



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Título de la tesis o trabajo de investigación

Franklin Farid Ayala Cruz

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería Civil
Medellín, Colombia
2020

Título de la tesis o trabajo de investigación

Franklin Farid Ayala Cruz

Tesis o trabajo de grado presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Civil

Director(a):
Título (Ph.D., Doctor, Químico, etc.) y Andrés Fernando Osorio Arias

Línea de Investigación:
Oceanografía e ingeniería costera
Grupo de Investigación:
OCEÁNICOS

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Minas, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente
Medellín, Colombia
2020

(Dedicatoria o un lema)

Su uso es opcional y cada autor podrá determinar la distribución del texto en la página, se sugiere esta presentación. En ella el autor dedica su trabajo en forma especial a personas y/o entidades.

Por ejemplo:

A mis padres

o

La preocupación por el hombre y su destino siempre debe ser el interés primordial de todo esfuerzo técnico. Nunca olvides esto entre tus diagramas y ecuaciones.

Albert Einstein

Agradecimientos

Esta sección es opcional, en ella el autor agradece a las personas o instituciones que colaboraron en la realización de la tesis o trabajo de investigación. Si se incluye esta sección, deben aparecer los nombres completos, los cargos y su aporte al documento.

Contenido

Agradecimientos	VII
1. Introducción	3
2. Metodología	5
2.1. Zona de estudio	5
2.2. Datos empleados	5
2.3. Análisis exploratorio de los datos	6
2.3.1. Análisis de la información del mareógrafo	6
2.3.2. Análisis de la información de CMEMS	7
2.4. Caracterización del nivel del mar durante eventos ENSO	7
2.5. Correlación del nivel del mar con índices macroclimáticos	8
2.6. Funciones empíricas ortogonales	8
3. Resultados	9
3.1. Ejemplos de citas bibliográficas	10
3.2. Ejemplos de presentación y citación de figuras	11
3.3. Ejemplo de presentación y citación de tablas y cuadros	12
3.3.1. Consideraciones adicionales para el manejo de figuras y tablas	13
4. Capítulo 3	14
5. Capítulo ...	15
6. Conclusiones y recomendaciones	16
6.1. Conclusiones	16
6.2. Recomendaciones	16
A. Anexo: Nombrar el anexo A de acuerdo con su contenido	17
B. Anexo: Nombrar el anexo B de acuerdo con su contenido	18
C. Anexo: Nombrar el anexo C de acuerdo con su contenido	19

Bibliografía**21**

1. Introducción

Problema y justificación

A causa del aumento continuo del nivel del mar, algunas comunidades del Pacífico Colombiano han sufrido la pérdida de los territorios costeros donde están asentados y de sus recursos marinos. es importante conocer factores que lo generan para mejorar la gestión del riesgo en la costa. **(explicar la importancia y de su uso por la comunidad)**

Aunque la tendencia global del nivel del mar tiene valores conocidos que oscilan entre los 2-3 mm/año, no es un indicador específico de los cambios del nivel que ocurren local o regionalmente. Por ejemplo, en registros del mareógrafo de Buenaventura, la tendencia anual es de 2.8 mm/año, pero se notan aumentos súbitos del nivel de hasta 30 cm durante algunos meses.

Estos cambios locales de nivel del mar se deben a procesos estáticos y dinámicos: Patrones de viento locales, fenómenos climáticos locales, expansión térmica, derretimiento de masas de hielo, reservorios de agua en tierra y otros fenómenos macroclimáticos. (partir en 2), Estos fenómenos se presentan en diversas escalas de tiempo, con intensidades y efectos diferentes sobre la superficie libre.

A pesar de todo este conjunto de factores, aumentos súbitos importantes del nivel, se han asociado a fenómenos de variabilidad interanual, como lo puede ser el ENSO, la PDO, la NAO, entre otros. **cita de un estudio global con otros índices macroclimáticos**

Los efectos del ENSO se han empezado a documentar desde... efectos del ENSO

Hay fenómenos macroclimáticos y locales que cambian el nivel del mar tales como: deshielo glaciar, expansión térmica, oscilaciones naturales o régimen local de vientos. **(CITAR)**

También se determina la

Casos hechos pero con leves faltas

Es el caso de Estos manes quienes registraron aumentos del nivel que llevaron a la reubicación de diversas comunidades en el pacífico colombiano debidos a fases cálidas del ENSO (El Niño) que movilizaron masas de agua y trasladaron la línea de costa, tierra adentro. **explicar lo que genero.**

Aunque análisis espaciales de las anomalías de nivel del mar y su relación con este fenómeno macroclimático no han sido reportados.

