiales existentes	¿El proyecto logró reutilizar y aprovechar estructuras, áreas y materiales existentes?	Hasta 9 pts
2. Uso de materiales reciclables y reciclados en el proyecto	¿El proyecto empleó materiales reciclables o reciclados propuestos en esta certificación?	Hasta 3 pts
3. Uso de materiales locales	¿Los materiales y productos utilizados para la construcción de las edificaciones fueron extraídos y fabricados en un radio no mayor a 250km del lugar del terreno?	Hasta 3 pts

Tabla 1.
Continuación

Categoría “Educación e Innovación”		
Criterios	Indicadores	Puntuación
1. Educación	¿El proyecto cuenta con medios de difusión informativa sobre las características y estrategias que hacen que se comporte como una edificación sustentable y eficiente energéticamente?	Hasta 1 pto
	¿La edificación cuenta con información permanente (panfletos, placas, pantallas, entre otras) que permite dar a sus usuarios y transeúntes el conocimiento del comportamiento de la edificación, ahorro energético generado anualmente por sus instalaciones, recomendaciones para un buen mantenimiento y seguimiento del proyecto, entre otros?	Hasta 1 pto
2. Innovación en el diseño	¿El proyecto demuestra el uso de estrategias y tecnologías innovadoras para el cumplimiento de la certificación y reducción de impacto ambiental?	Hasta 2 pts
3. Prioridad regional	¿El proyecto atiende problemáticas regionales?	Hasta 1 pto

La edificación SEI logró la obtención de 2 estrellas, al alcanzar 23 puntos en la categoría ahorro energético, 10 puntos en ambiente, 5 puntos en materiales y recursos, 4 puntos en educación e innovación y ningún punto en la categoría eficiencia en el consumo de agua, para un total de 42 puntos.

La evaluación de la edificación SEI se resume en la tabla 2:

Tabla 2.
Puntuación dada a SEI por criterios

“Certificación de eficiencia energética y sustentabilidad en edificaciones”, CEESDE			
Categoría “Ahorro energético”			
Criterios	Indicadores		Puntuación
1. Eficiencia del sistema de aire acondicionado	OPCIÓN 1	VTTG (W/m ²)	5
		Infiltración del aire	2
		Cargas internas por iluminación	3
		Eficiencia del equipo de aire acondicionado	1
		Ventilación	6
		Eficiencia del sistema y controles de A/C	1
2. Iluminación	OPCIÓN 1	Potencia instalada de dispositivos de iluminación artificial en espacios interiores de la edificación (W/m ²)	2
		Daylight factor	1
		Sistemas de control lumínico	1
3. Eficiencia de los equipos		Cargas internas por equipos (W/m ²)	2
4. Producción de energía		Producción de energía eléctrica anual en kWh/m ² año	0
		Porcentaje de agua caliente generada con sistemas de energía solar con respecto a la requerida	0
Categoría “Eficiencia en el consumo del agua”			
1. Captación y uso de las aguas pluviales		¿La edificación cuenta con un sistema de captación y aprovechamiento del agua pluvial para uso de inodoros, limpieza del inmueble, riego, aire acondicionado, sistema contra incendio, o algún otro que logre abastecer un 25% de la demanda de agua de la edificación para tales motivos?	0

Tabla 2.
 Continuación

Criterios	Indicadores	Puntuación
2.Tratamiento y reutilización de aguas grises o combinación de aguas grises y negras	¿La edificación cuenta con una planta de tratamiento in situ que permita su reutilización para descargas de inodoros, limpieza de pisos exteriores y banquetas o algún otro uso, que logre cubrir al menos un 10% de la demanda total de la edificación para dichos fines?	0
3.Tecnología para el uso eficiente del agua potable	Presencia en la edificación de dispositivos para reducción del consumo de agua	0
4.Sistema de riego eficiente y automatizado	¿La edificación cuenta con sistemas de riego por goteo o por aspersión y bajo control automático?	0
Categoría “Ambiente”		
1.Vegetación	Naturación horizontal y/o vertical en las edificaciones (m2)	1
	Respeto de los árboles existentes (m2)	0
	Presencia de cubierta vegetal o "Techo verde"	0
	Porcentaje de vegetación cubierto con especies nativas respecto al total usado en la edificación	2
2. Ubicación y transporte	Presencia de bici estacionamientos en el proyecto	0
	Transporte público	1
3.Topografía	¿El proyecto cuenta con medidas de estabilización y controles estructurales para minimizar el impacto negativo de las actividades de construcción durante los movimientos de tierra?	4
4. Pretratamiento de aguas negras	Presencia en la edificación de un sistema de drenaje con tamices o rejillas para el tratamiento preliminar de las aguas negras antes de su disposición al sistema de alcantarillado municipal	0
5. Residuos sólidos	Presencia en la edificación de equipos que puedan llevar a cabo la recolección separada de residuos orgánicos e inorgánicos valorizables o no valorizables.	0
	Presencia en la edificación de cuartos de almacenamiento que posean superficies lisas, sistemas de ventilación, suministro de agua y facilidad en el acceso	1
	La edificación garantiza la adecuada disposición de los residuos bien sea a través del aseo municipal o a través de medios propios.	0
Categoría “Materiales y recursos”		
1.Reutilización de estructuras, áreas y materiales existentes	¿El proyecto logró reutilizar y aprovechar estructuras, áreas y materiales existentes?	0
2.Uso de materiales reciclables y reciclados en el proyecto	¿El proyecto empleó materiales reciclables o reciclados propuestos en esta certificación?	3
3.Uso de materiales locales	¿Los materiales y productos utilizados para la construcción de las edificaciones fueron extraídos y fabricados en un radio no mayor a 250km del lugar del terreno?	3
Categoría “Educación e Innovación”		
1. Educación	¿El proyecto cuenta con medios de difusión informativa sobre las características y estrategias que hacen que se comporte como una edificación sustentable y eficiente energéticamente?	1

Tabla 2.
Continuación

Crterios	Indicadores	Puntuación
	¿La edificación cuenta con información permanente (panfletos, placas, pantallas, entre otras) que permite dar a sus usuarios y transeúntes el conocimiento del comportamiento de la edificación, ahorro energético generado anualmente por sus instalaciones, recomendaciones para un buen mantenimiento y seguimiento del proyecto, entre otros?	0
2. Innovación en el diseño	¿El proyecto demuestra el uso de estrategias y tecnologías innovadoras para el cumplimiento de la certificación y reducción de impacto ambiental?	2
3. Prioridad regional	¿El proyecto atiende problemáticas regionales?	1

- De los resultados obtenidos se puede interpretar lo siguiente:

1. Análisis de la Ordenanza Sobre Calidad Térmica de Edificaciones en el municipio Maracaibo.

• El sello de calidad térmica “Oro” era el más común entre las edificaciones en los primeros años, seguido de la calidad térmica “Aprobada”; el obtener oro como mayor tendencia en estos años se puede deber a los incentivos fiscales que esta categoría implicaba, eliminados en el 2010 por lo que se sustituye por “Aprobado” a partir de este año.

• Se demuestra que es relativamente sencillo alcanzar calidad “Oro”, al este representar un 31% del total, después de aprobado que representa el 38%, cuando debería ser la certificación más compleja. Por lo que se deben modificar los parámetros para la clasificación de edificaciones.

• Se pudiera añadir otra categoría entre los valores de calidad térmica de 0 a 30 W/m² generando un mayor reto para las construcciones. Además, esto es importante que el proyecto sea verificado por distintas personas preparadas para tal tarea.

• Se verifica que en todas las categorías la mayor cantidad de viviendas son de tipo multifamiliar, que son las viviendas más complicadas por metraje de lograr un cambio significativo de disminución del valor de transferencia térmica y de eficiencia energética.

• Se obtiene una reducción de los valores de transferencia térmica global de paredes y techos de hasta un 57% en los últimos 10 años en los proyectos de viviendas unifamiliares y multifamiliares. Se pudo llegar a reducir aproximadamente 34 KW/m²/año, sabiendo que el promedio actual es de 300 KW/m²/año.

2. Comparación de la ordenanza que se utiliza actualmente en el Municipio Maracaibo con ordenanzas, certificaciones y sistemas de clasificación de otros países.

• A diferencia de OCATEM todas las certificaciones evalúan estrategias de sustentabilidad ambiental para lograr un mayor ahorro y así, un impacto de mayor magnitud.

• Al igual que CENED, OCATEM no otorga pesos a sus componentes a la hora de evaluarlos, mientras que las otras ordenanzas si lo otorgan de acuerdo al nivel de importancia del criterio a evaluar, por lo que el nuevo sistema debería tomarlo en cuenta.

• Cada certificación tiene un modo diferente de clasificar las edificaciones, lo que significa que el nuevo sistema debe tener su forma de evaluar única.

• Algunas certificaciones, a diferencia de OCATEM, añaden categorías para un puntaje extra y así lograr un mayor puntaje, que es de gran ayuda a los proyectos y al implementarlas también se ayuda al ambiente.

• Ninguna certificación es obligatoria, sin embargo la mayoría otorga algún tipo de incentivo, a diferencia de OCATEM que al retirar los incentivos fiscales se volvió obligatoria.

3. Formulación de un nuevo sistema de referencia para la clasificación de las edificaciones según su eficiencia energética y estrategias de sustentabilidad, demostrando su funcionalidad en proyectos previamente realizados en base a la Ordenanza sobre Calidad Térmica vigente en el Municipio Maracaibo.

- Se le asignó a cada categoría un peso de acuerdo a la capacidad de ahorro que cada uno poseía. Además, la clasificación empleada es única y original de CEESDE.
- Se tomaron en cuenta estrategias de sustentabilidad ambiental para lograr tener un mayor impacto en la reducción de dióxido de carbono.
- El sistema logra la reducción de la energía embebida ya que, evalúa aspectos como la presencia de grande áreas verdes, por lo que existe un alta captación del CO₂ emitido, el uso de especies nativas al ser estas más resistentes al clima y requerir menos transporte, el uso de transporte público o fuentes alternas de transporte para reducir las emisiones de vehículos individuales, el aprovechamiento de materiales y estructuras existentes y el uso de materiales reciclables y reciclados.
- Ya que cada proyecto emplea de manera distinta las categorías de reducción de energía embebida, en cada uno se debe calcular el ahorro de CO₂ logrado de manera individual.
- Se logra observar en la evaluación de la edificación SEI que CEESDE tiene una mayor exigencia, lo que lleva a un mayor ahorro, que OCATEM, ya que según OCATEM es clasificada como plata, la segunda categoría más alta de cuatro existentes, mientras que en CEESDE se encontraba en la cuarta de cinco, logrando dos estrellas de cinco.
- Según el puntaje obtenido en la categoría “Eficiencia energética” la edificación SEI logró alrededor de un 76,90% de ahorro energético, y según la tesis de Sulbarán en el 2017, alcanzó un 25% de energía embebida.

Conclusiones

Una vez finalizada la investigación se concluye, lo siguiente:

- Los límites de VTTG que se usan para la clasificación en la Ordenanza sobre Calidad térmica son correctos ya que generan un gran porcentaje de ahorro en aire acondicionado, por lo que se usaron para formar parte de la categoría “Ahorro energético” como uno de los indicadores del nuevo sistema de referencia “CEESDE” para medir la eficiencia de los aires acondicionados. Observando que gran porcentaje de las edificaciones con calidad térmica “Oro” poseían valores desde 30 a 42 W/m², significa que se puede agregar una puntuación para aquellos que logren VTTG menores a 30 W/m².
- En los primeros años, el sello “oro” era el más común en las edificaciones. Hasta que en 2010 fue cambiado por el “aprobado” al eliminar los incentivos fiscales. Esto puede significar que la búsqueda de la máxima clasificación persigue a una recompensa que se podría reconsiderar para futuras ordenanzas.
- En 10 años se redujo el VTTG de las edificaciones certificadas hasta en un 57% (siendo bastante significativo). De este resultado se obtuvo el porcentaje de ahorro energético, estimado a partir del aporte de ahorro en aire acondicionado de cada categoría, siendo de un 24,87% y obteniéndose de éste el porcentaje de ahorro eléctrico de un 18,90%, que es un resultado bastante elevado dado a las condiciones. Sin embargo, este valor puede aumentar incluso más si se toma en cuenta otros parámetros y logre no sólo la reducción de la energía eléctrica por aire acondicionado, sino que reduzca considerablemente las emisiones de CO₂ a la atmósfera.
- Las cinco ordenanzas analizadas para la formulación del sistema De referencia “CEESDE” toman en cuenta un gran número de criterios referentes a la eficiencia energética y sustentabilidad en edificaciones a diferencia de OCATEM, que solo considera el desempeño térmico de la envolvente, por lo que tienen un mayor impacto y un nivel de exigencia más alto en sus categorías.
- Cada certificación tiene un sistema de clasificación personalizado que se adapta a los criterios tomados en cuenta y la forma de evaluación de los mismos. Se consideran de mayor practicidad y facilidad para el certificador aquellos aspectos que son evaluados cuantitativamente.
- Todas las certificaciones ofrecen algún tipo de incentivo bien sea incentivos fiscales o publicidad y prestigio para la edificación.
- El sistema de referencia “CEESDE” cuenta con cinco categorías, en donde aquella que posee mayor ponderación es “Ahorro energético” puesto que uno de los objetivos del trabajo de investigación es la reducción de la energía

eléctrica y dicha categoría engloba electricidad generada por aires acondicionados, electrodomésticos e iluminación. El criterio de Aire acondicionado es el que tiene ponderación mayor, ya que hoy en día representa hasta un 76% de la energía total consumida.

- Para evaluar el aire acondicionado se tomaron indicadores que generan el consumo, como el VTTG, la infiltración del aire y las cargas internas y se colocó la misma ponderación que aquellos factores que disminuyen el uso del aire, como la ventilación y la misma eficiencia.

- La producción de energía a través de fuentes renovables es otro criterio que tiene alta ponderación, puesto que puede llegar a generar toda la electricidad requerida para una edificación y que posea un consumo 0, siendo totalmente sustentable.

- La categoría “Ambiente” es la segunda con mayor ponderación, ya que aporta ahorro a la energía embebida del proyecto, por lo que el criterio de mayor peso es la vegetación, que disminuye la cantidad de CO₂ que pueda ser producido por la edificación, transformándolo en oxígeno. El resto de la categoría influye en la reducción del CO₂ producido por transporte y maquinarias.

- OCATEM ha obtenido un porcentaje de ahorro eléctrico de 18,90%. Se estimó el porcentaje de ahorro por parte de la categoría “Ahorro Energético” de CEESDE por encima de aquel propuesto por OCATEM de un mínimo de 48% para el rango entre 20 y 30 puntos; si el rango de puntuación está entre 30 y 40 puntos se puede traducir en un ahorro de más del 70% de la energía eléctrica total consumida y entre 40 y 50 puntos se puede traducir en un consumo nulo de energía eléctrica, ya que es una edificación que produce la energía que requiere para su operación a través de fuentes renovables.

- Mientras que OCATEM sólo consideraba la carga térmica, CEESDE toma en cuenta infiltraciones, ventilación, eficiencia del aire, cargas internas, electricidad consumida por aparatos e iluminación, y además varias estrategias de sustentabilidad.

- La edificación SEI, que obtuvo una calidad térmica “Plata”, representando el segundo nivel de clasificación en OCATEM, con el que se pudo obtener una reducción de consumo eléctrico de hasta 20,9%, obtuvo 43 puntos en CEESDE, siendo dos estrellas, que es el cuarto nivel de la certificación y con el que pudo obtener una reducción de consumo eléctrico de hasta 63%.

Referencias Bibliográficas

- Almao, N., Reyes, V., Quirós, C y Luzardo, A. (2005). Hacia una normativa sobre la calidad térmica de las edificaciones en Maracaibo. *Tecnología y Construcción*, 21 (3).
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de investigación*. (6ta edición). Editorial episteme.
- Consejo Municipal del Municipio Maracaibo, *Ordenanza sobre calidad térmica de edificaciones en el Municipio Maracaibo* (2005). Maracaibo, Venezuela.
- Dettenborn, J. (2017). *Estudio comparativo entre la certificación energética de Brasil y España*. Centros de Estudio de Postgrado. Universidad de Jaén.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Norma IRAM 11.900. (2010).
- Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC). *Ahorro de Energía Eléctrica en Edificaciones Públicas*. Caracas, Venezuela.
- LEED, (2018). *Impact category and point allocation development process*. U.S. Green Building Council. V4. <https://new.usgbc.org/leed-v4>.
- Liziero, M. (s.f.). *Corso per certificatore energetico di edifici civili e industriali in regione Lombardia*. Politecnico di Milano. Dipartimento di energia
- Siem, G. (2007), *Simulation of the thermal performance of low cost houses in Venezuela to improve thermal comfort*, Revista de la Facultad de Ingeniería.
- Secretaría del medio ambiente, gobierno del distrito federal. México DF. (2006). *Programa de certificación de edificaciones sustentables, PCES*.

- Sosa, M. y Siem, G. (2004), *Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico*. Caracas, Venezuela. IDEC.
- Sulbarán, V. (2017). *Análisis del ciclo de vida de una construcción destinada a edificación residencial en Venezuela como técnica de gestión ambiental*. (Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Urdaneta) Maracaibo, Venezuela.
- UNI/TS 11300-1. *Prestazioni energetiche degli edifici, parte 1: determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale*. Ente Italiano di Normazione. Octubre del 2014
- Universidad Central de Venezuela, Vol. 22 N. 4. Caracas Venezuela. Sosa, M y Siem, G. (2002). *Guía del consumidor de energía eléctrica en viviendas y oficinas*. Caracas, Venezuela.

Nota Especiales

¹Este trabajo es derivado del Trabajo Especial de Grado, intitulado: Propuesta de un nuevo sistema de referencia para la clasificación de edificaciones según su eficiencia energética y estrategias de sustentabilidad ambiental en el municipio Maracaibo”. presentado en la Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo-Venezuela.

