



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE GRADUADOS**

**USOS DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO
EN SAN JOSÉ, COSTA RICA**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
IMAGENOLOGÍA ORAL Y MAXILO FACIAL**

**ALUMNA: LUCÍA BARBA RAMÍREZ
PROFESOR GUIA: DR. ALEJANDRO HIDALGO RIVAS**

**Talca-Chile
2017**

DEDICATORIA

*A Jose y Ana María,
por ser mis compañeros en esta aventura.
Sin su amor y apoyo este trabajo no sería una realidad.*

*A Mami,
por ayudarme siempre a ser mejor.*

Este logro es para ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento al Dr. Alejandro Hidalgo, por toda su dedicación y el apoyo que me ha brindado en la realización de este trabajo. Su conocimiento, enseñanzas y pacientes explicaciones han sido fundamentales para finalizar con éxito esta memoria y su publicación como artículo científico. Gracias por la confianza ofrecida desde el inicio de mis estudios. Ha sido un privilegio trabajar a su lado.

A la Dra. Ana Luisa Berrocal, mi agradecimiento eterno por encaminarme al mundo de la radiología y por su enorme labor haciendo crecer este campo en nuestro país. Siendo la primera especialista en radiología en Costa Rica, su dedicación y amor por la docencia ha dado miles de frutos. Gracias por apoyarme siempre, por compartir todos sus conocimientos y brindarme generosamente sus acertados consejos.

A la Lic. Natalia Binns, muchas gracias por toda la ayuda brindada, por tener siempre la mejor disposición a colaborar, desinteresadamente y con una gran sonrisa.

A mis profesores del Programa de Especialización, por todas sus enseñanzas y por su esmero en mi aprendizaje. A ustedes y a mis colegas, gracias por su amistad y por el tiempo que compartimos.

Mi agradecimiento a la Universidad de Costa Rica por darme la posibilidad de realizar mis estudios de posgrado y por el apoyo que me ha brindado durante este tiempo para culminar mi formación académica.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
CAPÍTULO 1	1
1.1 Introducción	2
1.2 Metodología	4
1.3 Resultados	9
1.4 Discusiones	17
1.5 Conclusiones	22
1.6 Agradecimientos	23
CAPÍTULO 2.....	24
CAPÍTULO 3 REFERENCIAS	32
ANEXOS	36
Anexo A Base de Datos	36
Anexo B Certificación de Autorización de Proyecto. Digident CR S.A.....	37
Anexo C Certificación de aval del Proyecto, Universidad de Costa Rica.....	38
Anexo D Protección de Documento	39
Anexo E Anonimización de los parámetros técnicos de exposición.....	40
Anexo F Acta de Aprobación de Proyecto, Comité de Ética, Universidad de Talca...41	

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. INDICACIONES CLÍNICAS DE EXÁMENES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO.	10
FIGURA 2. CLASIFICACIÓN DE LAS INDICACIONES CLÍNICAS.....	15
FIGURA 3. BASE DE DATOS.....	36
FIGURA 4. BASE DE DATOS (CONTINUACIÓN).....	36
FIGURA 5. PREPARACIÓN DEL DOCUMENTO PARA LA PROTECCIÓN CON CONTRASEÑA EN MICROSOFT OFFICE EXCEL 2010.....	39
FIGURA 6. PROTECCION DEL DOCUMENTO CON CONTRASEÑA EN MICROSOFT OFFICE EXCEL 2010.	39
FIGURA 7. METADATOS ANONIMIZADOS.	40

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE INDICACIONES CLÍNICAS EN BASE A LA GUÍA N° 172 DE LA COMISIÓN EUROPEA. ADAPTADO DE HIDALGO et al, 2014.	6
TABLA 2. DISTRIBUCIÓN DE LOS SUJETOS POR GRUPO ETARIO Y SEXO	9
TABLA 3. INDICACIONES CLÍNICAS POR GRUPO ETARIO.....	11
TABLA 4. REGIÓN DE INTERÉS (ROI) MAS FRECUENTE PARA CADA INDICACIÓN CLÍNICA.....	13
TABLA 5. DOSIS DE RADIACIÓN PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR SEGÚN GRUPO ETARIO.	16

CAPÍTULO 1

USOS DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO EN SAN JOSÉ, COSTA RICA

Parte de este capítulo fue publicado como artículo científico:

Barba L, Berrocal AL, Hidalgo A. Uses of cone-beam computed tomography in San José, Costa Rica. *Imaging Sci Dent.* 2018;48:103-109. (Capítulo 2)

1.1 Introducción

La tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) es una tecnología imagenológica que usa radiaciones ionizantes, introducida en odontología a fines de los años 90.^{1, 2} La TCHC ha revolucionado la forma en que se evalúan los pacientes prácticamente en todas las especialidades odontológicas, debido a su menor costo y mayor accesibilidad que la tomografía computarizada convencional.³

Si bien, las dosis de radiación en TCHC son habitualmente más bajas que la tomografía computarizada convencional, éstas son generalmente más altas que las recibidas en radiografías convencionales bi-dimensionales odontológicas.^{4, 5} Las dosis de radiación de TCHC dependen tanto del fabricante del equipo como de los parámetros de exposición utilizados por el operador para cada examen.^{3, 4}

Los efectos adversos en la salud derivados de las radiaciones ionizantes, más importantes en odontología, son los efectos estocásticos. Estos efectos ocurren sin umbral específico, esto es que aún dosis mínimas de radiación se asocian a un riesgo de inducir cáncer o efectos hereditarios. La probabilidad de que se produzcan estos efectos, pero no su severidad, es proporcional a la dosis de radiación.^{4, 6}

Debido al riesgo que conlleva el uso de radiaciones ionizantes, se deben tener en cuenta todas las medidas necesarias para minimizar la exposición a la radiación.⁵ Esto es de especial importancia en pacientes pediátricos, más susceptibles a los efectos de la radiación, debido a su mayor esperanza de vida y la radiosensibilidad aumentada de sus órganos y tejidos en desarrollo.⁷

La Comisión Europea publicó el año 2012 la Guía N° 172 con el objetivo de entregar información basada en evidencia sobre el uso de la TCHC, en diferentes situaciones clínicas, de manera que se beneficien tanto el clínico como el paciente. Esta guía promueve el uso de parámetros de exposición apropiados para disminuir las dosis, manteniendo la calidad de la imagen.⁴

Debido a que la TCHC es una tecnología reciente, son pocos los estudios disponibles sobre parámetros de exposición en distintos grupos etarios y para los distintos equipos de TCHC.⁸ La TCHC llegó a Costa Rica el año 2008 y hasta la fecha no existen estudios que evalúen el uso de esta tecnología. El propósito del presente estudio fue analizar los usos, indicaciones y parámetros de exposición de la TCHC en dos centros radiológicos de Costa Rica y compararlos con lineamientos internacionales.

1.2 Metodología

El estudio fue de corte transversal y retrospectivo. Se recolectaron datos de todos los pacientes y sus exámenes de TCHC, en dos centros radiológicos de San José, Costa Rica, de un periodo de 6 meses (julio - diciembre 2016). Ambos centros radiológicos estaban a cargo del mismo Radiólogo Maxilofacial. Los equipos utilizados para todos los exámenes fueron: Veraview EPOC X550 Tipo EX1 (J. Morita, Kioto, Japón), (60-80 kilovoltios (Kv), 1-10 miliamperios (mA)); y Veraviewepocs X550-EX1 Tipo 3D R100 (J. Morita, Kioto, Japón), (60-90Kv, 1-10mA).