Por otro lado, diversos autores ha estudiado la variabilidad espacio-temporal de las anomalías de nivel del mar y sus principales forzadores en el Pacífico Tropical y además han estimado estas anomalías en la ocurrencia de diferentes eventos ENSO fuertes. Se han encontrado correlaciones positivas fuertes en el trópico, pero que se van debilitando a medida que se varía latitudinalmente. El estudio de una region específica en el Pacífico Central...justificar

- Hablar de los hotspots
- Hablar de los objetivos
- Hablar de la ruta metodológica (párrafos por capítulo)

En la introducción, el autor presenta y señala la importancia, el origen (los antecedentes teóricos y prácticos), los objetivos, los alcances, las limitaciones, la metodología empleada, el significado que el estudio tiene en el avance del campo respectivo y su aplicación en el área investigada. No debe confundirse con el resumen y se recomienda que la introducción tenga una extensión de mínimo 2 páginas y máximo de 4 páginas.

La redacción debe ser impersonal y genérica. La numeración de las hojas sugiere que las páginas preliminares se realicen en números romanos en mayúscula y las demás en números arábigos, en forma consecutiva a partir de la introducción que comenzará con el número 1. La cubierta y la portada no se numeran pero si se cuentan como páginas.

Para resaltar, puede usarse letra cursiva o negrilla. Los términos de otras lenguas que aparezcan dentro del texto se escriben en cursiva.

2. Metodología

2.1. Zona de estudio

2.2. Datos empleados

a) Datos de mareógrafo: En el área de estudio se han captado registros del nivel del mar por un mareógrafo ubicado en UBiCACION. Este equipo radar consta de un transmisor que lanza un haz electromagnético con una frecuencia modulada hacia la superficie libre y bajo el efecto doppler determina la distancia existente entre el transmisor y la superficie libre. Los errores que se pueden obtener bajo este método son debidos a cambios en la temperatura en el aire, la interferencia de objetos en el haz e inclusive la acción de las olas [4]. Este mareógrafo hace parte de la red de estaciones del nivel del mar creada por la UNESCO y la comisión oceanográfica intergubernamental y sus registros del nivel del mar están disponibles desde 1953 hasta 2014, a resolución horaria. Debido a operaciones de mantenimiento y reparación, existen datos faltantes a largo del registro y su longitud puede ser tanto de un día como de un año, estas intermitencias han generado problemas en el tratamiento de la información, los cuales se explicarán posteriormente. La información está disponible en la página web www.ioc-sealevelmonitoring.org.

b) Datos de reanálisis: Diferentes centros de análisis de información meteorológica y oceánica como el ECFMW y el CMEMS, desarrollan y ejecutan diferentes modelos para describir la evolución espacio-temporal de variables termodinámicas como temperatura, salinidad, concentración de hielo, nivel del mar, etc. CMEMS usó el modelo de circulación global oceánica NEMO en conjunto con técnicas de reanálisis para generar producto GLORYS12V1, allí se pueden obtener información del nivel del mar cubriendo el período de registro de datos altimétricos desde el lanzamiento de la misión TOPEX POSEIDON [2]. La resolución espacial es de $1/12^\circ \times 1/12^\circ$ y hay diferentes resoluciones temporales, de las cuales se elige la mensual. La región de descarga está comprendida entre -10°N y $^\circ \text{N}$ y entre 140°E y -80°W y está disponible en la página web marine.copernicus.eu

2.3. Análisis exploratorio de los datos

2.3.1. Análisis de la información del mareógrafo

El mareógrafo de Buenaventura está ubicado en una región cercana a la zona de estudio y sus registros se utilizan para conocer la evolución temporal del nivel del mar en la costa y el efecto de las fases cálidas y frías del ENSO en su variabilidad.