Incidencia en el comportamiento estructural y el requerimiento de material de armaduras típicas de acero para puentes vehiculares¹

Incidence in the structural behavior and the requirement of material of typical steel armours for vehicular bridges.

Francis Cedeño, Eduardo Ling y Gerardo Gutiérrez

Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería.
Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela. Correo Electrónico: franciscedenovivas@gmail.com, lingeduardo@gmail.com y gerardojgutierrezd@hotmail.com

Recibido: 05-02-2019

Aceptado: 19-07-2019

Resumen

El objetivo principal de este trabajo es determinar la incidencia en el comportamiento estructural y el requerimiento de material de armaduras típicas de acero para puentes vehiculares, con el fin de proveer un análisis preliminar de este tipo, ofreciendo una base sustentada del tema, que pueda ser usado en proyectos futuros. Para lograr el objetivo fue necesario geometrizar el puente vehicular y cada armadura típica de acero, ante un mismo diseño de carga, seguidamente se modela cada puente de armadura típica (Warren, Pratt y Howe) con la ayuda del software CSI Bridge obteniendo dimensiones de los perfiles de acero a utilizar, resultados del comportamiento estructural, calculando posteriormente el requerimiento de material para cada modelo y finalmente se presenta un análisis comparativo, del comportamiento manifestado por la estructuras y la comparación de la cantidad de material que requiere cada una de ellas. Durante la investigación fueron consultados los siguientes autores Muir, E. y Corona, L. (2011) Díaz, M. y Sánchez, M. (2017) y Ramos, H. (2010). Esta investigación fue de tipo descriptiva y documental, no experimental-transaccional. Las características del puente puesto en estudio, es de claro corto con longitud de 15 metros, simplemente apoyado con una sección transversal de 9 metros de ancho y la superestructura ha demostrado ser capaz de sobreponerse a la realidad de las cargas a las que ha sido sometida, entre ellas los vehículos pesados que circulan por la carretera venezolana.

Palabras Clave: Puente, armaduras, comportamiento estructural, cantidad de material.

Abstract

The main objective of this work is to determine the incidence on the structural behavior and the requirement of typical steel reinforcement material for vehicular bridges, in order to provide a preliminary analysis of this type, offering a supported base of the subject, which can be used in future projects. To achieve the objective it was necessary to geometrize the vehicular bridge and each steel reinforcement, before the same load design, then each bridge of typical reinforcement is modeled (Warren, Pratt and Howe) with the help of the CSI Bridge software obtaining dimensions of the steel profiles to be used, results of structural behavior, subsequently calculating the material requirement for each model and finally a comparative analysis of the behavior manifested by the structures and the comparison of the amount of material required by each of them. During the investigation, the following authors were consulted: Muir, E. and Corona, L. (2011) Díaz, M. and Sánchez, M. (2017) and Ramos, H. (2010). This investigation was descriptive and documentary, not experimental-transactional. The characteristics of the bridge put in study, is of clear short with length of 15 meters, simply supported with a cross section of 9 meters of width and the superstructure has demonstrated to be able to surpass to the reality of the loads to which it has been submitted, among them the heavy vehicles that circulate along the Venezuelan highway.

Key words: Bridge, reinforcement, structural behavior, quantity of material.

Introducción

En función a que el propósito de esta investigación fue analizar el comportamiento estructural en los puentes de armaduras típicas para claros cortos en acero estructural y el requerimiento de material de cada una de ellas, a partir de los resultados logrados permitió la comparación del comportamiento de las estructuras, así como las cantidades de material, para que en situaciones futuras esta investigación pueda ayudar a resolver problemas sobre este tema y se tome la decisión adecuada sobre cual armadura se debe utilizar para la realización de un proyecto de puentes de armadura para claros corto.

En Venezuela, existen puentes con varios años de antigüedad sometidos a escasos mantenimientos y también requerimientos de nuevas estructuras de este tipo. La investigación busca aportar una solución a estas necesidades presentando varias alternativas de puentes vehiculares en acero, específicamente los puentes de armaduras de tipo (Pratt, Howe y Warren).

La investigación estudia el comportamiento estructural y el requerimiento de material de cada una de las alternativas planteadas, esta propuesta debe lograrse a través de un estudio, con la ayuda de software CSI Bridge que modela, analiza y dimensiona estructuras de puentes, ya que resulta de importancia tener un análisis preliminar de este tipo de estructuras, para tener un sustento en proyectos futuros.

Los puentes vehiculares de armaduras, fabricados en acero, han aportado una buena solución dado a su fácil fabricación y el acero como material presenta características convenientes como es el caso de la uniformidad, alta resistencia por unidad de peso, además sus propiedades no cambian apreciablemente en el tiempo.

Gracias a la construcción de puentes en acero las estructuras pueden ser sustituidas rápidamente en tiempo record, lo que significa que un puente de armadura es apropiado para la fabricación. Siendo también una de las estructuras más recomendable para puentes de emergencia. Las armaduras de acero tienen la ventaja de poder ser prefabricadas por piezas, de modo que pueden ser ensambladas por medio de varios tipos de conexión, como: remaches, pernos o tornillos, soldaduras, entre otros. Por tal razón este tipo de puente vehicular se ejecuta en menor tiempo que estructuras similares construidas en otro material, como por ejemplo el concreto armado.

En la actualidad, emerge la necesidad de optimizar la cantidad de material a utilizar en la estructura, como también ofrecer un buen comportamiento de la misma y así garantizar altos niveles de seguridad a los usuarios.

Al momento del diseño y el análisis del comportamiento estructural, los criterios que se emplean están basados tanto en la resistencia como en la deformación, para los cuales la sección obtenida, no debe presentar fallas ante las solicitaciones de servicio (acciones permanentes, variables, y acciones accidentales) a las que estará sometida, para la deformación a nivel de deflexión que pudiese experimentar bajo dichas cargas, deberá cumplir con los límites que establecen las normas.

En el caso de las estructuras metálicas el comportamiento estructural depende de las características del acero como material, pasando por aspectos como el control de la deflexión en las vigas durante la construcción y el control de una posible falla prematura por fatiga cuando el puente esté en servicio. También se hace primordial en la fabricación, considerar las condiciones climáticas a las cuales están sometidas estas estructuras, debido a que en algunos casos la corrosión juega un papel importante ante el posible deterioro de las mismas.

Ahora bien, para lograr todo lo anteriormente descrito, se plantea definir la geometría del puente vehicular y de las armaduras típicas de acero, definir las cargas de diseño las cuales están constituidas por las cargas permanentes, variables y factor de impacto en el caso especial del desarrollo de este trabajo, procediendo al diseño del puente vehicular para cada armadura típica de acero con la ayuda de un software que CSI Bridge (2017) que modela, analiza y dimensiona estructuras de puentes, determinando de esta manera el comportamiento estructural y la cantidad de material requerido de cada puente de armadura típica de acero, posteriormente se analizan los resultados del comportamiento estructural obtenido y el requerimiento de material de cada armadura típica de acero a través de un sistema comparativo.

Materiales y Métodos

Se puede describir que el presente trabajo de grado se estableció como tipo descriptivo, ya que se llevó a cabo bajo los procedimientos establecidos en las normas AASHTO para la geometrización y determinación de cargas para

el puente vehicular y armaduras típicas de acero donde a través de las normas COVENIN se analizó el comportamiento estructural y requerimiento de material arrojado por el estudio.

Igualmente, se puede decir que la investigación es no experimental, debido a que en el estudio no se construye ninguna situación, sino que se observó situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente, donde se utilizaron las mismas dimensiones, condiciones y materiales para el diseño de las armaduras (Pratt, Howe y, Warren) en puentes vehiculares de acero estructural, y posterior a ello la determinación del requerimiento de material.

También puede decirse que la investigación se considera como documental ya que se utilizó como referencia métodos y normas ya establecidos bajo fuentes bibliográficas, es decir, se basó en recolectar información de las normas AASHTO y en la norma venezolana COVENIN sin ser modificadas o alteradas, para que esta sirva de soporte para una buena realización del diseño de puentes de armaduras en acero.

La recolección de datos en la investigación, estuvo fundamentada bajo la técnica de observación documental, en la cual se obtuvo la información necesaria para el conocimiento y cumplimiento de los objetivos planteados. Se realizó una revisión de distintos tipos de documentos, como lo son libros orientados a el área de Ingeniería civil, específicamente a la construcción de puentes de acero estructural y análisis de armaduras, los siguientes trabajos especiales de grado, Muir y Corona (2011), Díaz, M. y Sánchez, M. (2017), Ramos, H. (2010) Cálculo estructural de puentes en acero por el método de factor de diseño, carga y resistencia LRFD. Díaz y Sánchez (2017) Análisis sísmico de una estructura de puente en forma de arco en concreto armado y en acero estructural. Normas COVENIN, Método de los estados límites 1618:1998, Criterio de acciones mínimas para el proyecto de edificaciones 2002:1988 y Estructuras de acero para edificaciones. Para el diseño de puentes se tomó en cuenta la tradicional Norma Standard Specifications for Highway Bridges de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Además, se utilizó el software CSI Bridge (2017) para simular el comportamiento de los distintos tipos de armaduras a las que será sometido el puente vehicular.

El desarrollo de la solución del problema, contempla la selección de tres muestras de puentes de armadura distintos, sometidas a igual sollicitaciones de carga, tomando cada una de ellas para la aplicación de la metodología de la investigación estructurada en 04 objetivos específicos, a saber:

Definición de la geometría del puente vehicular y de las armaduras típicas de acero.

Para llevar a cabo el desarrollo de este objetivo, se establecieron los siguientes criterios:

- La longitud del puente es de 15 metros definido como un puente corto sin apoyos intermedios.
- El ancho de la vía es de dos canales de circulación donde cada canal tiene una dimensión de 3,65m para velocidades normales, siendo este un puente sin aceras se dispone al uso de burladeros con una dimensión de 0.55m para prever el paso ocasional de peatones y bordillos a los extremos de una longitud de 0,30 m.
- Geometría de los elementos de la armadura son : Portal 5,41 m; cordón superior 7,50 m; cordón inferior 15 m; montantes 3,90 m y diagonales 5,41.
- La longitud de cada larguero es de 15m y las vigas de piso 9,40 m ajustándose de esta manera a la geometría del puente vehicular.
- El galibo mínimo libre es de 3.90 m.

Definición de las cargas de diseño.

- Para calcular la carga muerta, se determinó el peso propio de la losa, peso de la capa asfáltica y el peso propio del bordillo.
- Para la determinación de la carga de viva diseño se extrajo de la Norma AASHTO el vehículo de diseño para el análisis de las estructuras. Que para efectos de este trabajo investigativo fue utilizado el modelo HS-20.
- Factor de impacto.

Se determinó empleando la ecuación 1:

$$I = \frac{50}{L + 125} \leq 0.30 \quad (1)$$

Realización del diseño del puente vehicular para cada armadura típica de acero, determinando su comportamiento estructural y la cantidad de material requerido

Se empleó el software CSI Bridge 2017 para la idealización de la estructura del puente de acero estructural. Se modeló las distintos puentes de armadura obteniendo la dimensión de los perfiles de acero del tablero y de la armadura, así mismo el comportamiento estructural evaluando momentos máximos (Ton x m), deflexión máxima en las vigas. (mm), relación de demanda-capacidad, a cada uno de ellos, posteriormente el cálculo del requerimiento de material a través de un análisis de cómputos métricos.

Análisis de los resultados obtenidos determinando el comportamiento estructural y el requerimiento de material de cada armadura típica de acero.

Finalizado el diseño del puente de acero aplicando cada armadura típica (Warren, Pratt y Howe) se realizó una comparación de dichas estructuras con la finalidad de analizar los resultados obtenidos en cada variable de interés (momentos máximos (Ton x m), deflexión máxima en las vigas. (mm) y requerimiento de material), cumpliendo con el objetivo general del trabajo especial de grado.

Resultados y Discusión

Para la geometría de los puentes vehiculares se tomaron varios factores, que influyeron en la decisión de los perfiles a utilizar para ello se tomó en cuenta las condiciones de los apoyos. En la Figura 1 se describe con detalles la sección transversal del puente.

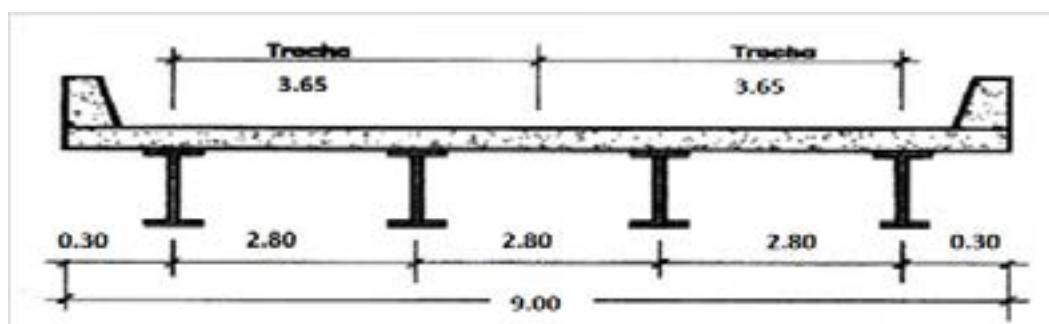


Figura 1. Corte de la sección transversal del puente

En la Tabla 1 y Figuras 2 y 3 se muestran las dimensiones de los todos los elementos que constituyen cada tipo de puente. Asimismo, en la Tabla 2 se especifica el espesor de la losa del tablero.

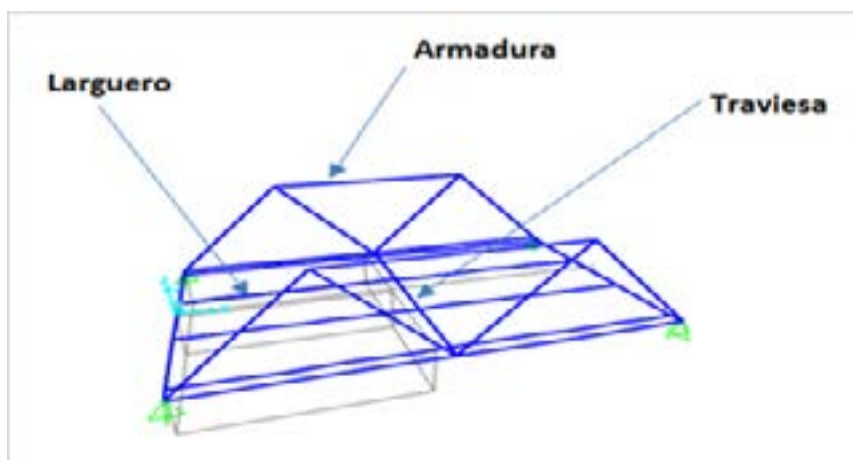


Figura 2. Elementos del puente. Vista 3D

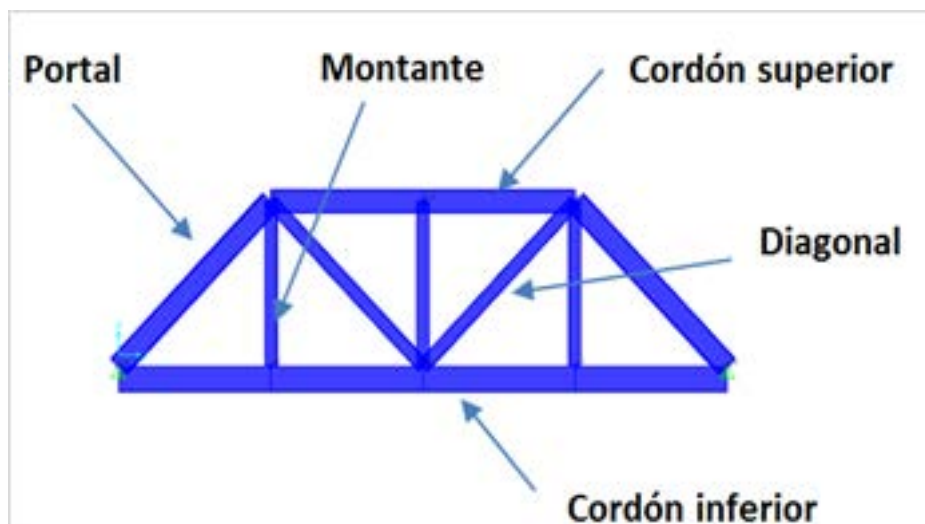


Figura 3. Elementos del puente. Corte.

Tabla 1.*Dimensiones de elementos del puente.*

Tipo de Armadura	Warren	Pratt	Howe
Tablero			
Largueros	W18×76	W16×36	W16×36
Vigas de piso	W30×124	W24×94	W24×94
Armaduras			
Portal	W21×62	W21×62	W21×62
Cordón superior	W21×62	W21×62	W21×62
Cordón inferior	W30×90	W24×55	W24×55
Montantes	W12×22	W12×16	W12×26
Diagonales	W12×22	W12×16	W12×26

Tabla 2.*Espesor de la losa del tablero.*

Tipo de elemento	Losa de tablero
Espesor (m)	0.20

De igual manera, en las Figuras 4, 5 y 6 se muestran las dimensiones y los elementos de la armadura cuyos nodos presentan la condición de ser rígidos.

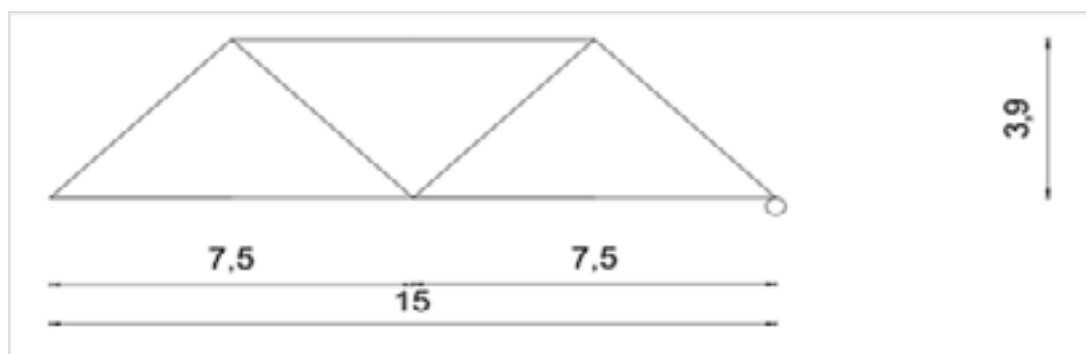


Figura 4. Vista lateral de la armadura Warren.