Se estudió sólo los exámenes con las variables a analizar completas. Las variables estudiadas fueron: A. Información de Pacientes: 1) Edad, 2) Sexo, 3) Indicación Clínica, 4) Región de Interés (ROI, del inglés región of interest), 5) Repetición de Exámenes, 6) Especialidad del Referente. B. Parámetros de Exposición: 1) Campo de Visión (FOV, del inglés field of view), 2) Voltaje del Tubo (kV), 3) Corriente del Tubo (mA), 4) Dosis de Radiación (microGrays, μ Gy).

La Información de Pacientes fue obtenida de la base de datos de investigación completada por el Radiólogo Maxilofacial encargado de los centros radiológicos en base a sus registros. Los Parámetros de Exposición se obtuvieron de los archivos de metadatos, por el investigador principal. Toda la información recolectada se registró en una hoja Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

La edad de los pacientes se registró en años cumplidos, y se clasificó en grupos etarios según rango de edad en: 1) Niños: 12 años y menos, 2) Adolescentes: 13 a 18 años, 3) Adultos: 19 años y más.

La Indicación Clínica de los exámenes se clasificó de acuerdo a una adaptación de la Clasificación de indicaciones clínicas en base a la Guía N° 172 de la Comisión Europea (Tabla 1).^{4,8} Esta clasificación divide las indicaciones según la recomendación de uso de FOV. Para las indicaciones localizadas se recomienda un FOV pequeño, para las indicaciones generalizadas se recomienda un FOV mediano o grande.

Los exámenes con indicación clínica que no correspondía a estos lineamientos, se registraron como “Otras Indicaciones”. Cuando un examen tenía más de una indicación, cada indicación se registró por separado. Para la clasificación de indicaciones por grupo etario, las indicaciones con menos de 5% del total de exámenes se registraron como “Indicaciones Poco Frecuentes”. El examen de Articulación Temporomandibular (ATM), se consideró como un examen por paciente, independiente del número de volúmenes utilizados.

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE INDICACIONES CLÍNICAS EN BASE A LA GUÍA N° 172 DE LA COMISIÓN EUROPEA. ADAPTADO DE HIDALGO et al, 2014.

Categoría	Indicaciones ‘Localizadas’	Indicaciones ‘Generalizadas’
Dentición en Desarrollo	Localización Dentaria Reabsorción Radicular Paladar hendido	Tratamiento complejo ortodóntico/quirúrgico.
Restauración de la Dentición	Diagnóstico de Caries Dental Evaluación Periodontal Enfermedad Periapical Endodoncia Trauma Dental	
Aplicaciones Quirúrgicas	Exodoncia Planificación Implantes Patología Ósea Trauma Dental Articulación Temporomandibular	Trauma Facial de Cirugía Ortognática

Para definir la ROI para la que se solicitó cada examen, se usó la siguiente distribución: 1) Antero-Superior (AS): región canina e incisiva maxilar (temporal y/o

permanente) 2) Postero-Superior (PS): hacia distal de canino maxilar (izquierdo y derecho), 3) Antero-Inferior (AI): región canina e incisiva mandibular (temporal y /o permanente), 4) Postero-Inferior (PI): hacia distal de canino mandibular (izquierdo y derecho). Se excluyeron los exámenes de ATM de la evaluación de la ROI, por no corresponder a zonas dentarias. Se excluyeron los exámenes de la categoría “Otras Indicaciones” de la evaluación de la ROI debido a que se anticipó la obtención de múltiples indicaciones individuales.

Se consideró como repetición de exámenes aquellos con más de una toma en el mismo día, para la misma indicación, debido a la obtención inicial de una imagen no adecuada para diagnóstico. Se registró el número de veces que se tomó el examen y su causa de repetición, según la clasificación de Estándares de Calidad para las imágenes de Tomografía Computarizada de Haz Cónico, de la Guía N° 172.⁴ El número de repeticiones no se consideró dentro del total de los exámenes del estudio.

La especialidad del referente se registró según aquellas reconocidas por el Colegio de Cirujanos Dentistas de Costa Rica¹. Las especialidades con 10 exámenes referidos o menos, se registraron como “Otras Especialidades”.

Los FOV se clasificaron de acuerdo a su diámetro en a) Pequeño: menos de 8 centímetros (cm), B) Mediano: igual a 8 cm y menor de 14 cm.^{9, 10}

Para la dosis de radiación se registró del valor de CTDI_w (del inglés weighted Computed Tomography Dose Index) que muestran los equipos estudiados, posterior a cada

¹ www.colegiodentistas.org

exposición. La dosis para el examen de ATM, se consideró como la suma de las dosis de los exámenes realizados. Para los exámenes con una o más repeticiones, la dosis registrada fue la suma de las dosis del examen y sus repeticiones.

El total de pacientes se utilizó para establecer la distribución por grupo etario y sexo. Para los demás resultados se trabajó con el número total de exámenes, considerando que un mismo paciente podía tener más de un examen indicado. Se determinó la distribución por grupo etario, las indicaciones clínicas de los exámenes del grupo estudiado y por grupo etario. La ROI se registró para el grupo estudiado, por grupo etario y por indicación clínica. Para las repeticiones, se registró la causa de las repeticiones y el porcentaje de repeticiones del grupo estudiado y por grupo etario. Se determinó la distribución de los referentes según su especialidad. Se registró el FOV del grupo estudiado y por grupo etario, y la frecuencia de las Indicaciones Clínicas según FOV, en base a la Guía N° 172.⁴ Se calculó el promedio de kV y mA de cada equipo, y se comparó la dosis de radiación entre los grupos etarios.

Para la base de datos de investigación, el Radiólogo Maxilofacial a cargo de los centros, asignó a cada paciente un código identificador de uso interno, en reemplazo de la información personal del paciente. Esta base de datos fue entregada por el Radiólogo Maxilofacial a la investigadora principal quien, una vez completado el registro de datos, eliminó el código identificador de cada caso, y lo reemplazó por un número correlativo. Así se anonimizó totalmente la base de datos de investigación, siendo imposible obtener datos personales de ella. Esta investigación fue aprobada por el Comité de Bioética de la Universidad de Talca (folio 2017-06-AH).

1.3 Resultados

Del total de exámenes del periodo estudiado (n=943), se excluyó 317 exámenes debido a información incompleta. Se obtuvo un total de 586 exámenes y 599 indicaciones en 526 pacientes.

La edad promedio del grupo estudiado fue de 49,4 años (desviación estándar (DE): 17,4), con un rango de 6 a 82 años. El 60,1% de los pacientes fue mujeres y el 39,9% hombres. La distribución de los sujetos por grupo etario y sexo se presenta en la Tabla 2.