La marea está dividida en dos componentes: marea astronómica y marea meteorológica. La marea astronómica se deriva de la atracción gravitatoria en el sistema Tierra-Sol-Luna y por lo tanto, es fácil precisar su aporte a la onda de marea en una región. Por otro lado, la marea meteorológica o residual se debe a fenómenos macro y microclimáticos que ocurren en escalas temporales diferentes y, por lo tanto, es más difícil de precisar.

La marea astronómica de una serie se obtiene con una técnica llamada descomposición armónica [1], esta técnica descompone la señal de marea en diferentes señales (componentes armónicas) que tienen amplitud, período y fase asociados, suficientes para explicar la atracción que sufre la tierra respecto a diferentes cuerpos celestes. Estas componentes armónicas en conjunto, explican la marea astronómica total, la cuál surge del desbalance entre la fuerza de atracción gravitacional entre la tierra y cuerpos celestes vecinos y la fuerza centrífuga que actúa en ella en sus diferentes órbitas de gravitación.

Existen herramientas computacionales que realizan la descomposición de la marea en armónicos, algunos de ellos son scripts de MATLAB o Python [3], para su implementación correcta no pueden existir muchos datos faltantes debido a que la identificación de la fase y amplitud de los armónicos no es precisa.

Inicialmente, dado que se iba a usar la herramienta *ttide*, se desiste de usar todo el registro del mareógrafo por tener un .. % de datos faltantes y subestimar la amplitud de los armónicos encontrados (ej: el armónico M_2 debería tener una amplitud de 150 cm, pero sólo reconoce 105 cm), como alternativa, se usan los 18.2 años más completos dentro de la serie, debido a que cada período de estos, la declinación lunar cumple un ciclo, mejor conocido como variación nodal y los efectos de la marea se repiten, por lo menos en las magnitudes más perceptible e importantes para la determinación de la marea astronómica. Esta medida tampoco permite una descomposición armónica precisa. La última opción es usar los 6 años de registro continuo con los que se cuenta y obtener el comportamiento de los armónicos para luego extrapolarlos para todo el registro, esto implicaba perder información de las componenetas que sólo ocurren en el largo plazo. Finalmentem, se conció una herramienta más precisa para realizar la descomposición armonica y más reciente, llamada *PyTides*.

Con la marea astronómica se obtiene la serie de marea residual, restándola de la serie medida por el mareógrafo.

Se calcula la serie mensual del mareografo realizando promedios en ventanas que se desplazan cada mes

Se calculan las anomalías

2.3.2. Análisis de la información de CMEMS

Respecto a la información espacial, se obtiene una región costera de interés seleccionada entre ... y .. y ... y se promedia espacialmente la altura del nivel del mar para obtener una serie representativa para dicha región costera. Esta serie se compara con la serie mensual de los datos medidos por el mareógrafo.

Con el objetivo de visualizar espacialmente las sobrelevaciones del nivel del mar durante un año catalogado como Niño o Niña según el índice ONI, se grafica en un mapa de contorno, la altura del nivel del mar, Al tener mucha variación, se decide interpolar a una resolución con el fin de mejorar la visualización

Se calculan las anomalías

2.4. Caracterización del nivel del mar durante eventos ENSO

La resolución de la serie residual o meteorológica del mareógrafo es muy alta para el análisis del comportamiento del nivel durante los eventos ENSO, por lo tanto, se decide calcular la envolvente diaria de la serie de marea, es decir, los valores del nivel máximos diarios o sobrelevaciones máximas diarias del registro. La serie de sobrelevaciones máximas diarias se grafica en conjunto con los períodos de tiempo donde se presentaron fases cálidas y frías del ENSO según el índice ONI y el índice MEI, con el objetivo de conocer su comportamiento durante esos meses. Se suavizó la serie de sobrelevaciones en ventanas de 90 días para captar mejor las variaciones del nivel del mar

Con la información del CMEMS, se grafica un diagrama de Hovmöller para conocer la evolución temporal de las sobrelevaciones del nivel del mar durante las fases cálidas y frías del ENSO y compararla con la información del mareógrafo. Se determina la duración y frecuencia de los eventos ENSO registrados, las épocas del año en las que se presentan y las sobrelevaciones máximas que pueden generar.