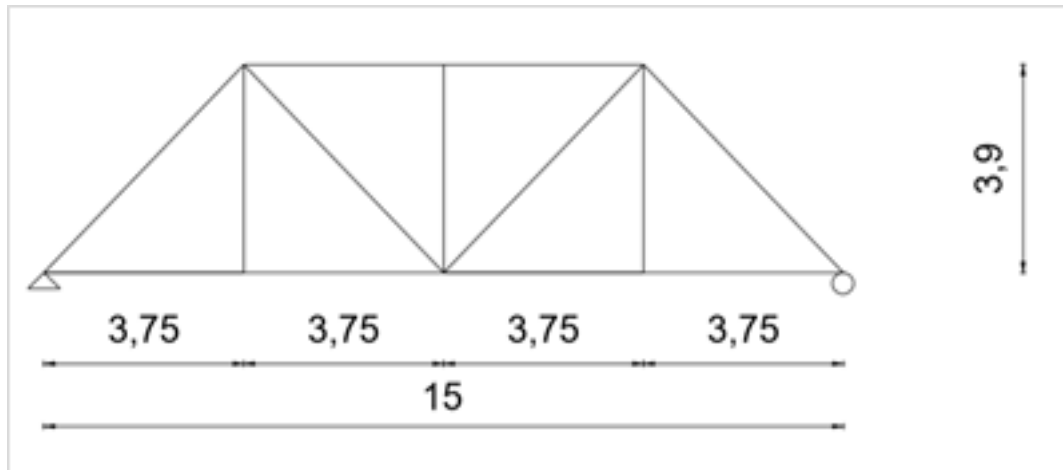


Figura 5. Vista lateral de la armadura Pratt.

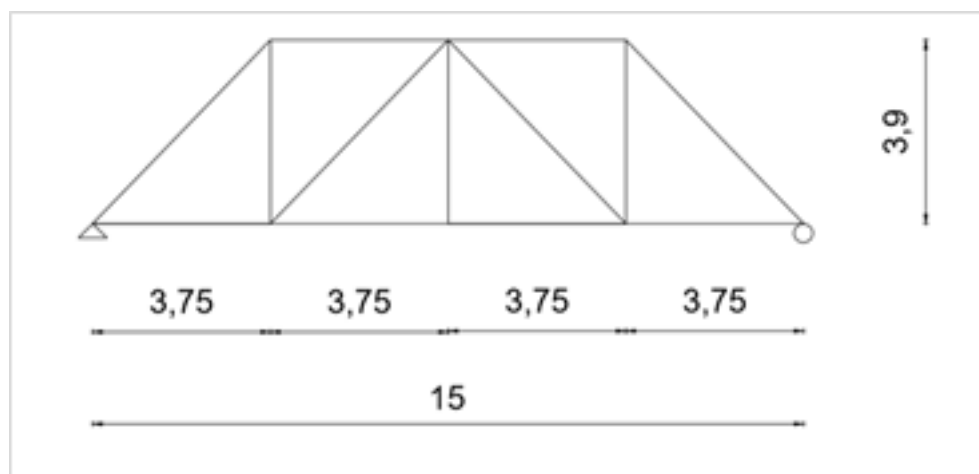


Figura 6. Vista lateral de la armadura Howe.

Se modeló en el programa CSI Bridge 2017 las distintas armaduras a analizar estructuralmente, obteniendo como resultado lo mostrado en las Figuras 7 a 9.

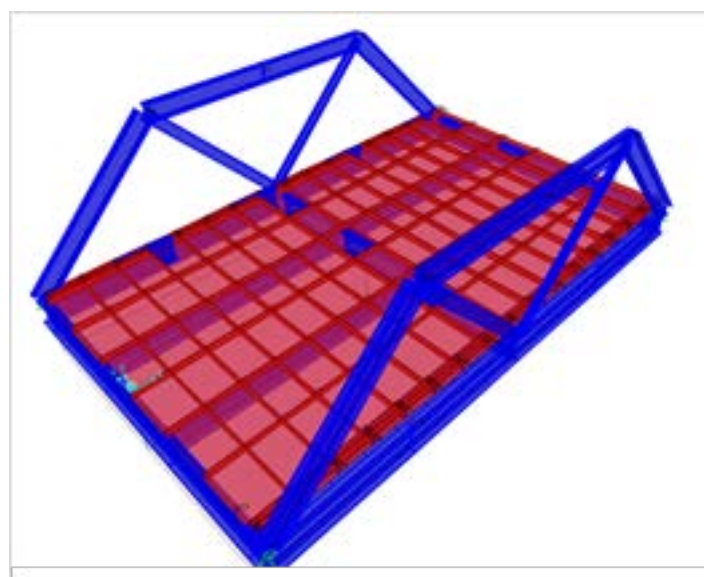


Figura 7. Vista 3D de la armadura Warren.

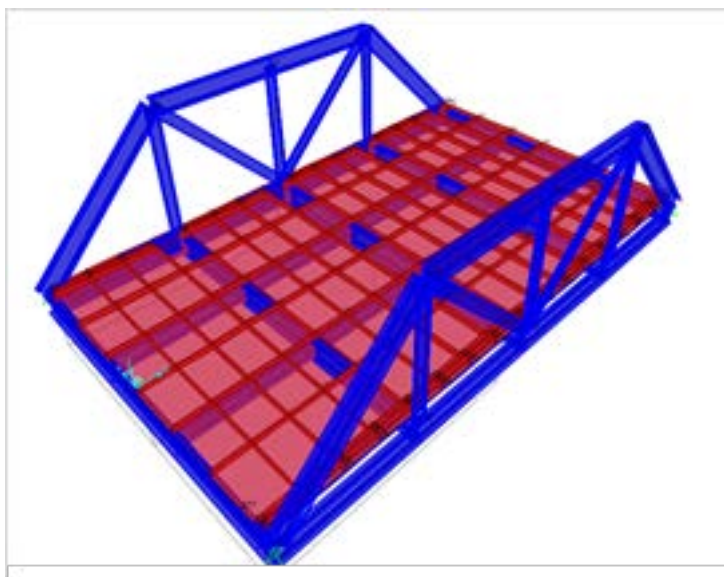


Figura 8. Vista 3D de la armadura Pratt.

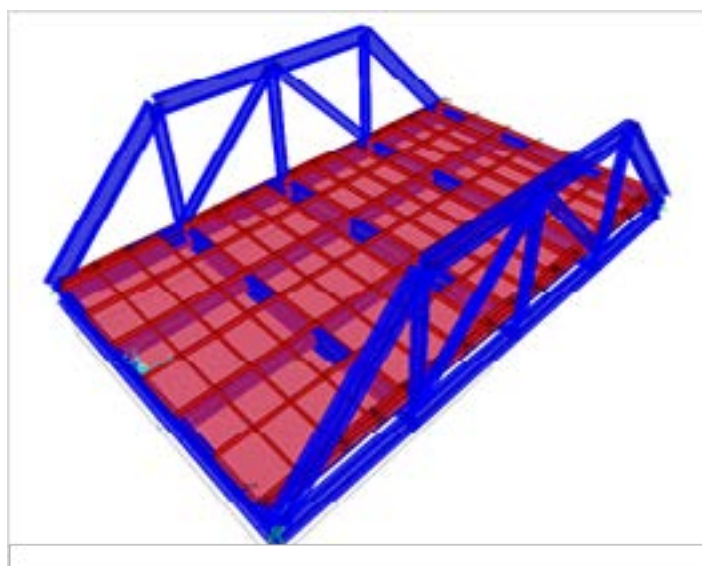


Figura 9. Vista 3D de la armadura Howe.

Asimismo se obtuvieron las cantidades de material para cada puente idealizado, mostrados en las Tablas 3 a 5.

Tabla 3.

Cantidades y pesos del puente con Armadura Tipo Warren.

Armadura Tipo Warren		Longitud (m)	Cantidad	Peso (Kg/ml)	Peso total (Kg)
Tablero					
Largueros	W18×76	15,00	4,00	113,10	6786,02
Vigas de piso	W30×124	9,40	3,00	184,53	5203,81
Armaduras					
Portal	W21×62	5,41	4,00	92,27	1996,79
Cordón superior	W21×62	7,50	2,00	92,27	1383,99
Cordón inferior	W30×90	15,00	2,00	133,93	4018,04
Montantes	W12×22	3,90	0,00	32,74	0,00
Diagonales	W12×22	5,41	4,00	32,74	708,54
				Total (Kg)	20097,19

Tabla 4.
 Cantidades y pesos del puente con Armadura Tipo Pratt.

Armadura Tipo Pratt		Longitud (m)	Cantidad	Peso (Kg/ml)	Peso total (Kg)
Tablero					
Largueros	W16×36	15,00	4,00	53,57	3214,43
Vigas de piso	W24×94	9,40	5,00	139,89	6574,70
Armaduras					
Portal	W21×62	5,41	4,00	92,27	1996,79
Cordón superior	W21×62	7,50	2,00	92,27	1383,99
Cordón inferior	W24×55	15,00	2,00	81,85	2455,47
Montantes	W12×16	3,90	6,00	23,81	557,17
Diagonales	W12×16	5,41	4,00	23,81	515,30
				TOTAL (Kg)	16697,85

Tabla 5.
 Cantidades y pesos del puente con Armadura Tipo Howe.

Armadura Tipo Howe		Longitud (m)	Cantidad	Peso (Kg/ml)	Peso total (Kg)
Tablero					
Largueros	W16×36	15,00	4,00	53,57	3214,43
Vigas de piso	W24×94	9,40	5,00	139,89	6574,70
Armaduras					
Portal	W21×62	5,41	4,00	92,27	1996,79
Cordón superior	W21×62	7,50	2,00	92,27	1383,99
Cordón inferior	W24×55	15,00	2,00	81,85	2455,47
Montantes	W12×26	3,90	6,00	38,69	905,40
Diagonales	W12×26	5,41	4,00	38,69	837,36
				TOTAL (Kg)	17368,14

Finalmente, se analizaron los resultados obtenidos determinando el comportamiento estructural y el requerimiento de material de cada armadura típica de acero, mostrado en las Tablas 6 a 8.

Tabla 6.
 Momentos máximos para cada tipo de puente.

Tipo de Armadura	Momento máximo	
	Positivo (Ton × m)	Negativo (Ton × m)
Warren	233,699	39,888
Pratt	130,192	38,669
Howe	132,047	42,334

Se puede observar en la Tabla 7 que el puente tipo Warren se obtuvieron los mayores momentos positivos y negativos, en comparación a los tipos Pratt y Howe.

Tabla 7.

Deflexión máxima para cada tipo de puente.

Tipo de Armadura	Deflexión máxima (mm)
Warren	10,995
Pratt	9,809
Howe	10,219

Se verificó que las deflexiones no excedan la máxima permisible de $15000/1000 = 15$ mm, bajo cargas de servicio. Todos los tipos de puentes cumplen con este requerimiento como se observa en la Tabla 8.

Tabla 8.

Peso total para cada tipo de puente.

Tipo de Armadura	Peso total (Kg)
Warren	20097,19
Pratt	16697,85
Howe	17368,14

Se observó que en el puente tipo Warren requiere mayor cantidad de materiales en comparación con los otros puentes.

Conclusiones

Una vez culminado el desarrollo de la investigación, se muestran las siguientes conclusiones, con el objetivo de sintetizar el análisis realizado de los resultados obtenidos:

- Se realizó la geometrización para los 3 tipos de puentes de claros cortos presentando una longitud de 15 m, siendo esta estructura simplemente apoyada.
- Se establecieron las cargas de diseño para los tres puentes simplemente apoyados, de esta forma determinando el peso propio de los elementos que componen el tablero y así poder definir la carga muerta. Para el caso de la carga viva se adoptó el vehículo de diseño HS-20 cumpliendo con los parámetros expuestos en la normas AASHTO.
- Se realizó el análisis y diseño de 3 puentes simplemente apoyados conformados por vigas de distintos perfiles W para las configuraciones de Armadura Warren, Pratt y Howe. De los resultados obtenidos las deflexiones para los tres casos fueron similares, alrededor de 10 mm. La configuración Warren al tener sólo un punto de apoyo para la transmisión de carga requiere un perfil W mayor para los largueros y la viga traviesa de apoyo lo que incrementa la carga transmitida a la cercha que no cuenta con montantes en comparación con la Pratt y Howe por lo que sus diagonales llevan toda la tensión producida requiriendo más área de sección transversal.
- La configuración entre Pratt y Howe es similar, sin embargo en la primera las diagonales trabajan a tracción y en el tipo Howe trabajan a compresión. El acero tiene muy elevada capacidad a tracción pero limitada capacidad a compresión, ya que esta depende de la longitud no arriostrada, pandeo, relación de esbeltez, ect. Esta diferencia de capacidad requiere que las secciones de las diagonales de la Howe sean mayores que de la Pratt. Como regla general en el diseño de estructuras de acero es en lo posible diseñar configuraciones en que sus elementos trabajen mayormente a tracción.
- Como conclusión se llega a las armaduras tipo Pratt presenta un mejor comportamiento, eficiencia y menor cantidad de materiales de las configuraciones estudiadas.
- La ventaja de las armaduras tipo Warren, recae en que se requiere menos trabajo para la construcción. Ya al tener menos elementos que conforman la armadura y tablero se constituye en menor cantidad de cortes, soldaduras, elaboración de juntas, lo que se traduce en menos tiempo de ejecución de la obra.
- La armadura tipo Howe presenta un ligero incremento en la cantidad de acero requerido con relación a la Pratt, por lo que su elección solo se justificaría por algún requerimiento arquitectónico, visual o de otra índole.

Referencias Bibliográficas

- Arias, F. (1999). *El proyecto de investigación*. Editorial Episteme
- Arnal, E. (2000). *Lecciones de puentes*. <https://www.scribd.com/doc/313952196/Lecciones-de-Puentes-Eduardo-Arnal>
- AASHTO. (2005). *Aashto LRFD 2005 Bridge design specifications*. Washington, Usa. <https://www.scribd.com/document/151754665/AASHTO-LRFD-Bridge-2005-Full-Edition-SI-pdf>
- Bavaresco, A. (2006). *Proceso metodológico en la investigación (como hacer un diseño de investigación)*. Universidad del Zulia
- Beer, F. Russell, E. Eisenberg, E. y Staab, (2005). *Mecánica vectorial para ingenieros*. (8va Ed.). McGraw-Hill
- Brockenbrough, R. y Merritt, F. (1997), *Manual de diseño de estructuras de acero*. Segunda edición Tomo II y III. McGraw-Hill Interamericana, S.A.
- COVENIN. (1961:1998). *Estructuras de acero para edificaciones método de los estados límites*. <http://www.sencamer.gob.ve>.
- Díaz, M. y Sánchez, M. (2017) *Análisis sísmico de una estructura de puentes en forma de arco en concreto armado y en acero estructural*. Fondo Editorial Biblioteca de la Universidad Rafael Urdaneta.
- Fratelli, M. (2003). *Diseño de estructuras metálicas, estados límites LRFD*. <https://es.scribd.com/doc/47474438/MariaFratelli-Diseño-de-Estructuras-Metalicas-LRFD>
- González A, Guzmán M. (2008). *Consideraciones de diseño en la infraestructura de puentes carreteros*. (Trabajo Especial de Grado, Universidad de Oriente). Anzoátegui, Venezuela. <http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/283/1/Tesis-IC008-G32.pdf>
- Hernández, R. Fernández, C. y Batista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. (4ta Ed.). McGraw-Hill.
- Sabino, C. (2000). *Proceso de investigación*. Editorial Panapo.
- Mccormac, J. (1972). *Diseño de estructuras metálicas*. Representaciones y servicios de ingeniería, S.A.
- Muir E, Corona L. (2011) *Cálculo estructural de puentes en acero por el método de factor de diseño, carga y resistencia LRFD*. (Trabajo Especial de Grado, Universidad Rafael Urdaneta). Maracaibo, Venezuela. <http://200.35.84.131/portal/bases/marc/texto/2301-11-04115.pdf>
- Nuzzo, L. (2006) *Análisis comparativo entre las normas AASHTO-ASD/LFD y COVENIN 614-87 para el diseño de vigas en puentes isostáticos*. (Trabajo Especial de Grado, Universidad Rafael Urdaneta). Maracaibo, Venezuela.
- Ramos, H. (2010) *Manual práctico para el pre-dimensionamiento de puentes de acero y concreto, para una luz menor a 15 metros*. (Trabajo Especial de Grado, Universidad de San Carlos de Guatemala). Guatemala. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3184_C.pdf
- Rodriguez, A. (2016). *Puentes con AASHTO-LRFD 2014 (7th Edition)*. <https://es.slideshare.net/valerianito/puentes-lrfd-ing-arturo-rodriguez>
- Silva, J. (2002). *Metodología de la investigación elementos básicos*. Colegial Bolivariana.
- UPEL. (1990). *Manual de trabajo de grado de especialización y maestría y tesis doctorales*. Caracas, Venezuela. <https://es.scribd.com/doc/59482717/UPEL-Manual-de-Trabajos-de-Grados-de-Especializacion-y-Maestria-y-Tesis-Doctorales>

Notas Especiales

¹Este trabajo es derivado del Trabajo Especial de Grado, intitulado: *Incidencia en el comportamiento estructural y el requerimiento de material de armaduras típicas de acero para puentes vehiculares*¹. presentado en la Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo-Venezuela.