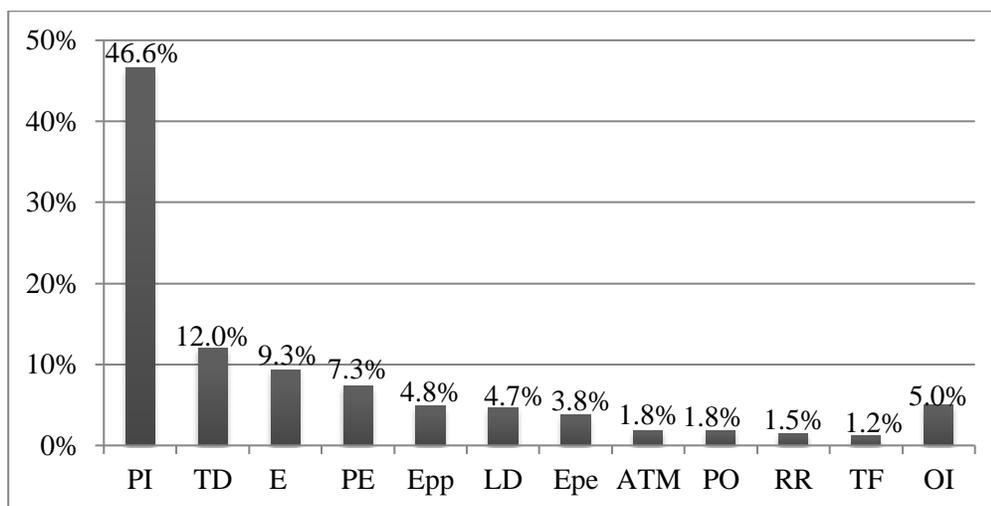
TABLA 2. DISTRIBUCIÓN DE LOS SUJETOS POR GRUPO ETARIO Y SEXO

Grupo Etario	Número de pacientes	Porcentaje de pacientes	Hombre	Porcentaje	Mujer	Porcentaje
Niños	16	3%	7	43,8%	9	56,2%
Adolescentes	20	3,8%	12	60%	8	40%
Adultos	490	93,2%	191	39%	299	61%
Total	526	100%	210		316	

Del total de exámenes (n=586), el 2,9% (n=17) fue en Niños, el 4,1% (24) en Adolescentes, y el 93% (n=545) en Adultos.

La Figura 1 muestra las Indicaciones clínicas de los exámenes de TCHC. No se encontró indicaciones de Manejo quirúrgico/ortodóntico, Diagnóstico de Caries Dental ni de Paladar Fisurado.

FIGURA 1. INDICACIONES CLÍNICAS DE EXÁMENES DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO.



PI: Planificación de Implantes, TD: Trauma Dental, E: Endodoncia, PE: Previo a Exodoncia, Epp: Enfermedad Periapical, LD: Localización Dentaria, Epe: Evaluación Periodontal, ATM: Articulación Temporomandibular, PO: Patología Ósea, RR: Reabsorción Radicular, TF: Trauma Facial. OI: Otras Indicaciones.

Las indicaciones clínicas por grupo etario se presentan en la Tabla 3.

TABLA 3. INDICACIONES CLÍNICAS POR GRUPO ETARIO

Niños		Adolescentes		Adultos	
número (porcentaje)		número (porcentaje)		número (porcentaje)	
Localización Dentaria	14 (82,4%)	Localización Dentaria	8 (32%)	Planificación de Implantes	276 (49,6%)
Reabsorción Radicular	1 (9%)	Previo a Exodoncia	8 (32%)	Trauma Dental	69 (12,4%)
Trauma Facial	1 (9%)	Reabsorción Radicular	2 (8%)	Endodoncia	55 (9,9%)
Enfermedad Periapical	1 (9%)	Enfermedad Periapical	2 (8%)	Previo a Exodoncia	35 (6,3%)
--	--	Articulación Temporomandibular	2 (8%)	--	--
Indicaciones Poco Frecuentes	0%	Indicaciones Poco Frecuentes	3 (12%)	Indicaciones Poco Frecuentes	122 (21,9%)
Total	17 (100%)	Total	25 (100%)	Total	557 (100%)

En relación con la ROI (n=376), en el grupo estudiado la región PI fue la más frecuente (44,1%), seguido por PS (35,1%), AS (16,8%) y AI (4%). La ROI más frecuente en adultos fue PI (46,1%). En Adolescentes no hubo diferencia entre las ROI AS, PI y PS (33,3% cada una). En Niños, el 100% de los exámenes fue solicitado para la región AS. La ROI más frecuente para cada indicación clínica se detalla en la Tabla 4.

Indicación Clínica	Número de exámenes	ROI más frecuente	Número de exámenes ROI más frecuente	Porcentaje de ROI más frecuente
Trauma Facial	1		1	100%
Localización Dentaria	18	Antero Superior	15	83,3%
Reabsorción Radicular	7		5	71,4%
Evaluación Periodontal	7	Antero Inferior	5	71,4%
Endodoncia	55	Postero Superior	27	49,1%
Trauma Dental	68		28	41,2%
Patología Ósea	4		4	100%
Previo a Exodoncia	48	Postero Inferior	36	75%
Enfermedad Periapical	20		10	50%

Planificación de Implantes	147	64	43,5%	TABLA 4. REGIÓN DE
Total	375			
INTERÉS (ROI) MAS FRECUENTE PARA CADA INDICACIÓN CLÍNICA.				

EL PORCENTAJE DE ROI MAS FRECUENTE SE CALCULÓ EN BASE A LA CANTIDAD DE EXAMENES QUE SE REGISTRARON EN EL ROI MAS FRECUENTE PARA CADA INDICACIÓN CLÍNICA.

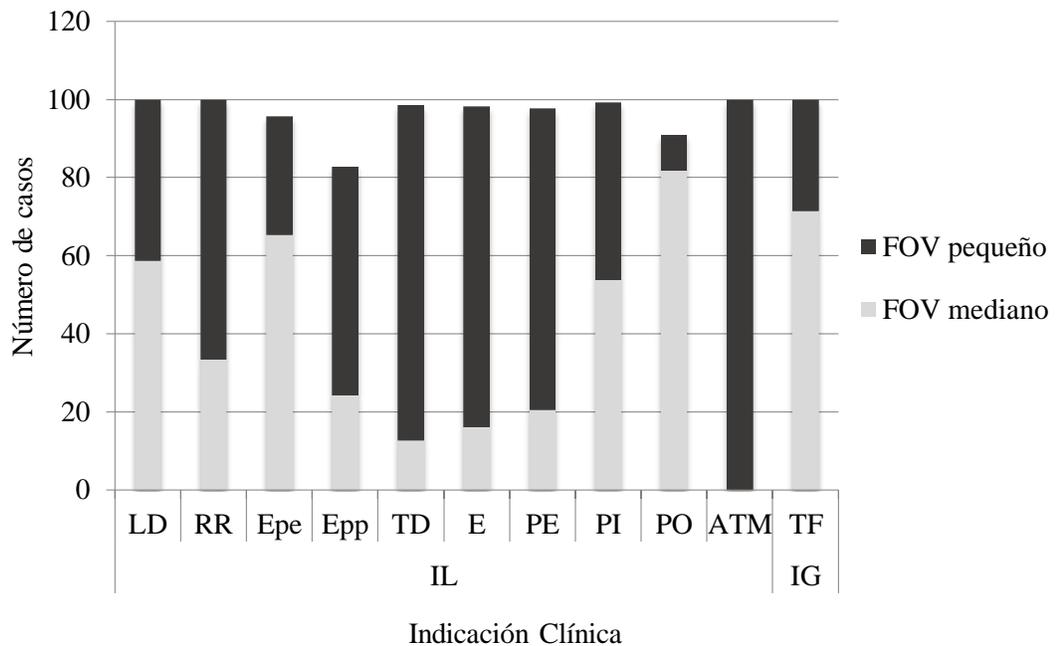
Del total de exámenes (n=586), un 4,9% (n=29) requirieron de repetición del examen. El 55,2% (n=16) de las repeticiones de exámenes fue por la falta de coincidencia entre la ROI y el FOV. El 44,8% (n=13) de las repeticiones fue por artefactos de movimiento. La distribución de repeticiones por grupo etario fue: Niños 11,8% (n=2), Adolescente 4,2% (n=1) y en Adultos 4,8% (n=26).

Con respecto a los referentes, el 44% (n=258) correspondió a odontólogos generales y el 56% (n=328) a especialistas. El 22,3% (n=73) de los especialistas perteneció a Prostodoncia, el 19,5% (n=64) a Endodoncia, el 16,8% (n=55) a Periodoncia, el 13,7% (n=45) a Cirugía Oral y Maxilofacial, el 9,8% (n=32) a Ortodoncia y Ortopedia Dentofacial, el 7,3% (n=24) a Implantología Oral y el 3,4% (n=11) a Odontología General Avanzada. En “Otras Especialidades” se registró un 7,3% (n=24).