2.5. Correlacion del nivel del mar con índices macroclimáticos

La serie de sobrelevaciones se correlacionó con los índices climáticos para conocer...lo que me diga una correlación.

2.6. Funciones empíricas ortogonales

3. Resultados

La tabla 1 muestra los 10 armónicos más importantes, reconociendo su importancia en función de la amplitud que aporte a la onda de marea.

Las principales componentes son: la principal lunar (M_2), la principal solar (S_2), la principal elíptica (N_2), la principal menor (K_2) y la principal medio-mayor (K_1); esto caracteriza la marea, según el criterio de **CITAR**

Los valores de las amplitudes son similares (¿Cuanto?) a los obtenidos en estudios previos de caracterización de la marea en Buenaventura **CITAR**

Los valores máximos diarios, traducidos como sobrelevaciones del nivel del mar o envolvente de la serie residual de marea, evidencian aumentos en las fases cálidas del ENSO y disminuciones en las fases frías

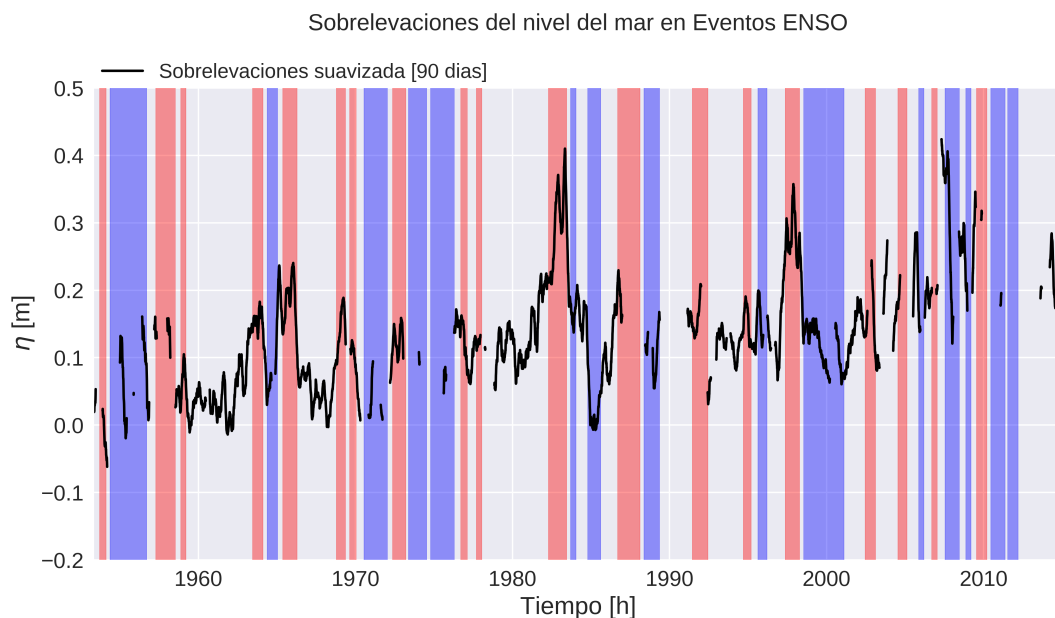


Figura 3-1.: Sobrelevaciones del nivel del mar en la bahía de Buenaventura en diferentes eventos ENSOS. Las franjas rojas y azules representan fases cálidas y frías del ENSO (Eventos de Niño y Niña)

Existen varias normas para la citación bibliográfica. Algunas áreas del conocimiento prefieren normas específicas para citar las referencias bibliográficas en el texto y escribir la lista de bibliografía al final de los documentos. Esta plantilla brinda la libertad para que el autor de la tesis o trabajo de investigación utilice la norma bibliográfica común para su disciplina. Sin embargo, se solicita que la norma seleccionada se utilice con rigurosidad, sin olvidar referenciar "todos" los elementos tomados de otras fuentes (referencias bibliográficas, patentes consultadas, software empleado en el manuscrito, en el tratamiento a los datos y resultados del trabajo, consultas a personas (expertos o público general), entre otros).

