



Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil en Informática

# **OPTIMIZACIÓN DE CÓDIGO PARA EL PROTOTIPO DE MEDICIONES CORTICALES DE HUESOS**

Por

**Claudio Antonio Araya Valenzuela**

Trabajo realizado para optar al Título de  
**INGENIERO EN INFORMÁTICA**

Prof. Guía: Jean-Gabriel Minonzio

Prof. Co-Referente: \*

Noviembre 2018

# Resumen

A continuación aspectos que debe considera para escribir un resumen comprensible y que cumpla su propósito.

- Una o dos oraciones que provean una introducción básica al área de trabajo, comprensibles para un interesado de cualquier disciplina.
- Dos o tres oraciones de antecedentes más detallados, comprensibles para personas de disciplinas relacionadas.
- Una oración que indica claramente el problema general que trata en este trabajo de título.
- Una oración que resume el resultado principal.
- Dos o tres oraciones que explique lo que el resultado principal aporta al estado del arte.
- Una o dos oraciones para poner los resultados en un contexto más general.
- (opcional) Dos o tres oraciones para proporcionar una perspectiva más amplia, fácilmente comprensible para una persona de cualquier disciplina.

*Importante: Tome los elementos que sean pertinentes a la etapa en que está de su trabajo de título. Estos aspectos están pensados para su documento final.*

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Principales contribuciones

Los huesos son de vital importancia para la salud y la calidad de vida en general[1], ya que proporcionan al cuerpo funciones estructurales y metabólicas. Las funciones estructurales de los huesos son dar soporte para realizar las acciones mecánicas y entregar protección mecánica a distintos órganos vitales. Metabólicamente, son encargados de la producción de células sanguíneas y ser la reserva de calcio mas grande del cuerpo humano[2].

Los huesos se componen principalmente de dos distintos tipos de tejidos, una capa exterior compacta compuesta de hueso cortical que rodea el tejido esponjoso de hueso trabecular[3].

Los huesos no saludables, sin embargo, tienen un desempeño deficiente en la ejecución de sus funciones, lo que puede tener consecuencias perjudiciales como las fracturas por fragilidad[1]. En Chile las fracturas de caderas en adultos mayores sus costes y mortalidad equivalen a la suma de costes y mortalidad por enfermedades cardiovasculares y neoplasias[4].

La densidad mineral osea es el marcador biológico mas usado para predecir el riesgo a fracturas, sin embargo características oseas relacionadas a la fuerza también incluyen propiedades del hueso cortical y trabecular. Hallazgos recientes sugieren que la evaluación de riesgo de fractura también debe incluir una evaluación precisa del hueso cortical[5].

Actualmente la empresa Azalée tiene un dispositivo de sonda multicanal para transmisión axial. La transmisión axial es una técnica cuantitativa de ultrasonido que permite cuantificar el espesor cortical y la porosidad del hueso cortical.

La interfaz actualmente implementada despliega el espectro de ondas guiadas en casi tiempo real (con un framerate de 4Hz), siendo el tiempo de respuesta no lo suficientemente

menor para el uso requerido, por lo tanto, se propone una revisión de las etapas del algoritmo usado para el análisis de los datos para encontrar secciones que se puedan optimizar.

## **1.2. Esctructura del Documento**

### **Adecuar a entrega**

El documento posee la siguiente estructura. A continuación, se presenta la Definición del Problema, luego se entrega la Solución Propuesta. Posteriormente se presentan los Objetivos (Generales y Específicos), sigue la Metodología, para terminar con la Planificación y los Recursos a ocupar durante el Trabajo de Título.

# Capítulo 2

## Marco Conceptual y Estado del Arte

En este capítulo en la sección 2.1 deben presentar el Marco Conceptual, así como en la sección 2.2 es expuesto el estado del arte.

### 2.1. Marco Conceptual

#### 2.1.1. Ambito Oseo

Hueso:

Corteza Cortical:

Porosidad Espesor

#### 2.1.2. Ambito Ultrasonido

**Transformada de Fourier:** La Transformada de Fourier toma una función definida en el dominio del tiempo o espacio y la transforma al dominio de la frecuencia, que provee un ambiente natural para el estudio de muchos problemas. las técnicas del Análisis de Fourier son usadas en distintos y diversos campos como , por ejemplo el procesamiento de señales, astronomía, geodésica, las imágenes medicas y el análisis de voz.[6]

**Guia de Onda:** Es una estructura que guia ondas, como las electromagnéticas o mecánicas, con una pérdida mínima de energía al restringir la expansión a una o dos dimensiones.