En lo relacionado con el FOV, el FOV más utilizado en el grupo estudiado fue el pequeño (56,8%, n=333), seguido por el FOV mediano (43,2%, n=253). En Niños en un 58,8% (n=10) de los casos se usó un FOV mediano, en Adolescentes y Adultos se usó el FOV pequeño en el 70,8% (n=17) y en el 56,7% (n=309) de los casos respectivamente.

La clasificación de las indicaciones clínicas en base a la Guía N° 172 (Tabla 1), se muestra en la Figura 2.

FIGURA 2. CLASIFICACIÓN DE LAS INDICACIONES CLÍNICAS EN BASE A LA GUÍA N°172.



FOV: Campo de Visión, del inglés field of view.

LD: Localización Dentaria, RR: Reabsorción Radicular, Epe: Evaluación Periodontal, Epp: Enfermedad Periapical, TD: Trauma Dental, E: Endodoncia, PE: Previo a Exodoncia, PI: Planificación de Implantes, PO: Patología Ósea, ATM: Articulación Temporomandibular, TF: Trauma Facial. IL: Indicaciones Localizadas IG: Indicaciones Generalizadas.

Para el equipo Veraview EPOC X550, el voltaje promedio fue 79,8 kV (DE: 4,1), con un promedio 7,4 mA de corriente del tubo (DE: 1,9). Para el equipo Veraviewepocs 3D R100 el voltaje promedio fue 89,9 kV (DE: 0,7), y la corriente del tubo promedio de 6mA (DE:0,2).

La dosis de radiación promedio y su desviación estándar según grupo etario se muestran en la Tabla 5.

TABLA 5. DOSIS DE RADIACIÓN PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR SEGÚN GRUPO ETARIO.

Grupo Etario	Dosis de Radiación Promedio (microGrays, μGy)	Desviación Estándar
Niños	6,9	2,0
Adolescentes	8,4	9,0
Adultos	7,8	3,5

1.4 Discusiones

En el presente estudio se evaluó el uso de la TCHC en dos centros radiológicos de San José, Costa Rica. Este estudio es el primero en su tipo que analiza datos de Costa Rica.

De los exámenes evaluados, un porcentaje importante (33,6%) fue excluido por presentar datos incompletos. Esto puede indicar que los referentes no entregaron información escrita completa en sus solicitudes radiográficas. Es necesario hacer énfasis en la necesidad de que los referentes entreguen suficiente información clínica. De esta manera, el radiólogo maxilofacial puede realizar el examen más indicado para la necesidad del paciente⁴, y dar cumplimiento de mejor forma al principio de protección radiológica de justificación.⁴ En ausencia de información, el radiólogo maxilofacial debe basarse en lo que indica el paciente o guiarse según la especialidad del referente. De igual manera, es importante que los centros radiológicos manejen un registro diario y completo de sus pacientes. Este registro brinda al radiólogo maxilofacial facilidad para acceder a exámenes anteriores de cada paciente y permite llevar un control de calidad de los procedimientos realizados.⁴

En relación con la distribución de los exámenes por grupo etario, la mayoría se realizó en Adultos. El porcentaje de exámenes en Niños, con respecto al total de exámenes

en el grupo estudiado, fue muy bajo. Esto coincide con otras investigaciones, en que se reportó del total de exámenes, un 3,5% en menores de 12 años¹¹ y un 5,2% en menores de 13⁸. En la presente investigación no se encontró ningún paciente de menos de 6 años, lo que concuerda con investigaciones previas.^{11, 12} Esta situación está en línea con el principio de justificación, ya que el examen de TCHC puede no ser necesario en pacientes menores de 6 años, edad a la que posiblemente no sea indicado intervenir clínicamente.

Con respecto a la distribución de las indicaciones, la indicación más frecuente fue Planificación de Implantes, siendo esta indicación predominante en Adultos. Otras indicaciones frecuentes en Adultos fueron Trauma Dental y Endodoncia. Estos exámenes se solicitaron con más frecuencia en la ROI Posterior, posiblemente para evaluar cercanía de estructuras anatómicas, anatomía radicular y fractura en dientes multiradiculares.^{4, 13, 14} En relación a los Adolescentes, se encontró que las indicaciones Localización Dentaria y Previo a Exodoncia fueron las más frecuentes. La indicación Previo a Exodoncia se registró en la ROI PI. Existe evidencia que respalda el uso de TCHC para evaluar la cercanía de los terceros molares con el canal mandibular, debido a la posibilidad de dañar al nervio alveolar inferior y provocar alteraciones neurosensoriales.^{4, 15} En cuanto a los Niños, las indicaciones más frecuentes fueron Localización Dentaria y Reabsorción Radicular, ambas en la ROI AS. Esta prevalencia se encuentra en línea con otras investigaciones.^{8,11} Las indicaciones Manejo Quirúrgico/Ortodóntico y Paladar Fisurado, son patologías evaluadas en centros hospitalarios públicos, esto pudiera explicar la ausencia de exámenes con estas indicaciones en el presente estudio.

En cuanto a la baja tasa de repeticiones obtenida en el presente estudio, ésta se encuentra en línea con la Guía N°172 que recomienda mantener la tasa de repetición por debajo del 5%⁴. Las repeticiones que se realizan debido al movimiento del paciente durante la toma pueden reducirse mediante una disminución en el tiempo de exposición y la estabilización y fijación de la cabeza del paciente.^{16,17} Además, es importante que el clínico consigne la presencia de cualquier condición médica del paciente que pueda afectar al

movimiento. De esta manera el radiólogo maxilofacial puede considerar el modificar los parámetros de exposición, según el equipo con el que trabaje, para reducir la posibilidad de artefactos por movimiento.¹⁷ Para las repeticiones por falta de coincidencia entre la ROI y el FOV, la Guía N°172 recomienda no omitir la toma de un scout view y utilizar las ayudas visuales disponibles, como los indicadores luminosos, para confirmar el posicionamiento, en los equipos que posean esta característica.⁴ Por recomendación de la Guía N°172, debiera realizarse una auditoría en intervalos no mayores de 6 meses, en la cual se esperaría encontrar una reducción en la tasa de repeticiones de un 50%.⁴ En el presente estudio, la tasa más alta de repetición por grupo etario fue en Niños. Este resultado se encuentra en línea con estudios anteriores, en los que se encontró mayor porcentaje de artefactos por movimiento en pacientes menores de 15 años y mayores de 60 años.¹⁸ Este resultado toma mayor importancia debido a los efectos de la radiación y el aumento de radiación que supone la repetición del examen. Es recomendable por lo tanto, mantener un registro de los exámenes repetidos, de manera de poder determinar los factores que originan el movimiento del paciente, para poder corregirlos antes de la toma del examen.^{4, 18}

Los odontólogos que más solicitaron exámenes fueron los especialistas. Esta información adquiere relevancia al momento de crear conciencia en los referentes respecto de la importancia de entregar información clínica relevante, mediante un correcto llenado de la solicitud radiográfica. De esta manera, el radiólogo maxilofacial puede cumplir con el propósito de justificación.