Comportamiento sismorresistente de una estructura de acero con aisladores elastoméricos de neopreno

Sismorresistant behavior of a steel structure with neoprene elastomeric insulators.

Gian Castillo, Hely Urdaneta, Jesús Medina

Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería.
Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela. Correo Electrónico:
gian.manuel7@gmail.com y helyurdaneta20@gmail.com

Recibido: 05-02-19
Aceptado: 19-07-2019

Resumen

El objetivo general de esta investigación fue estudiar el comportamiento sismorresistente de edificaciones de acero para uso habitacional de 10, 12 y 14 pisos; diseñadas con el uso de aisladores elastoméricos de neopreno con el propósito de poner en consideración el estudio de nuevas tecnologías en el área de diseño sismorresistente. Se diseñaron edificios de 10, 12 y 14 pisos con el uso de aisladores elastoméricos de neopreno y sin el uso de los mismos. Los procedimientos de diseño en las mayorías de las normas sismorresistentes del mundo están orientadas a evitar el colapso de edificaciones ante sismos severos. Este es el caso de la norma venezolana COVENIN 1756-1:2001, razón por la cual se hace necesario estudiar el comportamiento estructural de edificaciones con el uso de aisladores sísmicos. El diseño se hizo siguiendo las recomendaciones de la norma COVENIN 1756-1:2006 y la norma NCh 2745. La investigación fue de tipo descriptiva, ya que se determinó el comportamiento ante las acciones sísmicas a través del software ETABS. Además, se manejó un diseño no experimental donde no se manipularon las variables en estudio. Los resultados obtenidos indicaron que la estructura de acero con aisladores elastoméricos de neopreno estudiada se comporta adecuadamente cumpliendo con los requisitos establecidos en la norma de diseño sísmico venezolana, demostrando el aprovechamiento y optimización de las secciones de los elementos estructurales que conforman la edificación, brindando una alternativa constructiva eficiente.

Palabras clave: Sismorresistente, aisladores, acero estructural.

Abstract

The general objective of this research was to study the seismic behavior of steel buildings for residential use of 10, 12 and 14 floors; Designed with the use of elastomeric neoprene insulators for the purpose of considering the study of new technologies in the area of seismic design. Buildings of 10, 12 and 14 floors were designed with the use of elastomeric insulators of neoprene and without the use of them. The design procedures in most of the world's seismic resistant standards are aimed at avoiding the collapse of buildings in the face of severe earthquakes. This is the case of the Venezuelan norm Covenin 1756-1:2001, which is why it becomes necessary to study the structural behavior of buildings with the use of seismic insulators. The design was made following the recommendations of the norm Covenin 1756-1:2006 and the standard NCh 2745. The investigation was descriptive, since the behavior was determined by the seismic actions through the ETABS software. In addition, a non-experimental design was handled where the variables in the study were not manipulated. The results showed that the steel structure with elastomeric insulators of neoprene studied is adequately compliant with the requirements established in the Venezuelan seismic design standard, demonstrating the use and Optimisation of the sections of the structural elements that make up the building, providing an efficient constructive alternative.

Keywords: Seismic resistance, rubber isolators, structural steel.

Introducción

Con el pasar de los años los movimientos telúricos o sísmicos y la incertidumbre de su aparición han representado uno de los peligros latentes más frecuentes en los continentes. Esto debido a que su llegada amenaza la estabilidad tanto de las fundaciones como de la superestructura de una edificación, pudiendo así originar su parcial o total colapso, dejando a su paso pérdidas humanas y materiales.

Es responsabilidad del ingeniero civil garantizar el objetivo de proteger vidas, y disminuir en lo posible los daños esperados en las edificaciones. Asimismo, mantener operativas las edificaciones esenciales. Para estas últimas, se reali-

zarán estudios adicionales que aseguren su funcionabilidad en caso de sismos extremos. Por esta razón, se hace imperante la necesidad de diseñar estructuras que resistan las fuerzas sísmicas, con una considerada capacidad de deformación, que inclusive, vaya más allá de su estado elástico.

Sin embargo, diseñar estructuras con elementos convencionales que sean capaces de resistir la magnitud e intensidad de un movimiento sísmico puede implicar sistemas constructivos altamente costosos o puede interferir con la estética y los requisitos arquitectónicos. Bajo este contexto, los ingenieros civiles han propiciado investigaciones orientadas a sistemas que reduzcan la amenaza sísmica con el fin de preservar la vida. Entre estos, se encuentran los sistemas de control estructural pasivos como los aisladores de la base que tienen el propósito de aislar una estructura de los movimientos del terreno, asegurando que el valor del período de vibración de la estructura se aleje del período dominante del suelo. De esta forma se reducirían considerablemente las solicitaciones sísmicas a las que la edificación estaría sometida, amortiguando y disipando la energía del sistema.

En cuanto al objetivo principal de esta investigación, estuvo centrado en Estudiar el comportamiento sismorresistente de estructuras de acero con el uso de aisladores elastoméricos de neopreno, comparándolas con los sistemas estructurales tradicionales sin el uso de los mismos. Para ello, se diseñaron mediante el programa de cálculo estructural ETABS tres (3) estructuras de acero, tres (3) estructuras de concreto acero sin los aisladores y tres (3) estructuras de acero de 10, 12 y 14 pisos con el uso de los mismos a partir de las cuales se obtuvieron los resultados necesarios para el estudio.

Por otra parte, es preciso señalar algunos de los trabajos de investigación llevados a cabo anteriormente sobre este tema, las cuales sirvieron de base y aportaron conocimientos necesarios para el desarrollo de dicha investigación, tales como el Adarme, Ugarte (2017). Análisis del comportamiento sismorresistente de una estructura de concreto armado utilizando aisladores elastoméricos de núcleo de plomo y aisladores de péndulo friccionante. Trabajo especial de grado, Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela, que aportó información acerca de los aisladores sísmicos y sus beneficios estructurales ya que utilizando los mismos ayudaran a reducir el impacto ante un evento sísmico, lo cual permitirá utilizar la menor cantidad de materiales posibles, aminorar costos, y lo más importante, evitar pérdidas humanas.

Materiales y Métodos

La presente investigación fue de tipo descriptiva ya que permitió, a través del programa ETABS, describir y analizar el comportamiento sismorresistente de las estructuras de acero con el uso de aisladores determinando y comparando ciertos parámetros sísmicos. Así mismo, se manejó un diseño de tipo no experimental transeccional descriptiva, pues no se manipularon las variables de estudio y su descripción es de manera puntual en un momento único. Por otra parte, se definió como unidad de análisis como el propósito de definir el comportamiento sismorresistente de una estructura de acero con aisladores sísmicos.

Así mismo, se realizó una observación de tipo documental, fundamentada en la revisión de bibliografías tales como tesis, libros, revistas científicas y normas venezolanas. Por otra parte, se utilizó el programa de cálculo ETABS como instrumento principal de recolección de datos, el cual permitió realizar el diseño de las estructuras para su posterior análisis y obtención de resultados.

Se seleccionaron edificaciones aporticadas con igual geometría en planta, considerando luces de 5,00 metros entre columnas. Se trabajaron con tres (3) estructuras de acero sin aisladores y con el uso de los mismos, las cuales presentan una variación en su número de niveles, ya que se diseñaron de 10, 12 y 14 pisos, y con una altura de entrepiso de 3,00 metros.

La determinación de las solicitaciones de cargas permanentes y variables a las que estarán sometidos los diseños estructurales fueron calculadas a partir de lo estipulado por la norma COVENIN 2002-1988, considerando como carga variable un valor de 175 Kg/m² para entrepiso y 100 Kg/m² para el techo. En cuanto a las cargas permanentes, se estimaron para las edificaciones de acero una carga de 451,5 Kg/m² y 217,5 Kg/m² para entrepiso y techo respectivamente.

Para el cálculo de las acciones del viento, se partió de lo establecido por la norma COVENIN 2003-1989, y se aplicaron las siguientes ecuaciones para determinar las acciones del viento (W), la presión dinámica (qz), el coeficiente de exposición a la presión dinámica del viento (Kz) y el factor de respuesta ante ráfagas (Gh) a través de las ecuaciones de 1 a 4 respectivamente:

$$W = q G C A \quad (1)$$

$$qz = 0,00485 Kz\alpha V^2 \quad (2)$$

$$Kz = 2.58 \left(\frac{z}{zg} \right)^{2/\beta} \quad (3)$$

$$Gh = 0.65 + 3.65 \delta h \quad (4)$$

El procedimiento empleado para la determinación de las acciones sísmicas estuvo basado en la norma sísmica COVENIN 1756-2001, donde se estableció una zona sísmica 3, forma espectral S3, una clasificación según uso Grupo B2 con factor de importancia igual a 1, nivel de diseño ND3, estructuras Tipo I y un factor de reducción de 6,0. Tomando en cuenta lo anterior, se efectuaron los cálculos de las ordenadas (A_d) de los espectros de diseño en función del periodo (T), empleando las ecuaciones 5 a 8:

$$Ta = Ct hn^{0.75} \quad (5)$$

$$T < T^+ \quad A_d = \frac{\alpha \phi A_o \left[1 + \frac{T}{T^+} (\beta - 1) \right]}{1 + \left(\frac{T}{T^+} \right)^c (R - 1)} \quad (6)$$

$$T^+ \leq T \leq T^* \quad A_d = \frac{\alpha \phi \beta A_o}{R} \quad (7)$$

$$T > T^* \quad A_d = \frac{\alpha \phi \beta A_o}{R} \left(\frac{T^*}{T} \right)^p \quad (8)$$

En cuanto a los procedimientos utilizados para el diseño de cada una de las edificaciones, fue seleccionado dependiendo del material considerado y tomando en cuenta las normas COVENIN 1618-1998 y COVENIN 1753-2006 respectivamente según sea el caso.

Diseño de tres (3) estructuras de acero de 10, 12 y 14 pisos

En su diseño se emplearon perfiles HEB para las columnas, perfiles IPE para las vigas y correas, y losas tipo mixtas (losacero). El método de diseño aplicado fue el de factores de carga y resistencia (LRFD), usando las combinaciones establecidas por la norma COVENIN 1618-1998.

Para el pre-dimensionamiento de las columnas, se consideraron sometidas a compresión por recibir cargas axiales principalmente. Se determinó la esbeltez y el esfuerzo permisible a la compresión a partir de las ecuaciones 9 a 13:

$$\lambda = \frac{K^* L}{r_{min}} \quad (9)$$

$$Fc = \left(1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda}{Cc} \right)^2 \right) \frac{Fy}{FS} \quad (10)$$

$$Fc = \frac{10475000}{\lambda^2} \quad (11)$$

$$Cc = \pi \sqrt{\frac{2E}{Fy}} \quad (12)$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left(\frac{\lambda}{Cc} \right) - \frac{1}{8} \left(\frac{\lambda}{Cc} \right)^3 \quad (13)$$

Luego se realizó el pre-dimensionamiento de los elementos sometidos a flexión por medio de ecuaciones correspondientes a los esfuerzos permisibles a la sección y al corte, así como se verificó los esfuerzos admisibles y los esfuerzos de corte. Además, se chequeó que sean compactas y que las secciones estuvieran eficientemente arriostradas lateralmente. Una vez pre-dimensionados los elementos mencionados anteriormente, se recopiló los datos calculados para introducirlos en el programa para realizar el modelo de las estructuras mediante el uso de la herramienta de cálculo ETABS 2015 para la determinación de las secciones finales.

Diseño de tres (3) estructuras de acero de 10, 12 y 14 pisos con el uso de aisladores elastoméricos de neopreno

Se utilizó el mismo procedimiento de pre-dimensionamiento que en el punto anterior pero se cambiarían la condición de base y se calcularía los aisladores elastoméricos de la siguiente forma:

Para el caso de investigación se estableció un aislador por columna siendo la cantidad final de aisladores 16, el peso sísmico de la estructura sobre el sistema de aislación, el periodo objetivo y las cargas máximas y mínimas que actuarán sobre el aislador; además se establecen a priori los siguientes datos iniciales:

Consideraciones iniciales

Deformación de corte directa máxima, γ_s : 150%

Deformación de corte máxima admisible, $\gamma_{máx}$: 250%

Sección anular, con un diámetro inicial de 10 cm ($D_i = 10$ cm).

Amortiguamiento efectivo del sistema, $\beta = 12\%$

Conexión fija o de pernos.

La tensión de admisible de compresión, $\sigma_{ac} = 90$ km/

Se fija el número de aisladores “N”

El peso sísmico de la estructura “W”

El periodo objetivo 2.5 s

Carga máxima dada por la combinación 1.2CP+1.6CV+S

Carga mínima que será la carga de servicio

Procedimiento de diseño

Cálculo de los desplazamientos de diseño y máximo

Se calcula a partir de los factores de zona sísmica (Z3), tipo de suelo (S3), el factor de amortiguamiento efectivo, con las ecuaciones 14, 15, 16 y 17.

$$DD = \frac{CD}{BD} \quad (14)$$

$$DM = \frac{CM}{BM} \quad (15)$$

$$DTD = 1,1 * DD \quad (16)$$

$$DTM = 1,1 * DM \quad (17)$$

Cálculo de las propiedades físicas y mecánicas del aislador

Este proceso se hizo con el uso del grupo de ecuaciones comprendidas entre la ecuación 18 a la 49:

$$KH_{total} = \frac{4 * \pi^2 * W}{TD^2 * g} \quad (18)$$

$$KH = \frac{KH_{total}}{N} \quad (19)$$

$$A = \frac{P_{m\acute{a}x}}{\sigma_{AC}} \quad (20)$$

$$Hr = \frac{DD}{\gamma_s} \quad (21)$$

$$G = \frac{KH * Hr}{A} \quad (22)$$

$$S = \frac{\text{Área cargada}}{\text{Área libre de hinchamiento}} \quad (23)$$

$$S = \frac{D}{4 * tr} \quad (24)$$

$$n = \frac{Hr}{tr} \quad (25)$$

$$\sigma_s = 1.5 * \frac{t_y}{t_s} * \sigma_{AC} \quad (26)$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 0.75 * \sigma_y \quad (27)$$

$$\sigma_s \leq \sigma_{m\acute{a}x} \quad (28)$$

$$h = H + (n - 1) * ts \quad (29)$$

$$H = h + 2tex \quad (30)$$

$$K_v = \frac{Ec * A}{Hr} \quad (31)$$

$$\frac{1}{Ec} = \left(\frac{1}{6GS^2} + \frac{4}{3K} \right) \quad (32)$$

$$fv = \sqrt[3]{6Sfh} \quad (33)$$

$$T = \sqrt{\frac{4 * \pi^2 * W}{g * Kh * N}} \quad (34)$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \gamma_s + \gamma_c + \gamma_b \approx \gamma_s + \gamma_c \quad (35)$$

$$\gamma_s = \frac{DM}{Hr} \quad (36)$$

$$\gamma_c = 6S \in c \quad (37)$$

$$\epsilon_c = \frac{\frac{P_{\max}}{A}}{Eo(1+2kS^2)} \quad (38)$$

$$\gamma_{\max \text{propuesto}} = \frac{0.85 * \epsilon_b}{F.S} \quad (39)$$

$$\gamma_{\max} \leq \gamma_{\max \text{propuesto}} \quad (40)$$

$$P_{\text{crit}} = \frac{P_s}{2} * \left(\sqrt{1 + 4 * \frac{PE}{PS}} - 1 \right) \quad (41)$$

$$P_s = (GA)_{\text{eff}} = GAs \quad (42)$$

$$As = A * \frac{h}{Hr} \quad (43)$$

$$Pe = \frac{\pi^2 * (EI)_{\text{eff}}}{h^2} \quad (44)$$

$$(EI)_{\text{eff}} = \frac{1}{3} * Ec * I \quad (45)$$

$$I = \frac{\pi}{4} * D^2 \quad (46)$$

$$\frac{P_{\text{crit}}}{P_{\max}} \geq F.S \approx 2 \quad (47)$$

$$D_{\max} = \frac{P_{\min \emptyset}}{P_{\min} + Kh * H} \quad (48)$$

$$F.S = \frac{D_{\max}}{DD} \quad (49)$$

Luego de calcular todos los parámetros ya mencionados, se escoge un aislador comercial de un catálogo que presente las condiciones más parecidas a las calculadas.

Donde teniendo los resultados de ambos métodos de configuración estructural se compararon mediante algunos parámetros sísmicos seleccionados como lo son los siguientes:

Corte basal

La fuerza cortante basal se determinó en cada dirección de análisis de acuerdo a la ecuación 50, para lo cual se seleccionó el mayor valor de μ entre las ecuaciones 51 y 52:

$$V_o = \mu AdW \quad (50)$$

$$\mu = 1.4 \left[\frac{N+9}{2N+12} \right] \quad (51)$$

$$\mu = 0.80 + \frac{1}{20} \left[\frac{T}{T^*} - 1 \right] \quad (52)$$

Período fundamental

Se calcularon los periodos fundamentales en cada dirección de análisis mediante las ecuaciones 53 y 54:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N W_i (\delta_{ei})^2}{g \sum_{i=1}^N Q_i \delta_{ei}}} \quad (53)$$

$$Q_i = W \frac{W_i h_i}{\sum_{j=1}^N W_j h_j} \quad (54)$$

Desplazamientos laterales y derivas

El desplazamiento lateral total y la deriva se calcularon por medio de las ecuaciones 55 y 56 mencionadas anteriormente en el marco teórico:

$$\Delta i = 0.8 R \Delta_{ei} \quad (55)$$

$$\delta i = \Delta_i - \Delta_{i-1} \quad (56)$$

Posterior a los análisis individuales de los comportamientos ante las acciones sísmicas efectuados a cada una de las edificaciones de acero, se realizó un análisis global comparativo sobre los resultados obtenidos en cada una de las variables estudiadas, lo que sirvió como base para proyectar las conclusiones necesarias y las recomendaciones pertinentes a esta investigación.