**Ultrasonido:** El ultrasonido es una onda mecánica con una frecuencia para uso clinico entre 1 y 15 MHz, estas frecuencias son mayores al limite superior audible por un humano (20 KHz). La longitud de onda del ultrasonido en los tejido es entre 0.1 y 1.5 mm.[7][8].Las ondas de ultrasonido son producidas por un transductor

**Señal:** Una señal es una función de uno o más variables independientes, que contienen información sobre el comportamiento o la naturaleza de algún fenómeno.[9]

**Procesamiento Digital de Señales:** El procesamiento digital de señales es el uso del procesamiento digital, por ejemplo, en computadoras o procesadores de señales digitales más especializados, para realizar una amplia variedad de operaciones de procesamiento de la señal. Las señales procesadas de esta manera son una secuencia de números que representan muestras de una variable continua en un dominio como el tiempo, el espacio o la frecuencia.

Probe

Emisor

Receptor

Transformada de Fourier en el tiempo

Transformada de Fourier espacio-temporal

Transformada Discreta de Fourier

SVD

Transmission Axial

Matriz de transmisión

Gel Acoplamiento

Sistema Emisión-ScatMedium-Recepción

Respuesta al impulso

Transpose Conjugación

Subespacio Señal

Subespacio Ruido

Un marco conceptual es una sección de un texto escrito en el ámbito académico que detalla los modelos teóricos, conceptos, argumentos e ideas que se han desarrollado en relación con un tema<sup>1</sup>.

Si bien no existen limitaciones en esta sección, se le recomienda no sobrepasar las 5 páginas.

## 2.2. Estado del Arte

El estado del arte es una recopilación crítica de diversos tipos de texto de un área o disciplina, el cual busca tener una visión sobre un problema específico y cómo éste se ha abordado [10].

Por otra parte, es importante que busque en base de datos especializadas, tales como *IEEE Xplore*, *Science Direct*, *Springer*, *ACM Digital Library*, entre otras. Un aspecto importante es que en esta sección sean discutidos entre 15 y 20 trabajos relevantes en su área

---

<sup>1</sup>[http://comunicacionacademica.uc.cl/images/recursos/espanol/escritura/recurso\\_en\\_pdf\\_extenso/15\\_Como\\_elaborar\\_un\\_marco\\_conceptual.pdf](http://comunicacionacademica.uc.cl/images/recursos/espanol/escritura/recurso_en_pdf_extenso/15_Como_elaborar_un_marco_conceptual.pdf)

de trabajo.

# Capítulo 3

## Definición del Problema y Análisis

### 3.1. Formulación del Problema

La transmisión axial es una técnica específicamente desarrollada para medir la propagación de ondas guiadas de ultrasonido en la capa cortical a lo largo del eje de los huesos. Los modos guiados propagados en la corteza son grabados con un arreglo de transductor lineal de 1-MHz. La medida de la curva de dispersión es obtenida usando una transformada de fourier de dos dimensiones (espacio, tiempo) combinada con una descomposición de valores singulares. La implementación actual de la interfaz humano-computador del prototipo tiene tiempos de respuesta mayor al deseado.

### 3.2. Solución Propuesta

La solución propuesta al problema consiste en revisar las etapas del algoritmo, modificar el código para reducir complejidades temporales. Analizar el rendimiento del software implementado para detectar los puntos problemáticos y las áreas dónde sea posible llevar a cabo una optimización del rendimiento.

### 3.3. Objetivos

A continuación se detallan los objetivos generales y específicos del trabajo de título

- Qué: Qué realizaré.
- Cómo: Cómo espero realizarlo (ej: tecnología).
- Para qué: Por qué es necesario realizarlo.



Además, los objetivos específicos deben ser consistentes con el objetivo general, y asegurar el alcanzarlo.

### 3.3.1. Objetivo General

Disminuir el tiempo de respuesta de la interfaz humano-computador del prototipo de mediciones corticales de huesos, optimizando las etapas del algoritmo.

### 3.3.2. Objetivos Específicos

1. Reducir complejidades temporales del algoritmo de análisis de datos.
2. Analizar el rendimiento del software implementado (profiling).
3. Paralelizar código a nivel de datos y tareas.
4. Acelerar el acceso a memoria ordenando los datos para tomar ventaja del cache del CPU.