3.1. Ejemplos de citaciones bibliográficas

Existen algunos ejemplos para la citación bibliográfica, por ejemplo, Microsoft Word (versiones posteriores al 2006), en el menú de referencias, se cuenta con la opción de insertar citas bibliográficas utilizando la norma APA (American Psychological Association) u otras normas y con la ayuda para construir automáticamente la lista al final del documento. De la misma manera, existen administradores bibliográficos compatibles con Microsoft Word como Zotero, End Note y el Reference Manager, disponibles a través del Sistema Nacional de Bibliotecas (SINAB) de la Universidad Nacional de Colombia¹ sección Recursos bibliográficos. opción "Herramientas Bibliográficas. A continuación se muestra un ejemplo de una de las formas más usadas para las citaciones bibliográficas.

Citación individual:[?].

Citación simultánea de varios autores: [?, ?, ?, ?, ?, ?, ?].

Por lo general, las referencias bibliográficas correspondientes a los anteriores números, se listan al final del documento en orden de aparición o en orden alfabético. Otras normas de citación incluyen el apellido del autor y el año de la referencia, por ejemplo: 1) "...énfasis en elementos ligados al ámbito ingenieril que se enfocan en el manejo de datos e información estructurada y que según Kostoff (1997) ha atraído la atención de investigadores dado el advenimiento de TIC...", 2) "...Dicha afirmación coincide con los planteamientos de Snarch (1998), citado por Castellanos (2007), quien comenta que el manejo...z 3) "...el futuro del sistema para argumentar los procesos de toma de decisiones y el desarrollo de ideas innovadoras (Nosella *et al.*, 2008)...".

¹ Ver: www.sinab.unal.edu.co

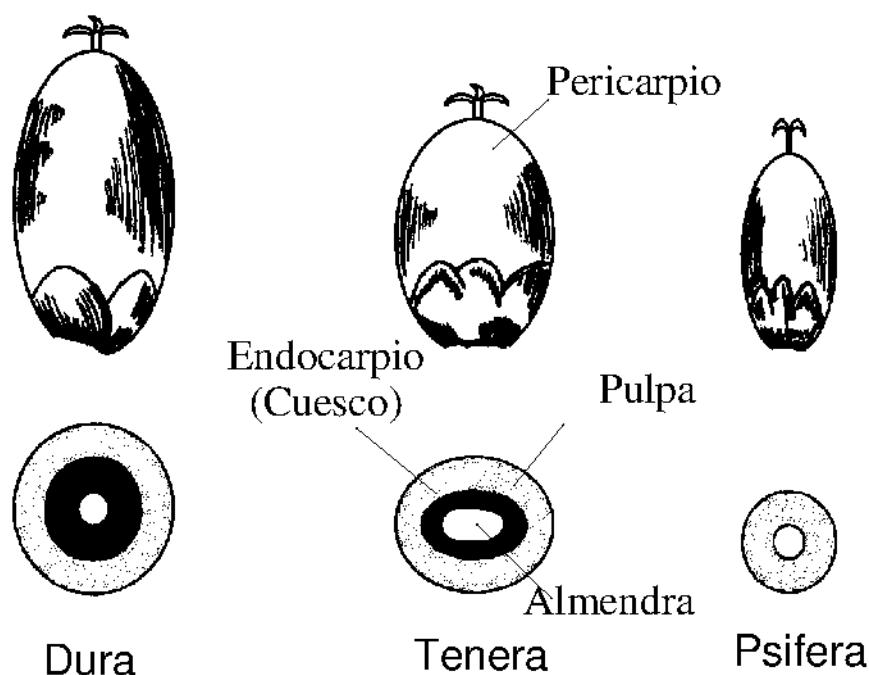


Figura 3-2.: Tipos y partes del fruto de palma de aceite [?, ?].

3.2. Ejemplos de presentación y citación de figuras

Las ilustraciones forman parte del contenido de los capítulos. Se deben colocar en la misma página en que se mencionan o en la siguiente (deben siempre mencionarse en el texto).