Con respecto al FOV, en el presente estudio predominó el uso del FOV pequeño, con un porcentaje ligeramente superior al 50%, a diferencia de valores alrededor de un 80% reportados en estudios anteriores.^{8, 12} En cuanto a las indicaciones clínicas localizadas: Localización Dentaria, Evaluación Periodontal, Planificación de Implantes y Patología Ósea, en el presente estudio se encontró un uso mayoritario del FOV mediano. Al respecto, la recomendación de la Guía N° 172 es usar un FOV pequeño en indicaciones localizadas.⁴

En el presente estudio, el FOV mediano fue el más utilizado en Niños, pese a que la indicación clínica más frecuente fue Localización Dentaria, indicación para la que se recomienda un FOV pequeño.⁴ El FOV es un parámetro importante en cuanto a dosis de radiación. Un mismo tamaño de FOV puede cubrir una zona más amplia en un paciente más pequeño, por lo que debe seleccionarse el FOV más pequeño, de acuerdo a la indicación clínica del examen, que permita observar sólo el área de interés y así obtener una reducción de dosis.^{4, 19, 20} Se hacen necesarios esfuerzos adicionales de los centros estudiados, en ajustar el FOV al mínimo posible que permita observar adecuadamente el área de interés.

En relación con el kV y el mA, los equipos utilizados en el presente estudio permiten la variación de ambos parámetros. Sin embargo, se encontró que ambos parámetros se mantuvieron fijos para la mayoría de los exámenes. Existe una relación lineal entre el miliamperaje-tiempo (mAs) y la dosis de radiación.²¹ Es sabido que cambios registrados en el mA son directamente proporcionales al mAs, por lo que una disminución en el mAs lleva directamente a la disminución de la dosis del paciente.²¹ Cabe destacar que una reducción de un 10% de dosis es considerado clínicamente relevante²², por lo que un 10% de reducción en mAs sería un objetivo importante por conseguir para optimizar las dosis. En el presente estudio se registró sólo el mA, ya que el tiempo es fijo en los dos equipos estudiados (9,4 segundos). El mA y el kV son factores operador-dependientes y debieran mantenerse lo más bajos posibles, siempre que mantengan la calidad diagnóstica de la imagen, y así dosis bajas de radiación.⁶ Si bien una disminución de mA produce un aumento en el ruido de la imágenes de TCHC, es posible lograr una disminución de mA que mantenga imágenes aceptables para el diagnóstico.^{23, 24} Se ha demostrado que esta disminución se logra, en algunos casos, utilizando parámetros menores que los recomendados por el fabricante.^{23, 24} En el presente estudio no se encontró una variación del kV y mA en Niños, a pesar de existir evidencia que señala que ésta variación permite reducir las dosis en pacientes pediátricos y mantener la calidad diagnóstica de la imagen.²⁴ Debido a las diferencias entre los diversos equipos de TCHC existentes en el mercado y la

amplia variedad de parámetros de exposición de cada uno de ellos, no se puede estandarizar un kV y mA para todos los equipos y para cada paciente. Es necesario más investigación que permita determinar protocolos específicos para cada equipo, indicación y tipo de paciente. Un esfuerzo en la optimización se puede realizar usando los parámetros pediátricos del equipo, cuando estos estén disponibles.²⁰

Con respecto a las dosis de radiación, el promedio de dosis más bajo fue en Niños y el más alto en Adolescentes. El hecho que los Adolescentes registren una dosis mayor que los Adultos no pudo explicarse por el número de exámenes de ATM ni por el número de repeticiones. Se sugiere para estos centros que evalúen sus protocolos, estableciendo protocolos distintos para adultos, adolescentes y niños. La medición de dosis se realizó en CTDI_w, que combina las medidas del centro y la periferia de un fantoma para generar un índice de dosis ponderado,^{6, 9} por lo que no es una evaluación directa de la dosis efectiva recibida por cada paciente. Debido a que el CTDI_w entrega una dosis promedio, se puede inferir que los niños obtienen una dosis mayor que la registrada por el equipo. Esto se ha demostrado en diversas investigaciones, en que el uso de los mismos parámetros de exposición tanto para niños como para adultos produce una mayor dosis de radiación efectiva en niños.^{6,20} Esta mayor dosis se puede explicar debido a que un FOV pequeño abarca mas área en los niños que en los adultos, por lo que la glándula tiroides se ubica en una posición más cerca del haz primario. Además, los demás órganos se encuentran mas cerca de la superficie, por lo que reciben una dosis mayor.²⁰ Es por esto por lo que toma aún mayor importancia la elección de uso de TCHC, la cual debe estar completamente justificada, de manera que los beneficios superen los riesgos.²⁰

Se espera que la información obtenida en la presente investigación acerca de los usos de la TCHC en San José, Costa Rica, pueda utilizarse como base para la implementación de estrategias de protección radiológica. Es importante hacer énfasis a los odontólogos referentes y a los responsables de centros radiológicos, en la protección de los pacientes, , siguiendo los principios de justificación y optimización. Se requiere de nuevas

investigaciones que permitan para disminuir las dosis, especialmente en Niños, manteniendo la calidad diagnóstica.

1.5 Conclusiones

La mayoría de exámenes de TCHC fueron indicados en Adultos, previo a la planificación de implantes. Se encontró un alto grado de adherencia de las indicaciones de los exámenes con los lineamientos de la Guía N° 172 de la Comisión Europea. Se requiere avanzar en la introducción de protocolos de bajas dosis en Niños, mediante la implementación de FOV más pequeño posible y la disminución del mA, de acuerdo con la necesidad del examen.

1.6 Agradecimientos

Los autores certifican no tener intereses comerciales o asociados que representen un conflicto de interés con el contenido del manuscrito.

El primer autor agradece el apoyo de la Universidad de Costa Rica para realizar sus estudios de postgrado.

CAPÍTULO 2

USES OF CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY IN SAN JOSÉ, COSTA RICA

Barba L, Berrocal AL, Hidalgo A. Uses of cone-beam computed tomography in San José, Costa Rica. *Imaging Sci Dent.* 2018;48:103-109.

Uses of cone-beam computed tomography in San José, Costa Rica

Lucía Barba¹, Ana Luisa Berrocal², Alejandro Hidalgo^{1,*}

¹Specialization Program in Oral and Maxillofacial Imaging, Graduate School, Universidad de Talca, Talca, Chile

²Department of Diagnostic and Surgical Sciences, Faculty of Dentistry, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

ABSTRACT

Purpose: To analyze cone-beam computed tomography (CBCT) use, indications, and exposure parameters in San José, Costa Rica.

Materials and Methods: A cross-sectional study was performed. All CBCT examinations over a period of 6 months at 2 radiological centers in San José, Costa Rica were evaluated. The examinations were performed with Veraview EPOC X550 and Veraviewepocs 3D R100 equipment. The patients' age and sex, clinical indication for CBCT, region of interest (ROI), repeat examinations, specialty of the referring dentist, field-of-view (FOV), tube voltage (kV), tube current (mA), and radiation dose (μGy) were evaluated. Patients were classified by age as children (≤ 12 years), adolescents (13-18 years), and adults (≥ 19 years).

Results: The mean age of the 526 patients was 49.4 years. The main indications were implant dentistry and dental trauma. The most frequent ROIs were posterior, while anterior ROIs were much less common. The highest percentage of repeat examinations was in children. Fifty-six percent of the referring dentists were specialists. The most commonly used FOV was small. The mean tube voltage and current were 79.8 kV and 7.4 mA for Veraview EPOC X550 and 89.9 kV and 6 mA for Veraviewepocs 3D R100, respectively. The mean doses for children, adolescents, and adults were 6.9 μGy , 8.4 μGy , and 7.8 μGy , respectively.