Resultados y Discusión

Corte basal

En las Tablas 1 y 2 se presentan los valores de los cortes basales en la dirección X y Y obtenidos para cada una de las edificaciones estudiadas, según el tipo de material y el número de pisos.

Tabla 1.

Resumen de resultados corte basal en X

CORTE BASAL EN X			
Tipo de estructura	10 pisos	12 pisos	14 pisos
Estructura de acero	108909 Kg	134359 Kg	123731 Kg
Estructura de acero con aisladores elastoméricos de neopreno	53791 Kg	65800 Kg	76865 Kg

Tabla 2.

Resumen de resultados corte basal en Y

CORTE BASAL EN Y			
Tipo de estructura	10 pisos	12 pisos	14 pisos
Estructura de acero	112368 Kg	134406 Kg	124659 Kg
Estructura de acero con aisladores elastoméricos de neopreno	53596 Kg	65622 Kg	77074 Kg

Con respecto a los resultados obtenidos del corte basal en las direcciones X y Y, las edificaciones con el uso de los aisladores tuvo un aumento considerable con respecto a la convencional debido a que estos aisladores están ubicados en la base de la estructuras y con el sismo hace que los movimientos en la base sean mucho mayores debido a su forma de afrontar los sismos.

Periodo fundamental

Los resultados obtenidos de los periodos para las estructuras se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3.

Resultados período fundamental

PERIODO FUNDAMENTAL			
Tipo de estructura	10 pisos	12 pisos	14 pisos
Estructura de acero	1,121 seg	1,322 seg	1,632 seg
Estructura de acero con aisladores elastoméricos de neopreno	2,749 seg	2,834 seg	3,029 seg

En las 6 estructuras analizadas el valor de periodo se incrementa debido a que a más altura disminuye la rigidez y por lo tanto aumentan los desplazamientos en estas.

Deriva

En las Tablas 4 y 5 se presentan los valores de desplazamientos laterales en las direcciones X y Y, donde se puede observar que los valores máximos obtenidos fueron en la estructura de acero 0,724 y 0,682 y en la estructura de acero con aisladores 0,615 y 0,586.

Tabla 4.

Resumen de resultados deriva en X

DERIVA EN X			
Tipo de estructura	10 pisos	12 pisos	14 pisos
Estructura de acero	0,624	0,724	0,719
Estructura de acero con aisladores elastoméricos de neopreno	0,297	0,328	0,415

Tabla 5.

Resumen de resultados deriva en Y

DERIVA EN Y			
Tipo de estructura	10 pisos	12 pisos	14 pisos
Estructura de acero	0,601	0,680	0,682
Estructura de acero con aisladores elastoméricos de neopreno	0,281	0,309	0,426

Al analizar estos resultados se puede observar que para la totalidad de las estructuras estudiadas se mantiene una tendencia de que a mayor altura de las edificaciones, aumenta la deriva. Esto se debe a que mientras más alto sea una estructura, más influencia tendrá el sismo sobre éste. Es importante destacar el efecto que ejerce el sistema constructivo empleado, ya que dependiendo de las características de cada material, como ductilidad y amortiguamiento del movimiento, unos disiparán mejor la energía que otros.

• Dimensiones de los elementos

Tabla 6.

Resumen de resultados de las dimensiones de los elementos - Estructura en acero 10 pisos

ELEMENTO		NIVEL	10 pisos estructura de acero	10 pisos estructura de acero con aisladores
COLUMNAS	CENTRALES	Nivel PB – Nivel 4	HEB 360	HEB 240
		Nivel 4 – Nivel 8	HEB 340	HEB 220
		Nivel 8 – Nivel 10	HEB 300	HEB 200
	BORDE	Nivel PB – Nivel 4	HEB 340	HEB 240
		Nivel 4 – Nivel 8	HEB 320	HEB 220
		Nivel 8 – Nivel 10	HEB 300	HEB 200
	ESQUINERAS	Nivel PB – Nivel 4	HEB 200	HEB 140
		Nivel 4 – Nivel 8	HEB 180	HEB 120
		Nivel 8 – Nivel 10	HEB 160	HEB 100
VIGAS	DE CARGA	Entrepiso	IPN 280	IPN 260
		Techo	IPN 220	IPN 200
	DE AMARRE	Entrepiso	IPN 280	IPN 260
		Techo	IPN 220	IPN 200
	CORREAS	Entrepiso	IPN 200	IPN 200
		Techo	IPN 160	IPN 160
CRUCES DE SAN ANDRÉS	BORDE	-	W10X33	W10X33
		Entrepiso	-	-
	LOSAS MIXTAS	Techo	-	-
		Techo	-	-

Tabla 7.

Resumen de resultados de las dimensiones de los elementos - Estructura en acero 12 pisos

ELEMENTO		NIVEL	12 pisos estructura de acero	12 pisos estructura de acero con aisladores
COLUMNAS	CENTRALES	Nivel PB – Nivel 4	HEB 550	HEB 320
		Nivel 4 – Nivel 8	HEB 450	HEB 300
		Nivel 8 – Nivel 12	HEB 400	HEB 280
	BORDE	Nivel PB – Nivel 4	HEB 550	HEB 320
		Nivel 4 – Nivel 8	HEB 450	HEB 300
		Nivel 8 – Nivel 12	HEB 400	HEB 280
	ESQUINERAS	Nivel PB – Nivel 4	HEB 240	HEB 160
		Nivel 4 – Nivel 8	HEB 220	HEB 140
		Nivel 8 – Nivel 12	HEB 200	HEB 120
VIGAS	DE CARGA	Entrepiso	IPN 280	IPN 260
		Techo	IPN 220	IPN 200
	DE AMARRE	Entrepiso	IPN 280	IPN 260
		Techo	IPN 220	IPN 200
	CORREAS	Entrepiso	IPN 200	IPN 200
		Techo	IPN 160	IPN 160

Tabla 7.
 Continuación

ELEMENTO		NIVEL	12 pisos estructura de acero	12 pisos estructura de acero con aisladores
CRUCES DE SAN ANDRÉS	BORDE	-	W10X33	W10X33
LOSAS MIXTAS	Espesor = 10 cm Sofito metálico: Calibre 22 (0,70 mm) Concreto: $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$	Entrepiso	-	-
	Espesor = 8 cm Sofito metálico: Calibre 22 (0,70 mm) Concreto: $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$	Techo	-	-

Tabla 8.

Resumen de resultados de las dimensiones de los elementos - Estructura en acero 14 pisos

ELEMENTO		NIVEL	14 pisos estructura de acero	14 pisos estructura de acero con aisladores
COLUMNAS	CENTRALES	Nivel PB – Nivel 4	HEB 600	HEB 360
		Nivel 4 – Nivel 8	HEB 550	HEB 340
		Nivel 8 – Nivel 12	HEB 500	HEB 320
		Nivel 12 – Nivel 14	HEB 450	HEB 300
	BORDE	Nivel PB – Nivel 4	HEB 600	HEB 360
		Nivel 4 – Nivel 8	HEB 550	HEB 340
		Nivel 8 – Nivel 12	HEB 500	HEB 320
		Nivel 12 – Nivel 14	HEB 450	HEB 300
	ESQUINERAS	Nivel PB – Nivel 4	HEB 260	HEB 180
		Nivel 4 – Nivel 8	HEB 240	HEB 160
		Nivel 8 – Nivel 12	HEB 220	HEB 140
		Nivel 12 – Nivel 14	HEB 200	HEB 120
VIGAS	DE CARGA	Entrepiso	IPN 280	IPN 260
		Techo	IPN 220	IPN 200
	DE AMARRE	Entrepiso	IPN 280	IPN 220
		Techo	IPN 220	IPN 200
	CORREAS	Entrepiso	IPN 200	IPN 200
		Techo	IPN 160	IPN 160

CRUCES DE SAN ANDRÉS	BORDE	-	W10X33	W10X33
LOSAS MIXTAS	Espesor = 10 cm Sofito metálico: Calibre 22 (0,70 mm) Concreto: $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$	Entrepiso	-	-
	Espesor = 8 cm Sofito metálico: Calibre 22 (0,70 mm) Concreto: $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$	Techo	-	-

Conclusiones

En líneas generales, se puede decir que los aisladores elastoméricos de neopreno estudiados, se comportan dentro de los parámetros establecidos en las normas venezolanas de diseño sísmico para la zona sísmica 3, razón por la cual se considera que pueden ser utilizadas con seguridad en la zona estudiada, ya que se evidencia que el uso de los mismos hace que las secciones de acero disminuyan, se comporten sísmicamente mucho mejor y por consiguiente la estructura sea más liviana.

Referencias Bibliográficas

- AISC 360 (2005). *Specification for structural steel buildings. USA*: American Institute of Steel Construction.
- Arnal, E. y Epelboim S. (1985). *Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones*. Fondo Editorial del Colegio de Ingenieros de Venezuela.
- Behar, D. (2008). *Metodología de la Investigación*. Editorial Shalom.
- Cámara Chilena de Construcción, (2011). *Protección sísmica de estructuras. Documento técnico* No. 29.
- COVENIN (803-1989). *Aceros. Definiciones y clasificación*. Caracas, Venezuela. Fondonorma.
- COVENIN (1618-1998). *Estructuras de acero para edificaciones. Método de los estados límites*. Caracas, Venezuela. Fondonorma.
- COVENIN (1753-2006). *Proyecto y construcción de obras de concreto estructural*. Caracas, Venezuela. Fondonorma.
- COVENIN (1756-01). *Edificaciones Sismorresistentes*. Caracas, Venezuela. Fondonorma.
- COVENIN (2002-88). *Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones*. Caracas, Venezuela. Fondonorma.
- COVENIN (2003-89). *Acciones de viento sobre las construcciones*. Caracas, Venezuela. Fondonorma.
- Crisafulli, F. (2012). *Diseño sismorresistente de construcciones de acero*. (Segunda edición). Las Condes, Santiago de Chile: Asociación Latinoamericana del Acero – Alacero.
- Crisafulli, F. (2014). *Diseño sismorresistentes de construcciones de acero*. (Cuarta edición). Las Condes, Santiago de Chile: Asociación Latinoamericana del Acero - Alacero.
- De la Rosa y Bacalao (2010). *Análisis comparativo entre el STAAD PRO DESING 2007 y el ETABS V. 9.0 para el diseño de edificaciones aporticadas de acero*. (Trabajo Especial de Grado, Universidad Rafael Urdaneta). Maracaibo, Venezuela.
- Diéguez, J. y Morón, M. (2015). *Análisis del comportamiento estructural de edificaciones de acero sismorresistentes de gran altura, utilizando el sistema estructural diagrid*. (Trabajo Especial de Grado, Universidad Rafael Urdaneta) Maracaibo, Venezuela.

Notas Especiales

¹Este trabajo es derivado del Trabajo Especial de Grado, intitulado: “Comportamiento sismorresistente de una estructura de acero con aisladores elastoméricos de neopreno”. presentado en la Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo-Venezuela.

Desempeño sísmico en puentes vehiculares de vigas metálicas apoyadas en aisladores elastoméricos con núcleo de plomo

Seismic performance of isolated highway steel bridges with lrb.

Luis Cabrera, Carla Villanueva y Sebastián Delgado

Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería.
Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela. Correo Electrónico:
luiscaabreraf2@gmail.com, carlaveronica97@hotmail.com y sadelgado@gmail.com

Recibido: 05-02-2019

Aceptado: 19-07-2019

Resumen

Esta investigación consistió en desarrollar tres ejemplos para ilustrar el proceso de diseño de un puente aislado mediante un sistema de aislamiento tipo aisladores elastoméricos con núcleo de plomo (LRB) de acuerdo con la Especificaciones de la guía AASHTO (AASHTO, 2010) para poder así comparar las consecuencias de implementar estos dispositivos con el de un puente no aislado y lograr determinar el desempeño sísmico que estas estructuras presentan. Por lo tanto, se han desarrollado 3 ejemplos que ilustran la aplicación de un diseño de un puente metálico de 70m de longitud dividido en tres tramos de 20, 30 y 20m respectivamente, así como también variar el riesgo sísmico y las condiciones del suelo; cada caso presenta los cálculos para el diseño preliminar de los aisladores utilizando el Método Simplificado (Art. 7.1, AASHTO, 2010), y un diseño final a través de un análisis detallado utilizando el Método Multi-Modal de análisis espectral (Art. 7.3, AASHTO, 2010) mediante la aplicación de un programa especializado en el cálculo de puentes CSiBridge 2016. Los diseños detallados de la superestructura, subestructura (estribos y pilas) y fundaciones no están incluidos. Del mismo modo que todos los requisitos de prueba para estos aisladores (como se requiere en las Especificaciones de la Guía AASHTO) no están cubiertos. Esta investigación se consideró descriptiva, debido a que se utilizó un proceso de recolección de datos para obtener los resultados, y el diseño de la investigación fue no experimental ya que no se manipularon las variables de estudio, a su vez se encuentra dentro de la clasificación del tipo transeccional porque trata de fijar algunas variables a un grupo de fenómenos y así facilitar su descripción de manera puntual en un momento único. Como técnica de recolección de datos se empleó la observación documental, se consultaron diversas tesis, libros y artículos científicos. Los resultados obtenidos demuestran que el comportamiento estructural bajo acciones sísmicas es más eficiente en aquellas estructuras con sistema de aislamiento, sin embargo, para determinar si es necesaria la implementación de estos dispositivos en los puentes se pudieron establecer los resultados necesarios mostrando la diferencia entre los desplazamientos totales máximos, así como la fuerza de corte basal y otros parámetros que lo definen. Los principales autores consultados fueron: Rico & Chio (2012), M.C Constantinou (1994) y Buckle, Al-Ani y Monzon (2011).

Palabras claves: Sistema de aislamiento, aisladores elastoméricos, puentes, desempeño sísmico, estructuras.

Abstract

This investigation consisted in developing three examples to illustrate the design process of an isolated bridge by means of an isolation system type lead rubber bearings (LRB) according to the AASHTO Guide Specifications (AASHTO, 2010) in order to compare the consequences of implementing these devices with a non-isolated bridge and determine the seismic performance of these structures. Therefore, 3 examples have been developed that illustrate the application of a design of a metallic bridge of 70m length divided into three spans of 20, 30 and 20m respectively, as well as varying the seismic risk and soil conditions; Each case presents the calculations for the preliminary design of the isolators using the Simplified Method (Art. 7.1, AASHTO, 2010), and a final design through a detailed analysis using the Multi-Modal Method of spectral analysis (Art. 7.3, AASHTO, 2010) through the application of a specialized program in the calculation of bridges CSiBridge 2016. The detailed designs of the superstructure, substructure (abutments and piers) and foundations are not included. In the same way that all test requirements for these isolators (as required in the AASHTO Guide Specifications) are not covered. This research was considered descriptive, due to the fact that a data collection process was used to obtain the results, and the research design was not experimental since the study variables were not manipulated, it is also within the classification of the transeccional type because it tries to fix some variables to a group of phenomena and thus

facilitate its description in a timely manner in a single moment. As a data collection technique, documentary observation was used; various theses, books and scientific articles were consulted. The obtained results show that the structural behavior under seismic actions is more efficient in those structures with isolation system, however, to determine if it is necessary to implement these devices in the bridges, the necessary results could be established showing the difference between the displacements maximum totals, as well as the base shear force and other parameters that define it. The main authors consulted were: Rico & Chio (2012), M.C Constantinou (1994) and Buckle, Al-Ani and Monzon (2011).

Key Words: Isolation system, elastomeric isolators, bridges, seismic performance, structures.

Introducción

En la actualidad, la diversidad de soluciones de carácter estructural sigue creciendo ante la demanda de construir puentes que puedan ser capaces de resistir los embates de los fenómenos sísmicos, de viento y otros efectos adicionales. Claramente, estas soluciones deben ser objeto de estudios suficientes para permitir los posibles planteamientos de los ingenieros estructurales a la hora de presentar sus proyectos, diseños o ingenierías.

Actualmente, una característica fundamental del diseño de puentes ha comenzado a madurar y a revolucionar en el comportamiento de la estructura, se trata de su comportamiento sismorresistente, debido al reconocimiento de su importancia estratégica en comunicación inter e intra-urbana, son sistemas para los que se debe garantizar su uso a las vías de emergencia. Es por esto que, ante sismos, los puentes no deben colapsar bajo ningún concepto.

Luego de la presencia de un evento sísmico, los puentes que fallan por este fenómeno, manifiestan estructuralmente la caída de los tableros, debido a la falla en los dispositivos de apoyo y en las juntas de expansión, también se observa asentamiento en los estribos de apoyo y la falla de los pilones del puente ya sea por corte o por desconfinamiento.

De esta forma, la búsqueda de medios para proporcionar la resistencia adecuada a los puentes y asegurar un comportamiento satisfactorio ante sismos de diferentes niveles de intensidad ha propiciado el desarrollo de dispositivos especiales de control de vibraciones. En términos generales, en vez de dar mayor resistencia con un esquema tradicional de protección sísmica, lo que se busca es reducir los esfuerzos internos y los desplazamientos a través de sistemas especiales que aislen de vibraciones y/o disipen energía, previniendo el daño estructural y no estructural.

La problemática de esta investigación siguió el flujo de ideas expuestas anteriormente y está aplicando una metodología descriptiva fue referente al momento que se presenta la acción sísmica en los puentes, evaluando el comportamiento estructural de los mismos en base al desempeño en diferentes condiciones sísmicas implementando o no aisladores elastoméricos con núcleo de plomo, para esto se realizó en orden un procedimiento metodológico que dio a conocer los resultados de este trabajo de investigación.

De forma más específica para el logro de objetivos, primeramente se debió analizar sísmicamente puentes vehiculares de vigas metálicas con iguales geometrías bajo condiciones sísmicas diferentes sin incluir dentro de su estructura aisladores elastoméricos, luego para lograr involucrar aisladores en los puentes, se determinó en función de sus sollicitaciones sísmicas las características específicas de los dispositivos para posteriormente realizar un nuevo análisis sismorresistente que los incluía y así se logró determinar la finalidad de esta investigación como lo es el desempeño sísmico de los puentes apoyados en este tipo de sistema de aislamiento. Sin embargo, esto refiere a una limitación de la investigación debido a que no se trabaja con puentes en concreto ni con otros tipos de aisladores sísmicos.