Las llamadas para explicar algún aspecto de la información deben hacerse con nota al pie y su nota correspondiente². La fuente documental se debe escribir al final de la ilustración o figura con los elementos de la referencia (de acuerdo con las normas seleccionadas) y no como pie de página. Un ejemplo para la presentación y citación de figuras, se presenta a continuación (citación directa):

Por medio de las propiedades del fruto, según el espesor del endocarpio, se hace una clasificación de la palma de aceite en tres tipos: Dura, Ternera y Pisifera, que se ilustran en la Figura 3-2.

²Las notas van como "notas al pie". Se utilizan para explicar, comentar o hacer referencia al texto de un documento, así como para introducir comentarios detallados y en ocasiones para citar fuentes de información (aunque para esta opción es mejor seguir en detalle las normas de citación bibliográfica seleccionadas).

3.3. Ejemplo de presentación y citación de tablas y cuadros

Para la edición de tablas, cada columna debe llevar su título; la primera palabra se debe escribir con mayúscula inicial y preferiblemente sin abreviaturas. En las tablas y cuadros, los títulos y datos se deben ubicar entre líneas horizontales y verticales cerradas (como se realiza en esta plantilla).

La numeración de las tablas se realiza de la misma manera que las figuras o ilustraciones, a lo largo de todo el texto. Deben llevar un título breve, que concreta el contenido de la tabla; éste se debe escribir en la parte superior de la misma. Para la presentación de cuadros, se deben seguir las indicaciones dadas para las tablas.

Un ejemplo para la presentación y citación de tablas (citación indirecta), se presenta a continuación:

De esta participación aproximadamente el 60 % proviene de biomasa (Tabla 3-1).

Tabla 3-1.: Participación de las energías renovables en el suministro total de energía primaria [?].

Region	Participación en el suministro de energía primaria / % (Mtoe) ¹	
	Energías renovables	Participación de la biomasa
Latinoamérica	28,9 (140)	62,4 (87,4)
Colombia	27,7 (7,6)	54,4 (4,1)
Alemania	3,8 (13,2)	65,8 (8,7)
Mundial	13,1 (1404,0)	79,4 (1114,8)

¹ 1 kg oe=10000 kcal=41,868 MJ

NOTA: en el caso en que el contenido de la tabla o cuadro sea muy extenso, se puede cambiar el tamaño de la letra, siempre y cuando ésta sea visible por el lector.

3.3.1. Consideraciones adicionales para el manejo de figuras y tablas

Cuando una tabla, cuadro o figura ocupa más de una página, se debe repetir su identificación numérica, seguida por la palabra continuación.

Adicionalmente los encabezados de las columnas se deben repetir en todas las páginas después de la primera.

Los anteriores lineamientos se contemplan en la presente plantilla.

- Presentación y citación de ecuaciones.

La citación de ecuaciones, en caso que se presenten, debe hacerse como lo sugiere esta plantilla. Todas las ecuaciones deben estar numeradas y citadas dentro del texto.

Para el manejo de cifras se debe seleccionar la norma según el área de conocimiento de la tesis o trabajo de investigación.

4. Capítulo 3

Se deben incluir tantos capítulos como se requieran; sin embargo, se recomienda que la tesis o trabajo de investigación tenga un mínimo 3 capítulos y máximo de 6 capítulos (incluyendo las conclusiones).

5. Capítulo ...

Se deben incluir tantos capítulos como se requieran; sin embargo, se recomienda que la tesis o trabajo de investigación tenga un mínimo 3 capítulos y máximo de 6 capítulos (incluyendo las conclusiones).

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

Las conclusiones constituyen un capítulo independiente y presentan, en forma lógica, los resultados de la tesis o trabajo de investigación. Las conclusiones deben ser la respuesta a los objetivos o propósitos planteados. Se deben titular con la palabra conclusiones en el mismo formato de los títulos de los capítulos anteriores (Títulos primer nivel), precedida por el numeral correspondiente (según la presente plantilla).