Conclusion: Although CBCT was most commonly used in adults for implant dentistry, most repeat examinations were in children, and the highest mean dose was in adolescents. Additional dose optimization efforts should be made by introducing low-dose protocols for children and adolescents. (*Imaging Sci Dent* 2018; 48: 103-9)

KEY WORDS: Cone-Beam Computed Tomography; Radiation Dosage; Radiation Protection

Introduction

Cone-beam computed tomography (CBCT) is an imaging technology using ionizing radiation that was introduced into dentistry in the late 1990s.^{1,2} CBCT has revolutionized how patients are evaluated in virtually all dental specialties due to its lower cost and greater accessibility than conventional computed tomography (CT).³

Although the radiation dose of CBCT is usually lower than that of conventional CT, it is generally higher than

that of conventional 2-dimensional dental radiography.^{4,5} The radiation dose of CBCT depends on both the equipment (with variation across manufacturers) and the exposure parameters used by the operator.^{3,4}

In dentistry, the most important adverse effects on health derived from ionizing radiation are stochastic. These effects occur without a specific threshold; that is, even minimal doses of radiation are associated with a risk of inducing cancer or hereditary effects. The probability of these effects occurring, but not their severity, is proportional to the radiation dose.^{4,6}

Due to the risks involved in the use of ionizing radiation, all necessary measures must be taken to minimize radiation exposure.⁵ This is especially important in pediatric patients, who are more susceptible to the effects of radiation due to their longer life expectancy and the great-

*Lucía Barba was supported and funded by the University of Costa Rica through its program Becas de Posgrado al Exterior.

Received January 22, 2018; Revised April 19, 2018; Accepted May 2, 2018

*Correspondence to: Prof. Alejandro Hidalgo

Specialization Program in Oral and Maxillofacial Imaging, Graduate School, Universidad de Talca, Avenida Lircay S/N, Talca 3460000, Chile
Tel) 56-71-2200476, Fax) 56-71-2200476, E-mail) ahidalgo@utalca.cl

er radiosensitivity of developing organs and tissues.⁷

In 2012, Guide No. 172 was published by the European Commission with the objective of providing evidence-based information on the use of CBCT in various clinical situations, with the goal of benefiting both clinicians and patients. This guide promotes the use of appropriate exposure parameters for dose reduction, while maintaining image quality.⁴

Since CBCT is a new technology, few studies are available on exposure parameters in different age groups and for different types of CBCT equipment.⁸ Two recent studies have evaluated the use of CBCT in children in different populations.^{8,9} Both studies found that most CBCT examinations were performed with a small field-of-view (FOV), which implies that this aspect of optimization had been performed properly. However, Hidalgo-Rivas et al.⁸ did not find any statistically significant difference between radiation doses in the age groups studied. They suggested that greater efforts should be made to reduce exposure in the youngest individuals as part of optimizing the radiation dose in CBCT examinations.

Only a single study performed in Latin America was found, which evaluated patients under 25 years of age in Chile.¹⁰ CBCT arrived in Costa Rica in 2008, but to date no studies have evaluated the use of this technology in Costa Rica. The purpose of the present study was to analyze CBCT use, indications, and exposure parameters at 2 radiological centers in Costa Rica to gather information that may be useful for the implementation of radiological protection strategies.

Materials and Methods

This research was approved by the Bioethics Committee of the University of Talca (folio 2017-06-AH).

The study was cross-sectional and retrospective. Data were collected from all patients, along with their CBCT examinations, at 2 radiological centers in San José, Costa Rica over a period of 6 months (July to December 2016). The same maxillofacial radiologist managed both radiological centers. The equipment used for all the examinations was Veraview EPOC X550 Type EX1 (J. Morita, Kyoto, Japan) (60-80 kV, 1-10 mA) or Veraviewepocs X550-EX1 Type 3D R100 (J. Morita, Kyoto, Japan) (60-90 kV, 1-10 mA).

Only examinations with complete information regarding the variables under study were analyzed. These variables included patient information (age, sex, clinical indication, region of interest [ROI], repeat examinations, and

the specialty of the referring dentist) and exposure parameters (field of view [FOV], tube voltage [kV], tube current [mA], and radiation dose [μ Gy]).

Patient information was obtained from the research database, which was constructed by the maxillofacial radiologist who managed both radiological centers using the centers' records. Exposure parameters were obtained by the main investigator from the metadata files. All the information collected was recorded on a spreadsheet in Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

Patients were classified by age as children (≤ 12 years), adolescents (13-18 years), and adults (≥ 19 years).

The clinical indications for the examinations were categorized according to the classification of uses of dental CBCT adapted from the European Guidelines.⁸ This classification divides indications according to the recommended FOV. For localized indications, a small FOV is recommended, while for generalized indications a medium or large FOV is recommended.⁴ Examinations with a clinical indication that did not correspond to these guidelines were recorded as having 'other' indications. When an examination had more than 1 indication, each indication was recorded separately. In the classification of indications by age group, indications corresponding to fewer than 5% of all examinations were recorded as 'uncommon.' Temporomandibular joint (TMJ) examinations were considered as a single examination per patient, regardless of the number of exposures used.

The ROI of each examination was classified as follows: 1) anterosuperior (AS): maxillary canine and incisor region (primary and/or permanent), 2) posterosuperior (PS): distal to the maxillary canines (left and right), 3) anteroinferior (AI): mandibular canine and incisor region (primary and/or permanent), and 4) posteroinferior (PI): distal to the mandibular canines (left and right). The TMJ examinations were excluded from the ROI analysis, as they did not correspond to dental areas. Examinations with 'other' indications were excluded from the ROI analysis, as multiple individual indications were anticipated for this category.

Repeat examinations were defined as multiple examinations performed for the same indication on the same day because the initial image obtained was unsuitable for diagnosis. This decision was made by the radiographer at each center, both of whom had more than 8 years of experience with CBCT. Repeat examinations and their causes were recorded according to the classification of quality standards for CBCT images from Guide No. 172.⁴ The number of repeat examinations was not included in the

total number of examinations in the study.

The referring dentist's specialty was recorded according to the specialties recognized by the College of Dental Surgeons of Costa Rica. Specialties with 10 or fewer referred examinations were classified as 'other' specialties.

The FOV was classified by diameter as small (< 8 cm) or medium (≥ 8 cm and < 14 cm).^{11,12}

Regarding the radiation dose, the weighted computed tomography dose index (CTDI_w) provided by the equipment after each exposure was recorded. For TMJ examinations, the dose was defined as the sum of the doses of all examinations performed. For repeat examinations, the dose was recorded as the sum of the examination dose and the repeat exposure doses.

The total number of patients was used for analyses by age group and sex. For the other results, the total number of examinations was used, since the same patient could have undergone more than 1 indicated examination. The distributions of examinations by age group and sex, and clinical indications by age group were calculated. ROIs were analyzed across the entire study group, as well as by age group and clinical indication. The cause and percentage of repeat examinations were recorded for the study group as a whole and by age group. The distribution of examinations by the referring dentist's specialty was also calculated. The distribution of FOVs was analyzed across the overall study group and by age group, and the frequency of clinical indications was calculated based on Guide No. 172 according to FOV size.⁴ The mean tube voltage and current of each CBCT apparatus was calculated, and the radiation dose was compared among the age groups.

The maxillofacial radiologist managing the centers assigned an identifying code to each patient for internal use. This code replaced the patient's personal information in the research database. This database was given to the main investigator by the maxillofacial radiologist. Once data input was completed, the main investigator eliminated each identifying code and replaced it with a correlative number. In this way, the research database was completely anonymized, and it was impossible to obtain personal data from it.

Results

Of the examinations performed in the period studied (n = 943), 317 were excluded due to incomplete information. A total of 586 examinations and 599 indications were obtained from 526 patients.