Materiales y Métodos

Esta investigación es de tipo descriptiva debido a que busca mediante el análisis de las propiedades y características de las variables implicadas en la respuesta sismorresistente del puente en estudio con aisladores elastoméricos con núcleo de plomo y sin aisladores, lograr interpretar a través de ellas el desempeño sísmico pretendiendo establecer conclusiones sobre la influencia de la aplicación de estos aisladores, con la medición y comparación de las derivas límites y los desplazamientos totales máximos.

El diseño de esta investigación fue de carácter experimental y a su vez se encuentra dentro del tipo transeccional, debido a que trata de asignar diversas variables al objeto de estudio, el desempeño sísmico de puentes con y sin aisladores elastoméricos con núcleo de plomo, y así proporcionar su descripción de manera puntual en un momento único.

De esta manera, también se catalogó como un estudio de tipo documental, ya que fue necesaria la revisión de textos, revistas, monografías, recursos electrónicos, entre otros, en referencia a la materia con lo cual se desarrolló el marco

teórico que sirvió como base de la investigación. A tal efecto, Arias (2006), señala que el diseño de investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales impresas, audiovisuales o electrónicas.

En el presente trabajo especial de grado con el propósito de definir el desempeño sísmico de puentes vehiculares con aisladores sísmicos, se definió como unidad de análisis, tomando en cuenta los objetivos específicos de la investigación, al puente vehicular en estudio idealizado y diseñado con aisladores elastoméricos con núcleo de plomo incorporados.

En esta investigación, la recolección de datos fue realizada bajo las técnicas de observación documental en la cual se obtuvo la información de datos técnicos necesarios para el conocimiento y cumplimiento de los objetivos planteados.

Se realizó una revisión de distintos tipos de textos como lo fueron artículos científicos competentes en el área de Ingeniería Civil orientados específicamente al diseño de aisladores para puentes vehiculares, como lo fueron: M.C Constantinou (1994) Analysis of Various Isolation Systems for a Multi-Girder Highway Bridge; Buckle, Al-Ani y Monzon (2011) Seismic Isolation Design Examples of Highway Bridges. También se realizó una revisión de normas locales e internacionales tales como las Normas COVENIN 1756:2001 Edificaciones Sismorresistentes, La LRFD Bridge Design Specifications (AASHTO) y la Guide Specifications for Seismic Isolation Design (AASHTO).

En el desarrollo de la solución del problema, se debió analizar sísmicamente puentes vehiculares con iguales geometrías bajo condiciones sísmicas diferentes, con y sin la presencia de aisladores elastoméricos, formando un esquema de trabajo compuesto por 04 objetivos específicos cuyo cumplimiento permitió determinar el desempeño sísmico de cada caso, a saber, primeramente:

1. Se debió definir la estructuración y la geometría de un puente vehicular para realizar el análisis sísmico. Este proceso se llevó a cabo consultando el artículo científico elaborado por Buckle, Al-Ani y Monzon (2011) titulado "Seismic Isolation Design Examples of Highway Bridges" para obtener un modelo de puente vehicular diseñado según las normas AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. Luego para la definición de la Peligrosidad sísmica se caracterizaron, consultando la Norma COVENIN 1756 - 2001C y la Norma Venezolana para el Diseño Sismorresistente de Puentes (Propuesta) realizada por Lobo (1987), la zona sísmica, la aceleración máxima del terreno (A_0), la clasificación de importancia (Grupo, α), categoría de comportamiento sísmico (CS), perfil del subsuelo, factor de amplificación del subsuelo (β), forma espectral (S, φ) y factor de reducción de respuesta (R), para 3 condiciones sísmicas diferentes, bajos las cuales se sometió el modelo de puente establecido en el CsiBrigde. Luego aplicando el Método de Análisis Espectral Multi-Modal (Art.7.3, AASHTO 2010) se determinó: la fuerza de corte basal, periodos de vibración, la masa participativa y los desplazamientos totales máximos

2. Seguidamente se determinó un aislador elastomérico con núcleo de plomo (LRB) en función de las sollicitaciones sísmicas de los puentes estudiados. Primero se realizó un diseño preliminar del aislador, utilizando el Método Simplificado (Art 7.1, AASHTO, 2010) analizando un modelo de un solo grado de libertad, para obtener la primera estimación del desplazamiento de la superestructura y las propiedades requeridas de cada aislador para obtener el rendimiento deseado, aplicando las siguientes ecuaciones.

$$d = \left(\frac{g}{4\pi^2} \right) \frac{S_{D1} T_{eff}}{B_L} \quad Q_d = 0.05W \quad (8) \text{ y } (9)$$

$$K_d = 0.05 \frac{W}{d} \quad Q_{d,j} = Q_d \frac{W_j}{W} \quad (10) \text{ y } (11)$$

$$k_{d,j} = k_d \frac{W_j}{W} \quad K_{eff,j} = \frac{a_j K_{sub,j}}{1 + a_j} \quad (12) \text{ y } (13)$$

$$a_j = \frac{K_{d,j} d + Q_{d,j}}{K_{sub,j} d - Q_{d,j}} \quad K_{eff} = \sum_{j=1}^m K_{eff,j} \quad (14) \text{ y } (15)$$

$$d_{isol,j} = \frac{d}{1+a_j} \quad K_{isol,j} = \frac{Q_{d,j}}{d_{isol,j}} + K_{d,j} \quad (16) \text{ y } (17)$$

$$d_{sub,j} = d - d_{isol,j} \quad F_{sub,j} = K_{sub,j} d_{sub,j} \quad (18) \text{ y } (19)$$

$$F_{col,j,k} = \frac{F_{sub,j}}{\# \text{ of columns at support } j} \quad T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{W_{eff}}{gK_{eff}}} \quad (20) \text{ y } (21)$$

$$\xi = \frac{2 \sum j (Q_{d,j} (d_{isol,j} - d_{y,j}))}{\pi \sum j (K_{eff,j} (d_{isol,j} + d_{sub,j})^2)} \quad B_L = \left\{ \frac{\xi}{0.05} \right\}^{0.3} \quad (22) \text{ y } (23)$$

$$d = \frac{9.79 S_d T_{eff}}{B_L} \quad (24)$$

Luego se utilizó el Método de Análisis Espectral Multi-Modal (Art.7.3, AASHTO 2010) donde se analizó iterativamente el modelo tridimensional con múltiples grados de libertad con amortiguadores viscosos para representar los aisladores, para obtener estimaciones finales del desplazamiento de la superestructura y las propiedades requeridas de cada aislador para satisfacer los requisitos de rendimiento. El espectro de respuesta se modifica para la amortiguación adicional proporcionada por los aisladores y luego se aplica tanto en la dirección longitudinal del puente, como en la dirección transversal y se aplicaron las siguientes ecuaciones:

$$Q_{d,j} = \frac{Q_{d,j}}{n} \quad K_{d,j} = \frac{K_{d,j}}{n} \quad (25) \text{ y } (26)$$

$$K_{u,i} = 10K_{d,i} \quad d_{y,i} = \frac{Q_{d,i}}{K_{u,i} - K_{d,i}} \quad (27) \text{ y } (28)$$

$$K_{isol,i} = \frac{K_{isol,j}}{n} \quad (29)$$

Se combinaron los resultados del análisis longitudinal y transversal usando el (1.0L+0.3T) y (0.3L+1.0T) y se obtuvieron los resultados requeridos para el diseño del aislador. Se diseñaron los aisladores elastomérico con núcleo de plomo (LRB), primero recolectando los siguientes datos: la resistencia característica requerida Q_d aislador, la rigidez post-elástica requerida $K_{d/Aislador}$, el desplazamiento de diseño total, para cada aislador, la máxima carga muerta y la máxima carga viva aplicada (P_{DL}, P_{LL}) así como la carga sísmica (P_{SL}), la carga máxima de viento, (P_{WL})

Seguidamente se aplicaron las siguientes ecuaciones:

$$d_L = \sqrt{\frac{Q_d}{0.9}} \quad A_b = \frac{P_{DL} + P_{LL}}{\sigma_{perm}} \quad (34) \text{ y } (35)$$

$$B = \sqrt{\frac{4A_b}{\pi} + d_L^2} \quad A_b = \frac{\pi}{4} (B^2 - d_L^2) \quad (36) \text{ y } (37)$$

$$B_o = B + 0.0254 \text{ m} \quad K_d = \frac{GA_b}{T_r} \quad (38) \text{ y } (39)$$

$$T_r = \frac{GA_b}{K_d} \quad n = \frac{T_r}{t_r} \quad (40) \text{ y } (41)$$

$$H = nt_r + (n-1)t_s + 2t_c \quad \frac{B}{3} \geq d_L \geq \frac{B}{6} \quad (42) \text{ y } (43)$$

$$\tilde{a}_c + \gamma_{s,eq} + 0.5\gamma_r \leq 5.5 \quad P_{cr(\ddot{A}=0)} = \pi\sqrt{K_d K_\theta} \quad (38) \text{ y } (39)$$

$$\frac{P_{cr(\Delta=0)}}{P_{DL} + P_{LL}} \geq 3 \quad P_{cr(\Delta)} = \frac{A_r}{A_{gross}} P_{cr(\Delta=0)} \quad (40) \text{ y } (41)$$

$$\frac{A_r}{A_{gross}} = \frac{(\delta - \sin\delta)}{\pi} \quad \delta = 2\cos^{-1}\left(\frac{\Delta}{B}\right) \quad (42) \text{ y } (43)$$

$$\frac{P_{cr(\Delta)}}{1.2P_{DL} + P_{SL}} \geq 1 \quad (44)$$

Se aplicó el Método de Análisis Espectral Multi-Modal (Art.7.3, AASHTO 2010) donde se analizó iterativamente el modelo tridimensional con múltiples grados de libertad con los aisladores diseñados, para así obtener estimaciones finales del desplazamiento de la superestructura, realizando adicionalmente un estudio inelástico, debido a que las propiedades de los aisladores le confieren a el mismo, una rigidez con un comportamiento bilineal que luego aporta el dispositivo a la estructura, causando la posible y buscada disminución de las fuerzas corte.

4. Se determinó el desempeño sísmico de los puentes vehiculares apoyados sobre aisladores elastoméricos con núcleo de plomo. Basándose en la comparación de los valores obtenidos de los puentes vehiculares con y sin aisladores incorporados, los cuales se expresaron mediante tablas y gráficos para cada variable de interés establecida en los indicadores de esta investigación.

Resultados y Discusión

Se exponen los resultados obtenidos dando cumplimiento a cada uno de los objetivos establecidos en el trabajo de investigación, de igual forma, se describen y analizan los mismos para llegar a conclusiones precisas y solucionar el problema planteado.

Análisis sísmico de los puentes vehiculares sin aislamiento sísmico

Características del puente vehicular de vigas metálicas

Se definió el puente con las siguientes características y dimensiones, ver Figura 1:

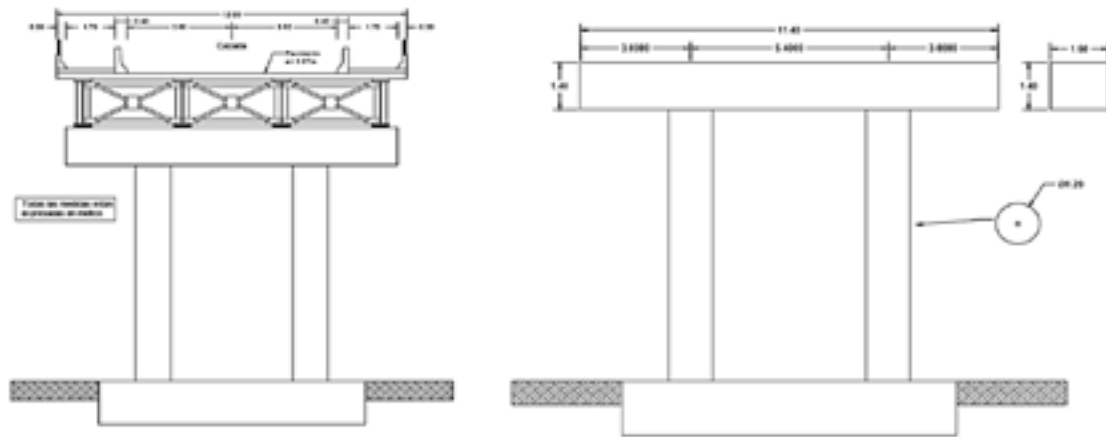


Figura. 1. Dimensionamiento estructural

• Cargas permanentes

- Asfalto: espesor de 7cm y peso específico de 2,250 kg/m³: $q_{\text{asfalto}} = 2,250 \times 0,07 = 157,50 \text{ kg/m}^2$
- Defensa: compuesta por un muro completo tipo New Jersey, tenemos $q_{\text{defensa}} = 487 \text{ kg/ml}$
- Acera: con un espesor de 15 cm, tenemos una carga de acera de 457 kg/m^2
- Baranda: compuesta por un muro de New Jersey y una baranda metálica encima, tenemos: $q_{\text{baranda}} = 295 \text{ kg/ml}$

• Cargas variables

Carga variable peatonal: 360 kg/m^2

• Cargas vehiculares

Los vehículos de diseño se definieron de acuerdo a las especificaciones del AASTHO LRFD 2007: HL-93K – Camión de diseño, HL-93M – Tándem de diseño, HL-93S especial

• Fuerza de frenado

Para la fuerza de frenado, fue considerada toda la longitud del puente, $L = 70$ metros. Se obtuvo del 25% del camión de diseño: $Br_{sl} = 16.250 \text{ kg}$

• Sección transversal del puente.

- Viga metálica: Altura: 165cm, ancho del ala superior e inferior: 60cm, espesor de las alas: 5cm, espesor del alma: 3cm. Separadas a cada 340cm
- Losa: espesor de 20cm y un ancho total de 1200cm.

- Diafragmas: tipo cercha en cruz, sección del cordón superior e inferior: perfil L 15.2cm x 15.2cm x 12.2cm, sección de las cruces: L 10.2cm x 10.2cm x 7.9cm.

- Rigidizadores: 20cm x 2cm.

Tabla 1. Resumen de todos los casos sísmicos

		Resultados del Análisis Sísmico del puente vehicular sin aislar					
		Caso 1		Caso 2		Caso 3	
Peligrosidad sísmica	Zona Sísmica	1		5		5	
	Ao	0.10g		0.30g		0.30g	
	Grupo	A		A		A	
	α	1,3		1,3		1,3	
	CS	CS2		CS3		CS3	
	Perfil del Subsuelo	Perfil profundo de arcillas duras o suelos no cohesivos medianamente densos		Perfil profundo de arcillas duras o suelos no cohesivos medianamente densos		Perfil profundo de arcillas o suelos no cohesivos poco densos	
	β	2,6		2,6		2,8	
	S	S2		S2		S3	
	Φ	0,8		0,9		0,8	
	R	1		1		1	
Fuerza Cortante Basal		X	Y	X	Y	X	Y
		266054	485980	897932	1641152	1228755,24	2245636
Períodos de Vibración		X	Y	X	Y	X	Y
		0.798 seg	0.577 seg	0.798 seg	0.577 seg	0.798 seg	0.577 seg
Masa participativa		X	Y	MZ	X	Y	MZ
		97,70%	96,10%	97,80%	97,70%	96,10%	97,80%
Desplazamientos Laterales	Elemento	X	Y	X	Y	X	Y
	Estribo 1	4	2,4805	13,5	8,37	18,45	11,14
	Pila 1	3,99	1,62	13,464	5,464	18,4	7,38
	Pila 2	3,99	1,62	13,464	5,464	18,4	7,38
	Estribo 2	4	2,4805	13,5	8,37	18,45	11,17

Determinación de los aisladores

			Resultados del Diseño de los Aisladores Elastoméricos con Núcleo de Plomo								
			Caso 1			Caso 2			Caso 3		
MS	Período EfectivoTeff (seg) 1,46		X	Y		X	Y		X	Y	
			1,35		2,34	2,27		2,15	2,07		
	Rigidez Efectiva Keff (kg/cm)		X	Y		X	Y		X	Y	
		E1	558,26	606,28		206,44	212,57		246,76	255,61	
		P1	2576,53	2514,37		888,72	880,79		1070,53	1059,25	
		P2	2576,55	2514,39		888,73	880,79		1070,53	1059,25	
		E2	558,20	606,22		206,42	212,52		246,76	255,61	
	Amortiguamiento Efectivo $\hat{\Gamma}$ 0,29		X	Y		X	Y		X	Y	
			0,32		0,31	0,31		0,31	0,32		
	Desplaza mientos d (cm)		X	Y		X	Y		X	Y	
		E1	4,04	3,72		21,85	21,22		27,42	26,46	
		P1	3,29	3,71		20,25	21,20		25,04	26,43	
		P2	3,29	3,71		20,25	21,20		25,04	26,43	
		E2	4,04	3,72		21,85	21,22		27,42	26,46	