6.2. Recomendaciones

Se presentan como una serie de aspectos que se podrían realizar en un futuro para emprender investigaciones similares o fortalecer la investigación realizada. Deben contemplar las perspectivas de la investigación, las cuales son sugerencias, proyecciones o alternativas que se presentan para modificar, cambiar o incidir sobre una situación específica o una problemática encontrada. Pueden presentarse como un texto con características argumentativas, resultado de una reflexión acerca de la tesis o trabajo de investigación.

A. Anexo: Nombrar el anexo A de acuerdo con su contenido

Los Anexos son documentos o elementos que complementan el cuerpo de la tesis o trabajo de investigación y que se relacionan, directa o indirectamente, con la investigación, tales como acetatos, cd, normas, etc.

B. Anexo: Nombrar el anexo B de acuerdo con su contenido

A final del documento es opcional incluir índices o glosarios. Éstos son listas detalladas y especializadas de los términos, nombres, autores, temas, etc., que aparecen en el mismo. Sirven para facilitar su localización en el texto. Los índices pueden ser alfabéticos, cronológicos, numéricos, analíticos, entre otros. Luego de cada palabra, término, etc., se pone coma y el número de la página donde aparece esta información.

C. Anexo: Nombrar el anexo C de acuerdo con su contenido

MANEJO DE LA BIBLIOGRAFÍA: la bibliografía es la relación de las fuentes documentales consultadas por el investigador para sustentar sus trabajos. Su inclusión es obligatoria en todo trabajo de investigación. Cada referencia bibliográfica se inicia contra el margen izquierdo.

La NTC 5613 establece los requisitos para la presentación de referencias bibliográficas citas y notas de pie de página. Sin embargo, se tiene la libertad de usar cualquier norma bibliográfica de acuerdo con lo acostumbrado por cada disciplina del conocimiento. En esta medida es necesario que la norma seleccionada se aplique con rigurosidad.

Es necesario tener en cuenta que la norma ISO 690:1987 (en España, UNE 50-104-94) es el marco internacional que da las pautas mínimas para las citas bibliográficas de documentos impresos y publicados. A continuación se lista algunas instituciones que brindan parámetros para el manejo de las referencias bibliográficas:

Institución	Disciplina de aplicación
Modern Language Association (MLA)	Literatura, artes y humanidades
American Psychological Association (APA)	Ambito de la salud (psicología, medicina) y en general en todas las ciencias sociales
Universidad de Chicago/Turabian	Periodismo, historia y humanidades.
AMA (Asociación Médica de los Estados Unidos)	Ambito de la salud (psicología, medicina)
Vancouver	Todas las disciplinas
Council of Science Editors (CSE)	En la actualidad abarca diversas ciencias
National Library of Medicine (NLM) (Biblioteca Nacional de Medicina)	En el ámbito médico y, por extensión, en ciencias.
Harvard System of Referencing Guide	Todas las disciplinas
JabRef y KBibTeX	Todas las disciplinas

Para incluir las referencias dentro del texto y realizar lista de la bibliografía en la respectiva sección, puede utilizar las herramientas que Latex suministra o, revisar el instructivo desarrollado por el Sistema de Bibliotecas de la Universidad Nacional de Colombia¹, disponible en la sección "Servicios", opción "Trámites y enlace de entrega de tesis".

¹Ver: www.sinab.unal.edu.co

Bibliografía

- [1] DRONKERS, J. J.: *Tidal Theory and Computations*. ACADEMIC PRESS, INC., 1975. – 145–230 p. ISSN 0065–2768
- [2] FERNANDEZ, E ; LELLOUCHE, J M.: Product User Manual for the Global Ocean Physical Reanalysis Product GLORYS12V1. En: *Copernicus Product User Manual* 4 (2018), Nr. April, p. 1–15
- [3] PAWLOWICZ, Rich ; BEARDSLEY, Bob ; LENTZ, Steve: Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T TIDE \$. 28 (2002), p. 929–937
- [4] OF UNESCO, Intergovernmental Oceanographic C.: Con fines bibliográficos este document debe ser citado como sigue: Manual on Sea-level Measurements and Interpretation, Volume V: Radar Gauges. En: *IOC Manuals and Guides No.14*, vol. V 5 (2016), Nr. 89, p. 104