The mean age of the study group was 49.4 ± 17.4 years (range, 6-82 years), and 60.1% percent of patients were women and 39.9% were men. The distribution of the subjects by age group and sex is presented in Table 1.

Of the total number of examinations, 2.9% (n = 17) were performed in children, 4.1% (n = 24) in adolescents, and 93% (n = 545) in adults.

The clinical indications were implant dentistry (46.6%), dental trauma (12%), endodontics (9.3%), exodontia (7.3%), assessment of periapical disease (4.8%), unerupted tooth localization (4.7%), periodontal assessment (3.8%), TMJ (1.8%), bony pathosis (1.8%), external resorption (1.5%), facial trauma (1.2%), and other indications (5%). No indications for surgical/orthodontic management, dental caries diagnosis, or cleft palate were found. The clinical indications by age group are presented in Table 2.

Regarding the ROI (n = 376), the most common was the posterior region (79.2%), with PI accounting for the greatest proportion (44.1%), followed by PS (35.1%). The anterior ROIs (20.8%) were mostly AS (16.8%), followed by AI (4%). The most common ROI in adults was PI (46.1%), followed by PS (36.1%), AS (13.4%), and AI (4.4%). In adolescents, there was no difference between the AS, PI, and PS ROIs (33.3% each). In children, 100% of the examinations were requested for the AS region.

Regarding the most frequent ROI for each clinical indication, the PS ROI was most commonly requested for endodontics (49.1%) and dental trauma (41.2%). The PI ROI was most commonly requested for exodontia (75%) and implant dentistry (43.5%), and the AS ROI was most commonly used for unerupted tooth localization (83.3%).

Overall, repeat examinations were required in 4.9% of cases (n = 29). In 55.2% of these cases (n = 16), the repeat examinations were required because the ROI was excluded from the scan volume, while 44.8% (n = 13) of the re-

Table 1. Distribution of subjects by age group and sex

Age group	Number of patients	Percentage of patients	Male	Percentage	Female	Percentage
Children	16	3%	7	43.8%	9	56.2%
Adolescents	20	3.8%	12	60%	8	40%
Adults	490	93.2%	191	39%	299	61%
Total	526	100%	210		316	

in children under 12 years¹⁰ and 5.2% in children under 13.⁸ In the present investigation, no patient under 6 years of age was seen, corresponding to previous investigations.^{9,10} This situation is in accordance with the principle of justification, since a CBCT examination may not be necessary in patients under 6 years of age, because it may not be possible to clinically intervene in patients in this age group.

Regarding ROI by clinical indication, a posterior ROI was most commonly requested for the most common indications for adults, in order to evaluate the proximity of anatomical structures, root anatomy, and fractures in multiradicular teeth.^{4,13,14} All examinations for exodontia in adolescents were requested for the third molars. This could be explained by the fact that there is evidence to support the use of CBCT to evaluate the proximity of third molars to the mandibular canal, due to the possibility of damaging the inferior alveolar nerve and causing neurosensory alterations.^{4,15} This is in line with our results. For children, examinations for the most frequent indications were requested with the AS ROI, in agreement with other studies.^{8,10} Surgical indications, orthodontic indications, and cleft palate are pathologies that are mostly evaluated in public hospitals, which could explain the absence of examinations with these indications in the present study.

The low rate of repeat examinations in the present study is in accordance with Guide No. 172, which recommends that the rate of repeat examinations should be maintained below 5%.⁴ Repeat examinations due to patient movement during examinations can be reduced by reducing the exposure time and by stabilizing and securing the patient's head.^{16,17} In addition, it is important for the clinician to record the presence of any medical conditions that may affect movement. In this way, the maxillofacial radiologist can consider modifying the exposure parameters, according to the equipment, to reduce the possibility of motion artifacts.¹⁷ For repeat examinations due to a mismatch between the ROI and the FOV, Guide No. 172 recommends taking a scout view and using available visual aids, such as light indicators, to confirm positioning in equipment that has these characteristics.⁴

As recommended by Guide No. 172, an audit should be carried out at intervals of no more than 6 months, in which one would expect to find a reduction in the repeat examination rate of 50%.⁴ In the present study, the highest rate of repeat examinations by age group was in children. This result agrees with those of previous studies, in which higher percentages of motion artifacts were found in pa-

tients younger than 15 years and older than 60 years.¹⁸ This result is notable due to the effects of radiation and the increased radiation dose that accompanies repeat examinations. It is therefore advisable to keep a record of repeat examinations because doing so makes it possible to determine the factors that cause patients to move, which allows them to be corrected before performing an examination.^{4,18}

Specialist dentists requested the most examinations. This information is particularly relevant for raising awareness of the importance of providing adequate clinical information by correctly filling out the radiology request form.

Small FOVs predominated in the present study, with a percentage slightly higher than 50%, unlike the values of around 80% reported in previous studies.^{8,9} For some localized clinical indications, such as unerupted tooth localization, periodontal assessment, implant dentistry, and bony pathosis, a medium FOV was most commonly used in this study. However, in this regard, the recommendation of Guide No. 172 is to use a small FOV for localized indications.⁴ In the present study, a medium FOV was used most frequently in children, even though the most common clinical indication was unerupted tooth localization, for which a small FOV is recommended.⁴ The FOV is an important parameter in terms of radiation dose. The same FOV size can cover a larger area in a smaller patient, so the smallest FOV should be selected according to the clinical indication of the examination. Doing so allows observation of only the area of interest, thereby yielding a reduction in dose.^{4,19,20} Additional efforts should be made at the centers included in this study to adjust the FOV to be as small as possible, while allowing adequate observation of the area of interest.

The equipment used in the present study allowed both tube voltage and tube current to be varied. However, both parameters remained fixed for most examinations. There is a linear relationship between the tube current and radiation dose.²¹ It is well known that changes in the radiation dose are directly proportional to the tube current, so that a decrease in the tube current directly leads to a decrease in the patient dose.²¹ Since a 10% dose reduction is considered clinically relevant,²² a 10% reduction in tube current would be an important objective for dose optimization. In the present study, the exposure time was not recorded separately, because it was fixed in the equipment that was studied (9.4 seconds). Tube current and voltage are operator-dependent factors and should be kept as low as possible to reduce the radiation dose, while maintaining the

diagnostic quality of the image.⁶

Although a decrease in tube current produces an increase in the noise in CBCT images, it is possible to decrease tube current while maintaining acceptable image quality for diagnosis.^{23,24} It has been shown that such a decrease can be achieved, in some cases, by using lower parameters than those recommended by the manufacturer.^{23,24} In the present study, no variation was found in the tube voltage and current in children, despite evidence that such variation may reduce the dose in pediatric patients while maintaining diagnostic image quality.²⁴ Due to variation in the CBCT equipment on the market and the wide variety of exposure parameters, it is not possible to standardize specific settings for tube voltage and current for all equipment types and all patients. More research is needed to determine specific protocols for each equipment type, indication, and patient category. Optimization efforts should be made using the pediatric parameters of the equipment when available.²⁰

The lowest average radiation dose was found in children, while the highest was in adolescents. The fact that adolescents recorded a higher dose than adults could not be explained by the number of TMJ examinations or the number of repeat examinations. It is suggested that these centers should evaluate their protocols and establish different protocols for adults, adolescents, and children. The doses were measured in CTDI_w, which combines the measurements of the center and the periphery of a phantom to generate a weighted dose index,^{6,11} so the dose measurements were not a direct evaluation of the effective dose received by each patient. As the CTDI_w describes an average dose, it can be inferred that children receive a higher dose than is recorded by the equipment. This has been shown in several investigations, in which the use of the same exposure parameters for both children and adults produced a greater effective radiation dose in children.^{6,20} This higher dose can be explained because a small FOV covers a greater area in children than in adults, and the thyroid gland is therefore located closer to the primary beam. In addition, the other organs are closer to the surface, so they receive a larger dose.²⁰ Therefore, the use of CBCT in children must be justified, meaning that the benefits must outweigh the risk.^{20,4}

The information obtained in the present investigation on the use of CBCT in San José, Costa Rica is expected to be used as a basis for implementing radiological protection strategies. It is important to emphasize that referring dentists and those responsible for radiological centers should follow the principles of justification and optimi-

zation to protect patients. Further research is required to reduce doses, especially in children, while maintaining diagnostic quality.