			Resultados del Diseño de los Aisladores Elastoméricos con Núcleo de Plomo								
			Caso 1			Caso 2			Caso 3		
MMM	Período Efectivo Teff (seg)		X	Y		X	Y		X	Y	
		1,74	1,51		2,16	1,57		1,98	2,09		
	Rigidez Efectiva Keff (kg/cm)		X	Y		X	Y		X	Y	
		E1	566,06	619,01		212,86	220,25		255,11	265,33	
		P1	2344,42	2613,14		881,59	915,30		1056,58	1104,25	
		P2	2344,44	2613,16		881,60	915,31		1056,58	1104,25	
		E2	566,01	618,95		212,84	220,25		255,11	265,33	
	Amortiguamiento Efectivo $\bar{\eta}$		X	Y		X	Y		X	Y	
		0,25	0,28		0,27	0,29		0,27	0,27		
	Desplazamientos d (cm)		X	Y		X	Y		X	Y	
		E1	3,93	3,57		20,57	19,79		25,68	24,60	
		P1	3,93	3,44		20,57	19,66		25,68	24,37	
		P2	3,93	3,44		20,57	19,66		25,68	24,37	
		E2	3,93	3,57		20,57	19,79		25,68	24,60	
Diseño	Desplazamiento de Diseño dt (cm)		4,06			21,40			26,70		
	Rigidez Efectiva Keff (kg/cm)		2045,11			973,37			1054,04		
	Amortiguamiento Efectivo $\bar{\eta}$		0,30			0,30			0,30		
	Modulo de Corte G (kg/cm2)		3,87			3,87			3,87		
	Dimensiones (cm)		DI	bo	H	dl	bo	H	dl	bo	H
	8,57		38,06	16,51	12,12	62,23	34,89	14,84	59,65	35,28	
Chequeos del Diseño 4.08≤5.5 √ 3.24≥3 √			Tensión límite	Estabi lidad (Δ= 0)	Estabi lidad (Δ)	Tensión límite	E s t a b i lidad (Δ= 0)	E s t a b i lidad (Δ)	Tensión límite	Estabilidad (Δ= 0)	E s t a b i lidad (Δ)
			3.08≥1 √	2.3≤5.5 √	3.67≥3 √	1.47≥1 √	2.61≤ 5.5 √	4,46≥3 √	1.04≥1 √		

Análisis sísmico de los puentes vehiculares con aislamiento sísmico

		Resultados del Análisis Sísmico del puente vehicular con aisladores elastoméricos								
		Caso 1			Caso 2			Caso 3		
Fuerza Cortante Basal (Kg)		X	Y		X	Y		X	Y	
		85842,91	90510,23		400746,16	400505,99		555890	552551	
Períodos de Vibración Teff (seg)		X	Y		X	Y		X	Y	
		1,36	1,27		1,6	1,57		1,53	1,51	
Masa participativa		X	Y	MZ	X	Y	MZ	X	Y	MZ
		98,15%	99,28%	98,90%	98,10%	99,23%	99,53%	98,00%	99,00%	99,00%
Desplazamientos Laterales d (cm)	Elemento	X	Y		X	Y		X	Y	
	E1	3,55	3,92		25,67	24,5		33,68	32,09	
	P1	3,48	3,92		25,69	24,9		33,68	32,55	
	P2	3,48	3,92		25,69	24,9		33,68	32,55	
	E2	3,55	3,92		25,67	24,5		33,68	32,09	

Desempeño sísmico de los puentes vehiculares

			Sentido Longitudinal			Sentido TransVersal		
			Sin LRB	Con LRB	% Desempeño	Sin LRB	Con LRB	% Desempeño
Caso 1	Fuerza Cortante Basal (Kg)		266054,00	85842,91	67,73	485980,00	90510,23	81,38
	Periodos de Vibración Teff (seg)		0,80	1,36	70,43	0,58	1,27	119,88
	Desplazamientos Laterales d (cm)	E1	4,00	3,55	-	2,48	3,92	-
		P1	3,99	3,48	-	1,62	3,92	-
		P2	3,99	3,48	-	1,62	3,92	-
		E2	4,00	3,55	-	2,48	3,92	-
Caso 2	Fuerza Cortante Basal		897932,00	400746,16	55,37	1641152,00	400505,99	75,60
	Periodos de Vibración Teff (seg)		0,80	1,60	100,50	0,58	1,57	172,10
	Desplazamientos Laterales d (cm)	E1	13,50	25,67	-	8,37	24,50	-
		P1	13,46	25,69	-	5,46	24,90	-
		P2	13,46	25,69	-	5,46	24,90	-
		E2	13,50	25,67	-	8,37	24,50	-
Caso 3	Fuerza Cortante Basal		1228755,24	555890	54,76	2245636,00	552551,00	75,39
	Periodos de Vibración Teff (seg)		0,789	1,53	93,92	0,58	1,51	161,70
	Desplazamientos Laterales d (cm)	E1	18,45	33,68	-	11,14	32,09	-
		P1	18,4	33,68	-	7,38	32,55	-
		P2	18,4	33,68	-	7,38	32,55	-
		E2	18,45	33,68	-	11,17	32,09	-

Conclusiones

Una vez finalizado el análisis de los resultados se presentan las conclusiones, las cuales se desarrollaron a través de cada uno de los objetivos específicos de la investigación.

Los puentes vehiculares sin la presencia de aislamiento sísmico presentaron valores relacionados con las respectivas condiciones sísmicas bajo las cuales estuvieron sometidos, para la primera los esfuerzos producidos fueron bajos comparados con los otros dos casos, para el segundo los esfuerzos producidos fueron de magnitud intermedia comparados con los otros dos casos y para el ultimo las magnitudes fueron mucho mayores.

Con respecto al comportamiento del puente, su periodo fundamental se encuentra en la zona del espectro donde la estructura será sometida a las mayores fuerzas sísmicas. Y también el puente con esta configuración estructural logra que la masa participativa tenga más del 90% para los tres primeros modos de vibración.

Siguiendo este orden de ideas, los diseños finales de los aisladores obtenidos fueron razonablemente óptimos, específicamente para la condición sísmica no.1 el aislador cumple con los requerimientos de los esfuerzos límites de corte con un comportamiento estable, el cual se logró con dimensiones justa, no excesivas y que pudieran ser un factor de incremento en el valor monetario del aislador. Seguidamente, para la condición sísmica no.2 los requerimientos de los esfuerzos límites de corte se satisficieron, pero para que el aislador tuviera un comportamiento estable durante su funcionamiento, los esfuerzos que puede soportar son el doble de lo que exige la condición sísmica. Por último, para la condición sísmica no. 3 ocurrió lo mismo para el rendimiento a esfuerzos límites de corte, adicionando que para la estabilidad del aislador en estado no deformado existe una holgura considerable, ambas cosas fueron producto de la búsqueda de la estabilidad del aislador en estado deformado, esta peculiaridad tuvo que ver con la alta peligrosidad sísmica del caso.

La implementación de los aisladores en los puentes vehiculares, demostró una gran capacidad de disminución de las sollicitaciones sísmicas de los elementos estructurales del puente, gracias al logro del aumento del periodo fundamental y la consecuente disminución de las aceleraciones, lo cual implicó aumentos en los desplazamientos pero de forma

controlada por la incorporación de amortiguamiento, esto se logró para los 3 casos, obteniendo beneficios dentro de los 50 hasta 80% de disminución de las solicitudes.

Sin embargo, debido al elevado valor monetario de los dispositivos, su implementación esta justificada o no para cada caso, específicamente para el caso 1, debido a las pequeñas dimensiones de los dispositivos, relacionado claramente con su condición de baja sismicidad se cuestionó su presencia, ya que las fuerzas sísmicas podrían ser controlables con un sistema convencional de apoyos, solo otorgarle una alta importancia al puente pudiera justificar su implementación o también la determinación de un ahorro económico por la disminución del reforzamiento.

Si se toma en consideración las condiciones sísmica no.2 y 3, la implementación de los dispositivos esta mas apoyado por altas fuerza sísmicas producidas debido a la alta sismicidad presente en ambos casos, los beneficios obtenidos fueron desde un 70 a 80% de disminución de los esfuerzos, sin embargo igual se debe considerar de forma equivalente los costo económicos que generarían los aisladores ya que el puente se considera corto al compararlo con puentes de que presentan longitudes muchísimo mayores lo cual les otorga a los últimos un grado de importancia muy elevado así como esfuerzos sísmicos mucho mayores.

Referencias Bibliográficas

- Buckle I., Al-Ani M. y Monzon E. (2011). Seismic Isolation Design Examples of Highway Bridges. *Revisit scientific by University of Nevada Reno*.
- AASHTO. (2014). *AASHTO LRFD. Bridge design specifications 2014*. Washington DC, USA
- AASHTO. (2010). *Guide Specifications for Seismic Isolation Design*. Washington DC, USA

Notas Especiales

¹Este trabajo es derivado del Trabajo Especial de Grado, intitulado: “Desempeño sísmico en puentes vehiculares de vigas metálicas apoyadas en aisladores elastoméricos con núcleo de plomo”. presentado en la Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo-Venezuela.

Normas para la presentación de Artículos

TECNOAPORTES, Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Urdaneta es un instrumento de divulgación científica adscrito al Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela. Es una revista arbitrada con periodicidad semestral, contentiva de artículos científicos originales no publicados en las áreas Ingeniería en Producción Animal, Civil, Industria, Eléctrica, Computación y Telecomunicaciones y otras disciplinas directamente vinculadas con las éstas, de autoría individual o colectiva, que cumplan con las normas de publicación.

Los autores deben cumplir con los siguientes aspectos:

1. EL ENVÍO DE LOS TRABAJOS.

Los autores deben enviar el ARTÍCULO, a la Revista, con una CARTA DE ORIGINALIDAD Y CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR firmada por el (los) autor(es), a la siguiente Dirección electrónica: tecnoaportes@uru.edu o en su defecto consignar la carta en el Fondo Editorial, ubicada en el Edificio de Biblioteca, oficina B2-02. En caso que el ARTICULO sea derivado de Trabajo Especial de Grado de la Universidad Rafael Urdaneta y con recomendación a PUBLICACIÓN la Escuela correspondiente gestionara el envío del mismo.

Los trabajos deben ser redactados en MICROSOFT OFFICE WORD bajo ambiente Windows 2007 o superior. No deben tener más de tres (3) autores. Las opiniones de los artículos serán responsabilidad exclusiva de los autores y, si bien son avalados en términos del rigor conceptual y metodológico por el editor de la revista y su Comité Editorial, no comprometerán a la Revista ni a la Universidad Rafael Urdaneta. La redacción de los trabajos es impersonal.

2. TIPOS DE TRABAJOS.

Se aceptarán para la publicación artículos inéditos derivados de un proceso de investigación, esto es, que no hayan sido enviados o publicados en otro medio de divulgación científico- tecnológico o científico- humanístico con anterioridad.

2.1 Artículos originales o de investigación de las áreas de la Revista.

2.2 Artículos de actualización profesional que resuman el “Estado del Arte” de las áreas de la Revista.

2.4 Artículos de revisión donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones, publicadas o no, sobre una temática especializada de las áreas de la revista.

2.5 Artículos de discusión en los cuales se presentan el debate de afirmaciones realizadas en artículos anteriores.

2.3 Artículos de reflexión sobre un tema específico de las áreas de la revista, desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, recurriendo a fuentes originales.

2.6 Artículos de invitados especiales se publicará artículos donde el autor expone, somete a discusión y realiza comentarios de un tema relevante desde una óptica particular y experta, sin estar sometido a la estructura habitual de un artículo original o de investigación.

3. ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS.

3.1 Los trabajos deben indicar la sección a la cual pertenece. Las secciones son:

Presentación: En esta sección se publicarán artículos que resumen todos trabajos perteneciente al periodo de vigencia de cada Número, por tanto, en este espacio escriben uno o más miembros que pertenecen al equipo editorial de la Revista. No se somete al proceso de arbitraje, sino más bien, a la revisión interna por parte de Comité Editorial.

Notas Editorial: En esta sección se publicaran comentarios o artículos breves relacionados con actualizaciones de la Revista, hechos noticiosos de la realidad venezolana y/o internacional. Por tanto, en este espacio escriben uno o más miembros que pertenecen al equipo editorial de la Revista y/o invitados especiales. No se somete al proceso de arbitraje, sino más bien, a la revisión interna por parte de Comité Editorial.

Investigaciones: En esta sección se publicarán artículos derivados de procesos investigativos, los cuales muestran una integración entre datos empíricos, la interpretación y la perspectiva de otros autores. En cuanto a su organización

los Artículos originales o de investigación, Artículos de actualización profesional, Artículos de revisión y Artículos de discusión deben tener la estructura siguiente: Introducción (problema, objetivos, razón de ser del artículo, justificación), Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos (para investigaciones financiadas por organismo externos), y Referencias Bibliográficas. Todos los títulos de los apartados se deben colocar en negritas a 14 pts. Esta estructura debe aplicarse a los artículos referidos a Ingeniería en Producción Animal, Civil, Industria, Eléctrica, Computación y Telecomunicaciones y otras disciplinas directamente vinculadas con las éstas,

Ensayos: En esta sección se publicará los artículos de reflexión y los artículos de invitados especiales que tienen el propósito de mostrar una reflexión sobre un tema o tópico determinado. En cuanto a los artículos de reflexión y los artículos de invitados especiales deben tener la estructura siguiente: Introducción, Reflexión o Desarrollo (Se permite el uso de subtítulos que muestre las opiniones y argumentos), Conclusión y Referencias Bibliográficas. Todos los títulos de los apartados se deben colocar en negritas a 14 puntos y los subtítulos en cursiva a 12 puntos.

4. EXTENSIÓN DE LOS TRABAJOS.

4.1 Los artículos derivados de la práctica investigativa deben tener máximo 25 páginas y con un mínimo de 16 páginas incluidas las ilustraciones y las referencias bibliográficas.

4.2 Los artículos de reflexión y artículos especiales deben tener máximo 14 páginas y mínimo 10 páginas incluidas las referencias bibliográficas.

4.3 Los artículos relacionados con descripciones de propuestas deben tener máximo 20 páginas y mínimo 14 páginas.

5. ASPECTOS FORMALES.

5.1 La letra para los trabajos es Times New Roman, doce (12) puntos y el título del artículo principal debe estar dieciséis (16) puntos. Véase apartado 3.

5.2 Todo trabajo debe tener un interlineado de 1.5 puntos; excepto el resumen que debe estar a espacio sencillo. Se debe dejar una sangría 10 mm al inicio de cada párrafo excepto el resumen.

5.3 Los márgenes izquierdo, derecho, superior e inferior 2cm.

LA PORTADA PARA LOS TRABAJOS (Véase Página 10).

6.1 Título principal: Debe resumir la idea principal del trabajo de la forma más precisa y menos extensa posible, a fin de facilitar su inserción en las bases de datos internacionales. No debe exceder de ocho (8) palabras. No se aceptan subtítulos. No usar verbos para la formulación del título. Se deben incluir dos (2) elementos: el título (en español e inglés). Además se deberá colocar la referencia si este artículo es producto de trabajo de grado, investigación o proyecto.

6.2 Autor y afiliaciones: Se recomienda colocar nombres y apellidos de los autores separados con el signo de puntuación coma (,) y para incluir al último autor utilizar la letra “y”, estos deben presentarse sin títulos profesionales. Para afiliaciones se debe colocar el nombre de la universidad, centro, instituto u organismo al cual se encuentra adscrito cada uno de los autores, seguido la ciudad, país, correo electrónico y número teléfono para esto se emplea el sistema numérico de superíndice.

6.3 Resumen: Con redacción impersonal, que contenga objetivo general, metodología, resultados y conclusiones de la investigación. Debe realizarse en un solo párrafo de 150 palabras máximo, a un (1) espacio. Idiomas: español e inglés.

6.4 Palabras clave: Entre tres y cinco palabras claves. Deben dar cuenta del contenido científico del artículo y estar presentes en el resumen, tanto en español como en inglés.

6.5 Notas Especiales: Se debe realizar una nota especial donde se indica el origen de los resultados de investigación.

7. CITAS BIBLIOGRÁFICAS.

Para las citas se debe emplear las normas APA, sexta edición.

7.1 Citas literales: Para indicar los autores de las citas literales o textuales (largas y cortas) usadas en el desarrollo del texto, se debe incluir los siguientes elementos: Apellido del autor y año de publicación; número de página o párrafo. El uso de los paréntesis va depender del énfasis que se proporcionar a los autores citados. Ejemplos: Prieto (1985, p.95) y (Prieto, 1985, p.95).

7.2 Citas no literales: Para indicar los autores de las citas no literales (paráfrasis o resumen) usadas en el desarrollo

del texto, se debe incluir los siguientes elementos: Apellido del autor y año de publicación. El uso de los paréntesis va depender del énfasis que se les proporcionar a los autores citados. Ejemplos: Prieto (1985); En 1985, Prieto... y (Prieto, 1985).

7.3 Estilo de las citas: Para insertar las citas cortas (hasta 40 palabras) en el texto se deben aplicar comillas dobles de apertura y cierre de la idea del autor. Ejemplo: “La Educación a Distancia es una modalidad utilizada en muchos países de la región, como alternativa para ampliar la cobertura académica e incrementar los niveles de acceso”... y cuando se le ha eliminado algunas oraciones frases o palabras de debe emplear entre corchetes los puntos suspensivos. Ejemplo: “La globalización y el uso generalizado de la tecnología de la información y la comunicación, no solamente han cambiado la forma en que trabajamos y hacemos negocios, sino que también han transformado lo que tenemos que saber [...]”

Para insertar las citas largas (más de 40 palabras) en el texto se deben aplicar margen a la derecha e izquierda de 1,27 cm. Ejemplo:

Malpica (2012, p.1) manifiesta que:

La calidad educativa no se puede entender sino a través de la excelencia en la profesión docente, y no de forma individual, sino colectiva, altamente supervisada, que permita a los profesionales no sólo ser buenos aplicadores sino, sobre todo, sentirse seguros para comportarse también como estrategias de su clase en el desarrollo de una metodología común y compartida, intentar prácticas nuevas y ser reconocidos por ellas.