## 3.4. Metodología

Se debe evidenciar coherencia entre la opción metodológica, el problema y los objetivos planteados. Por otra parte, la realización de un esquema facilita la comprensión de su opción metodológica. Para finalizar, considere los tiempos de seminario de título al momento de definir una metodología.

En la Figura 3.1, se presenta cómo insertar una imagen en  $\text{\LaTeX}$ .

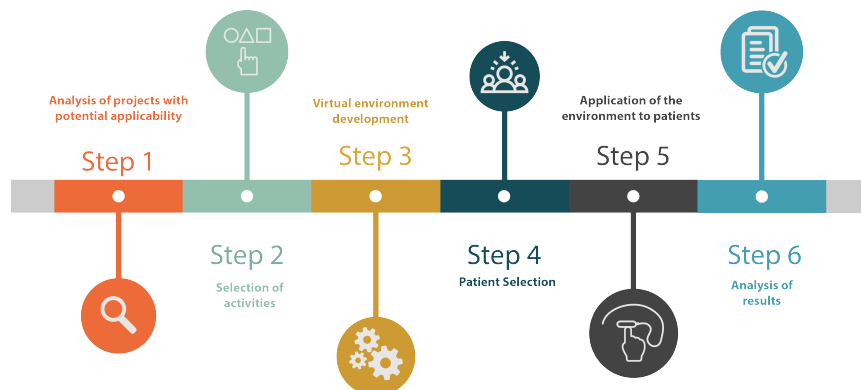


Figura 3.1: Ejemplo de como insertar una figura

### **3.5. Especificación de Requerimientos**

#### **3.5.1. Requerimientos Funcionales**

#### **3.5.2. Requerimientos No Funcionales**

### **3.6. Funcionalidades del Sistema**

#### **3.6.1. Diagramas de Casos de Uso**

#### **3.6.2. Casos de Uso**

#### **3.6.3. Diagramas de Secuencia**

#### **3.6.4. Diagramas de Estado**

#### **3.6.5. Modelo Conceptual**

# Bibliografía

- [1] Office of the Surgeon General (US). (2004) Bone health and osteoporosis: A report of the surgeon general. rockville (md). [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK45504/>
- [2] C. Lorincz, S. L. Manske, and R. Zernicke, “Bone health: Part 1, nutrition,” *Sports Health*, vol. 1, no. 3, pp. 253–260, May 2009, 10.1177\_1941738109334213[PII]. [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3445243/>
- [3] D. M. L. Cooper, C. E. Kawalilak, K. Harrison, B. D. Johnston, and J. D. Johnston, “Cortical bone porosity: What is it, why is it important, and how can we detect it?” *Current Osteoporosis Reports*, vol. 14, no. 5, pp. 187–198, Oct 2016. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11914-016-0319-y>
- [4] J. L. Dinamarca-Montecinos, G. Améstica-Lazcano, R. Rubio-Herrera, A. Carrasco-Buvinic, and A. Vásquez, “Características epidemiológicas y clínicas de las fracturas de cadera en adultos mayores en un hospital público chileno,” *Revista médica de Chile*, vol. 143, pp. 1552 – 1559, 12 2015. [Online]. Available: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-98872015001200008&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872015001200008&nrm=iso)
- [5] Y. Bala, R. Zebaze, and E. Seeman, “Role of cortical bone in bone fragility,” *Current Opinion in Rheumatology*, vol. 27, no. 4, pp. 406–413, jul 2015. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1097/bor.0000000000000183>
- [6] N. J. Salkind, *Encyclopedia of Measurement and Statistics 3-Volume Set*. SAGE Publications, Inc, 2006.
- [7] N. B. Smith and A. Webb, *Introduction to Medical Imaging: Physics, Engineering and Clinical Applications (Cambridge Texts in Biomedical Engineering)*. Cambridge University Press, 2010, pp. 145–145.
- [8] F. M. Abu-Zidan, A. F. Hefny, and P. Corr, “Clinical ultrasound physics,” in *Journal of emergencies, trauma, and shock*, 2011.
- [9] A. Oppenheim, *Signals, systems inference*. Boston: Pearson, 2016.

- [10] O. L. Londoño Palacio, L. F. Maldonado Granados, and L. C. Calderón Villafañez, “Guías para construir estados del arte,” 2014.