7.4 Algunos casos:

- En caso de que la fuente citada presente tres autores se menciona la primera vez todos los autores y partir de la segunda se coloca el apellido del primer autor y la palabra et al. En cursiva.
- En caso de que la fuente citada presente cuatro autores se menciona desde la primera vez el apellido del primer autor y la palabra et al. En cursiva.
- Para separar autores de una misma fuente se usa el signo & y para separar autores de diferentes fuentes se usa la letra “y”.
- En caso de varias páginas continuas deben separarse por guión: (Henríquez, 1990, p. 56-57).
- Cuando la cita es de páginas aisladas, no continuas, deben separarse por una coma: (Henríquez, 1990, p. 56, 66).
- Si hubiese más de una publicación de un autor en el mismo año, la distinción se realizará con letras en minúsculas luego del año de publicación, siguiendo el orden alfabético: (Henríquez, 1990a, p.56).
- Deben evitarse citas de trabajos no publicados o en imprenta, también referencias a comunicaciones y documentos privados de difusión limitada.
- Toda cita bibliográfica debe tener su respectiva referencia bibliográfica. Los autores son responsables de la fidelidad.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

8.1 Orden de las referencias: Deben disponerse en orden alfabético, atendiendo al primer apellido del autor citado. Si se hace referencia a más de un trabajo del mismo autor, pero publicados en años diferentes, se hará por orden cronológico descendente de los años de publicación. Seguir las normas generales de citas bibliográficas.

8.2 Números de autores de la fuente citada: Si se trata de una fuente que tiene dos y hasta seis autores, se escriben los apellidos y con la inicial del nombre de todos los autores separados con coma y para indicar el último autor se usa el signo &. Si trata de una publicación que contiene más de seis autores se escriben los seis primero, después tres puntos suspensivos y agregar el último autor. Véase apartado 7.4 para Citas Bibliográficas. Ejemplos de referencias según el número de autores:

Referencias con más de un autor: Tobón, S., Rial A., Carretero M. & García J. (2006).

Referencias con más seis autores: Sanz, K., Paz, A., Briceño, M., Gando, L., Sosa, J. Loaiza, D.,... Semprun, L. (2010).

8.3 Datos referenciales:

Libros: Cuando se trata de libros, los elementos de la referencia serán los siguientes: Apellido (coma), inicial del nombre del autor del Libro (punto); Año de publicación entre paréntesis (punto); título del libro en (cursiva); edición entre paréntesis (punto); editorial (dos puntos). En caso, del libro digital después del título del libro (cursiva) se coloca el url. Ejemplos:

- *Libro en impreso:* Brewer Carias, A. (2002). *El Derecho Administrativo y la Ley Orgánica de Procedimientos Administrativos*. Editorial Jurídica Venezolana.
- *Libro digital:* Semprun, K. (2015). *Madurez Escolar*. Fondo Editorial Biblioteca de Universidad Rafael Urdaneta. <http://www.uru.edu/fondoeditorial/madurez-semprun.htm>

Capítulos de Libros: Cuando se trata de un capítulo de un libro los elementos a colocar son: Apellido (coma), inicial del nombre del autor del capítulo (punto); Año de publicación entre paréntesis (punto); título del capítulo (punto); En Apellido (coma), inicial del nombre del autor o editor del libro; título del libro (cursiva); pp (cantidad de páginas); Editorial; Lugar de publicación. Ejemplo:

- *Capítulo de Libro:* Becerra, M. (2012). El trabajo académico, plagio y derechos de autor. En Fernando Cano Valle, Alberto Campos Campos, Enrique Cáceres Nieto y Enrique Díaz-Aranda (coord.), *Dispraxis*, (2a. ed.). pp. 147-171. México: Instituto de Investigaciones Jurídicas de la Universidad Nacional Autónoma de México. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/7/3138/11.pdf>

Publicaciones seriadas (Revistas y Boletines): Cuando se trata de una revista los elementos de la referencia son los siguientes: Apellido (coma), inicial del nombre del autor del artículo (punto); Año de publicación entre paréntesis (punto); título del artículo (punto); título de la revista o periódico (cursiva y coma); volumen (coma); número entre paréntesis; páginas o sección. Cuando es una revista en versión electrónica se le agrega al final el url

- *Revista impresa:* Galue, L., & Castillo, G. (2011). Algunos resultados sobre la función de Besse de dos índices y un parámetro. *Revista Tecnocientífica URU*, (1) 59-71.
- *Revista digital:* Echeverría, J. (2005). La revolución tecnocientífica. *CONfines de relaciones internacionales y ciencia política*, 1, (2), 09-15. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35692005000200001&lng=es&tlng=es.

Normas: Autor Corporativo. (Año de publicación). Título de la Norma (En cursiva), N.º de la norma. Lugar. Editorial. URL (agregar URL para la versión electrónica). Ejemplos:

- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (2001). *COVENIN 1756-2001: Edificaciones Sismorresistentes*. Comité técnico de normalización CT-03: Construcción, en su reunión N.º 7-01. Caracas, Venezuela. Fondonorma.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1994). *COVENIN 120:1994: Mantequilla*. (3ª Rev.). Comité técnico de normalización CT-10: Productos Alimenticios en su reunión N.º 129-94. Caracas, Venezuela. Fondonorma.

Tesis: Apellido (coma), inicial del Nombre (punto), año de publicación entre parentesis. Título en cursiva de la tesis (punto), Dentro de parentesis se coloca tipo de tesis de pregrado, maestría o doctoral (coma). Nombre de la institución. y finalmente se indica la Ciudad (coma) y País. Ejemplos:

- Gutierrez, E. y Santlli, D. (2018). *Potencial de ahorro de agua potable en el estanque de almacenamiento del Mall Delicias Plaza al utilizar agua de lluvia para riego en áreas verdes*. (Trabajo Especial de Grado en Ingeniería Civil, Universidad Rafael Urdaneta). Maracaibo, Venezuela.
- Mesa, C. (2008). *Problemática de la escasez de agua de consumo del sector 24 de septiembre, en la parroquia Idelfonso Vásquez*. (Trabajo Especial de Grado, Universidad Rafael Urdaneta). Maracaibo, Venezuela. <http://200.35.84.131/portal/bases/marc/texto/9111-08-01917.pdf>

Fuente de internet: Apellido (coma), inicial del nombre del autor (punto); Año de publicación entre paréntesis (punto); título del documento (cursivas) y URL. Ejemplo:

- EcuRed. (2019). *Tecnociencia*. <https://www.ecured.cu/Tecnociencia>
- Federación de Psicólogos de Venezuela. (2017). *Pronunciamento conjunto de la RAP, FPV y el Área de Psicología de la UCV*. <http://www.fpv.org.ve/wordpress/2017/05/pronunciamento-conjunto-de-la-rap-fpv-y-el-area-de-psicologia-de-la-ucv/>

Multimedia (Videos y Audios): Los elementos son los siguientes: Apellido (coma), inicial del nombre del autor (punto) y/o Apellido e inicial del nombre del productor, y/o Apellido e inicial del nombre del director; año de publicación

entre paréntesis (punto); título en cursiva (punto); Designación de material (película/video) entre corchetes (punto). País. Estudio cinematográfico y URL.

Se recomienda para el uso de citas bibliográficas fuentes confiables, es decir provenientes de entidades naturales o jurídicas reconocidas y aceptadas en ámbito científico. Ejemplo:

Youtube:

- Canal Salesianos SSM. (2012). *Educación en el siglo XXI. Nuevas necesidades ¿nuevos retos?*. [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=L6MNTXi82GM>

Película:

- Scorece, M. (Productor), y Lonergan, K. (Escritor/Director). (2000). *Tu puedes contar conmigo*. [Película]. New York: Paramount Pictures.

Mensajes en Redes sociales (Facebook, Twitter y Instagram): Los elementos son los siguientes: Apellido (coma), inicial del nombre del autor, Nombre del usuario entre corchetes (punto); día, mes y año de publicación entre paréntesis (punto); Título de la Publicación: 20 palabras del Mensaje y en entre corchetes la descripción de la forma de contenido, de nuevo entre corchetes con la palabra Tweet o Post. Red Social. URL. Ejemplo:

Mensaje en Twitter:

Universidad Rafael Urdaneta [NotiURU]. (16 de Diciembre de 2019). *Más de 400 nuevos profesionales egresaron de la Universidad Rafael Urdaneta. en la Gran sala del Aula Magna se celebraron los actos pertenecientes a la centésima segunda promoción de pregrado y nonagesima sexta de postgrado #URUconstructoresdeunNUEVOPAIS* [Miniatura con enlace Adjunto] [Tweet]. Twitter. <https://twitter.com/NotiURU/status/1206652882885513216?s=20>

8. FIGURAS, GRÁFICOS, CUADROS Y TABLAS DE LOS TRABAJOS.

8.1 Las figuras, fotografías, diagramas, gráficos y mapas deben denominarse como figuras y estas deben estar enumeradas con números arábigos, así como las tablas. Se anexarán también por separado en el CD-ROM con excelente calidad.

8.2 Se aceptarán las ilustraciones que el (los) autor (es) considere (n) necesarios, respetando la extensión máxima de páginas establecidas en las normas.

8.3 Tanto, las tablas como las ilustraciones deben ser incluidas en el texto correspondiente (no agrupadas al final del trabajo), identificarse con números arábigos, tener un encabezamiento específicamente descriptivo, estar citadas en el texto en estricto orden numérico.

8.4 Todos los símbolos matemáticos deben ser escritos en forma clara y legible, con los subíndices y superíndices ubicados correctamente.

8.5 Deben ser numeradas todas las ecuaciones matemáticas en forma consecutiva con números arábigos entre paréntesis y ubicados en el margen derecho y deben estar citadas en el texto.

8.6 Las ecuaciones y símbolos matemáticos deben ser editables en el programa Math Type Server.

- Ejemplos de Tablas:

Tabla 1

Parámetros de calidad del agua

Parámetros	Límite máximo permisible
pH	6 – 8
Concentración de hidrocarburos (mg/l)	<10 ppm
Sólidos suspendidos (Velásquez, 2010).	<10 ppm

Nota: Petróleos de Venezuela, S.A. (2015)

- Ejemplos de Figuras:

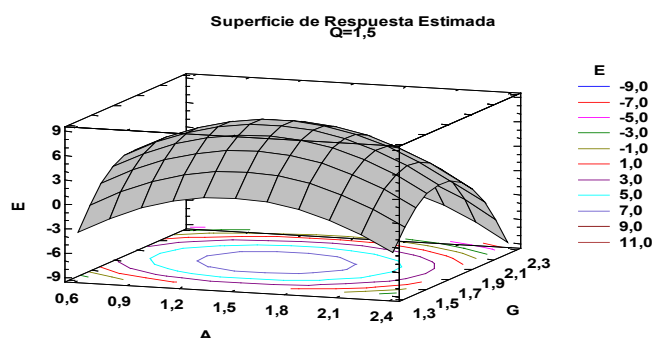


Figura 1. Superficie de respuesta con concentración de quitosano constante

Nota: Godoy, Padilla & Urribarri (2019)

- Ejemplos de Ecuaciones

$$Ri = \frac{Remf, Cónica}{Remf, Plana} = \alpha * (Di / Dc)^k + \beta \quad (1)$$

9. ARBITRAJE DE LOS TRABAJOS.

9.1 El trabajo, recibido por el Editor(a), será enviado al Comité Editorial para su revisión y consideración de tres árbitros.

9.2 El método de arbitraje que sigue la revista es de tipo “doble ciego”, que consiste en que tanto los árbitros como los autores desconocen sus respectivas identidades.

9.3 Los trabajos serán evaluados de acuerdo a los siguientes criterios: claridad, originalidad del contenido, aportes al campo de conocimiento, coherencia del discurso, adecuada organización interna, calidad de las referencias bibliográficas, adecuada elaboración del resumen y pertinencia del título.

9.4 Todo artículo científico- tecnológico o científico- humanístico derivado de Tesis de Grado será objeto de examen por jurado de expertos en las áreas profesionales correspondientes.

9.5 Los artículos calificados con recomendación a “Publicación” se someterán a un comité de árbitros que los evaluarán según los criterios indicados en la sección 5.3

9.6 En caso de recibir observaciones por parte de los árbitros, estas serán enviadas al(los) autor(es) para su corrección. Después de realizar las correcciones, los autores devolverán la versión corregida en un CD-ROM, así como un original impreso y tres copias.

9.7 Las pruebas de imprenta serán enviadas a los autores para la revisión final del artículo.

9.8 Cuando el trabajo sea aceptado, los autores serán informados del tiempo aproximado de publicación. Si el trabajo es rechazado los autores podrán remitir al Editor(a) Jefe una comunicación exponiendo argumentos a favor de su artículo. El Comité Editorial considerará las acciones a tomar.

10. ÉTICA DE LA PUBLICACIÓN.

Tecnoaportes, para hacer la detección de plagio, similitudes en textos publicados y situaciones de mala prácticas (inconsistencias en la citación, presentación y origen de los datos, omisiones) en las obras postuladas para su publicación utilizara software disponibles y el motor de búsqueda *Google*.

11. CONSIDERACIONES FINALES.

11.1 El Comité Editorial se reserva el derecho de los arreglos de estilo que considere conveniente.

11.2 Bajo ninguna circunstancia, la revista devolverá los originales (Impreso y CD-ROM) de los artículos enviados para su consideración.

11.3 Lo no previsto en las presentes normas será resuelto por el Comité Editorial.

CARTA DE ORIGINALIDAD Y CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR

Señores

Comité Editorial

***TecnoAportes: Revista de la Facultad de Ingeniería
de la Universidad Rafael Urdaneta.***

Maracaibo – Venezuela

Por medio de la presente, yo _____, envío a ustedes, el artículo titulado:

_____ ; el cual es derivado de _____
_____ para que se considere su evaluación y publicación.

Para tal fin doy fe y certifico por medio de la presente que:

El artículo es ORIGINAL e INÉDITO, el cual constituye una producción intelectual propia de la(s) persona(s) abajo indicada(s) y no ha sido divulgado a terceros(as) de forma pública, por ningún medio de difusión impreso o digital.

☐ El artículo no ha sido postulado simultáneamente para su publicación ante otra revista impresa, electrónica ni en ningún otro medio escrito u órgano editorial.

☐ En caso de que el artículo postulado sea aceptado para su publicación, se permite la cesión GRATUITA, EXCLUSIVA Y POR PLAZO INDEFINIDO de su(s) derecho(s) patrimonial(es) de autoría a la Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela.

No existen conflictos de intereses que puedan afectar el contenido, resultados o conclusiones del artículo. En caso de existir conflictos, declaramos lo siguiente:

Autorizamos a la Revista Estudiantil URU de la Universidad Rafael Urdaneta publicar junto con el artículo, los datos personales necesarios tales como: nombre, apellidos, institución de filiación, ciudad y país, correo y número ORCID.

En caso de ser un artículo elaborado por varios autores, estamos de acuerdo con el orden en el que aparecen todos y cada uno de los autores en el artículo y confirmamos que no existen personas adicionales que satisfagan los criterios de autoría que no hayan sido incluidos en la lista de autores del trabajo.

Comprendemos que la persona indicada arriba, es el contacto de correspondencia, por tanto, es el único contacto durante el proceso editorial, es el responsable de comunicarse con el resto de los autores y es quien autoriza la versión final de publicación.

En conformidad con todo lo anterior, van los nombres y datos de autores, así:

Nombres y Apellidos	Institución	Ciudad, País	Teléfono y e-mail	ORCID	FIRMA
1.					
2.					
3.					

Constancia que se expide en el mes de _____ a los días _____ del año _____.

Atentamente,

Firma del autor de correspondencia (mencionado arriba)

*La CARTA debe llenarse con un solo color de bolígrafo, en letra imprenta y NO PUEDE TENER TACHADURAS.

EJEMPLO DE LA PRIMERA PÁGINA

Título del artículo en español, 16 puntos, en negrita¹

Nombre y Apellido del Autor² y Nombre y Apellido del Autor³

²Universidad, Centro, Instituto de adscripción del autor. Ciudad, País.

Correo Electrónico: correo electrónico

³Universidad, Centro, Instituto de adscripción del autor. Ciudad, País.

Correo Electrónico: correo electrónico

Resumen

Muy lejos, más allá de las montañas de palabras, alejados de los países de las vocales y las consonantes, viven los textos simulados. Viven aislados en casas de letras, en la costa de la semántica, un gran océano de lenguas. Un riachuelo llamado Pons fluye por su pueblo y los abastece con las normas necesarias. Hablamos de un país paraisomático en el que a uno le caen pedazos de frases asadas en la boca. Ni siquiera los todopoderosos signos de puntuación dominan a los textos simulados; una vida, se puede decir, poco ortográfica. Pero un buen día, una pequeña línea de texto simulado, llamada Lorem Ipsum, decidió aventurarse y salir al vasto mundo de la gramática. El gran Oxmox le desaconsejó hacerlo, ya que esas tierras estaban llenas de comas malvadas, signos de interrogación salvajes y puntos y coma traicioneros, pero el texto simulado no se dejó atemorizar. Empacó sus.

Palabras claves: Palabra 1, Palabra 2, Palabra 3, Palabra 4.

Título del artículo en inglés, 16 puntos, en negrita

Abstract

Me omnihil labores etur, cusam re libus nonseque eatempo ristic dest lab invelec eatiam volorereni reris et fugitiosae suntias pienduc idest, que labores idustem reruptae. Quia que nonsequ isquodit arit pla paria si rerehen imuscia expe eos maio magnam fugia simagni magnis es esti vel idelistium, cust audae et velibusame parcius aut dolore non resseque volorio nsedit magniss equatecaest, sequi as digendu cimenectus sinum doles voluptaque vollo ommo excerum quamusci berume minum etum equossed mo con re, seria simus poreped minverio quiberaturem haruntia ea namet re verrum la voluptatur? Quis ra sam eos moluptae sam ra dis unt lanis as asit fuga. Nemporem aut que aliqui audae as re, qui sunt aliscid eratusa erionecus, sed mincit laut verrovide net hilicem seria simus poreped minverio quiberaturem haruntia ea namet re verrum la voluptatur? Quis ra sam eos moluptae sam ra dis unt lanis as asit fuga.

Key Words: Key Word 1, Key Word 2, Key Word 3, Key Word 4.

¹ Artículo de investigación derivado del Trabajo Especial de Grado, titulado: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXX, presentado en la Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela.

Maracaibo- Venezuela
No. 2 2020
TECNOAPORTES