In conclusion, although CBCT was mostly used in adults for implant dentistry, most repeat examinations were in children, and the highest mean dose was in adolescents. Additional dose optimization efforts should be made, and low-dose protocols should be introduced for children and adolescents.

Acknowledgements

The first author acknowledges the University of Costa Rica for funding her postgraduate studies.

References

1. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 1998; 8: 1558-64.
2. Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol* 1999; 28: 245-8.
3. Pauwels R. Cone beam CT for dental and maxillofacial imaging: dose matters. *Radiat Prot Dosimetry* 2015; 165: 156-61.
4. European Commission. Radiation protection 172: cone beam CT for dental and maxillofacial radiology: evidence-based guidelines. Luxembourg: European Commission Directorate for Energy; 2012.
5. FDI World Dental Federation. FDI policy statement on radiation safety in dentistry: adopted by the FDI General Assembly: 13 September 2014, New Delhi, India. *Int Dent J* 2014; 64: 289-90.
6. ICRP, Rehani MM, Gupta R, Bartling S, Sharp GC, Pauwels R, et al. Radiological protection in cone beam computed tomography (CBCT). ICRP Publication 129. *Ann ICRP* 2015; 44: 9-127.
7. White SC, Scarfe WC, Schulze RK, Lurie AG, Douglass JM, Farman AG, et al. The Image Gently in Dentistry campaign: promotion of responsible use of maxillofacial radiology in dentistry for children. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2014; 118: 257-61.
8. Hidalgo-Rivas JA, Theodorakou C, Carmichael F, Murray B, Payne M, Horner K. Use of cone beam CT in children and young people in three United Kingdom dental hospitals. *Int J Paediatr Dent* 2014; 24: 336-48.
9. Van Acker JW, Martens LC, Aps JK. Cone-beam computed tomography in pediatric dentistry, a retrospective observational study. *Clin Oral Investig* 2016; 20: 1003-10.
10. Arancibia B, Schilling J, Schilling A, Correa-Beltrán G, Hidalgo A. Usos de tomografía computarizada de haz cónico en menores de 25 años en Talca, Chile. *Rev Cubana Estomatol* 2017; 54: 1-11.
11. Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, Theodorakou C, Rogers

- J, Walker A, et al. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *Eur J Radiol* 2012; 81: 267-71.
12. Nemtoi A, Czink C, Haba D, Gahleitner A. Cone beam CT: a current overview of devices. *Dentomaxillofac Radiol* 2013; 42: 20120443.
 13. Special Committee to Revise the Joint AAE/AAOMR Position Statement on use of CBCT in Endodontics. AAE and AAOMR Joint Position Statement: use of cone beam computed tomography in endodontics 2015 Update. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2015; 120: 508-12.
 14. Tyndall DA, Price JB, Tetradis S, Ganz SD, Hildebolt C, Scarfe WC. Position statement of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology on selection criteria for the use of radiology in dental implantology with emphasis on cone beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2012; 113: 817-26.
 15. Adibi S, Paknahad M. Comparison of cone-beam computed tomography and osteometric examination in preoperative assessment of the proximity of the mandibular canal to the apices of the teeth. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2017; 55: 246-50.
 16. Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, et al. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol* 2011; 40: 265-73.
 17. Donaldson K, O'Connor S, Heath N. Dental cone beam CT image quality possibly reduced by patient movement. *Dentomaxillofac Radiol* 2013; 42: 91866873.
 18. Spin-Neto R, Wenzel A. Patient movement and motion artefacts in cone beam computed tomography of the dentomaxillofacial region: a systematic literature review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2016; 121: 425-33.
 19. Kiljunen T, Kaasalainen T, Suomalainen A, Kortensniemi M. Dental cone beam CT: a review. *Phys Med* 2015; 31: 844-60.
 20. Theodorakou C, Walker A, Horner K, Pauwels R, Bogaerts R, Jacobs R, et al. Estimation of paediatric organ and effective doses from dental cone beam CT using anthropomorphic phantoms. *Br J Radiol* 2012; 85: 153-60.
 21. Kalender W. *Computed tomography: fundamentals, system technology, image quality, applications*. 3rd ed. Erlangen: Publicis Corporate Pub.; 2011.
 22. Pernicka F, McLean ID, International Atomic Energy Agency. *Dosimetry in diagnostic radiology: an international code of practice*. Technical reports series No. 457. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2007.
 23. Pauwels R, Seynaeve L, Henriques JC, de Oliveira-Santos C, Souza PC, Westphalen FH, et al. Optimization of dental CBCT exposures through mAs reduction. *Dentomaxillofac Radiol* 2015; 44: 20150108.
 24. Hidalgo Rivas JA, Horner K, Thiruvengkatachari B, Davies J, Theodorakou C. Development of a low-dose protocol for cone beam CT examinations of the anterior maxilla in children. *Br J Radiol* 2015; 88: 20150559.

CAPÍTULO 3

REFERENCIAS

1. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, et al. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol.* 1998;8(9):1558-64
2. Arai Y, Tammissalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999;28(4):245-8.
3. Pauwels R. Cone beam CT for dental and maxillofacial imaging: dose matters. *Radiat Prot Dosimetry.* 2015;165(1-4):156-61.
4. European Commission. Radiation protection 172. Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence-based guidelines. Luxembourg City, Luxembourg: European Commission Directorate for Energy; 2012.
5. FDI World Dental Federation. FDI policy statement on radiation safety in dentistry. *Int Dent J.* 2014;64(6):289-90.
6. ICRP; Rehani MM, Gupta R, Bartling S, et al. Radiological Protection in Cone Beam Computed Tomography (CBCT). ICRP Publication 129. *Ann ICRP.* 2015;44(1).

7. White SC, Scarfe WC, Schulze RK, Lurie AG, Douglass JM, Farman AG, et al. The Image Gently in Dentistry campaign: promotion of responsible use of maxillofacial radiology in dentistry for children. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2014;118(3):257-61.
8. Hidalgo-Rivas JA, Theodorakou C, Carmichael F, Murray B, Payne M, Horner K. Use of cone beam CT in children and young people in three United Kingdom dental hospitals. *Int J Paediatr Dent*. 2014;24(5):336-48.
9. Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, et al. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *Eur J Radiol*. 2012;81(2):267-271.
10. Nemtoi A, Czink C, Haba D, Gahleitner A. Cone beam CT: a current overview of devices. *Dentomaxillofac Radiol*. 2013;42(8):20120443.
11. Arancibia B, Schilling J, Schilling A, Correa-Beltrán G, Hidalgo A. Usos de tomografía computarizada de haz cónico en menores de 25 años en Talca, Chile. *Rev Cubana Estomatol*. 2017;54(3).
12. Van Acker JWG, Martens LC, Aps JKM. Cone-beam computed tomography in pediatric dentistry, a retrospective observational study. *Clin Oral Invest*. 2016;20(5):1003-10.
13. American Association of Endodontics and the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Joint Position Statement: Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics 2015 Update. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2015;120(4):508-512.

14. Tyndall DA, Price JB, Tetradis S, Ganz SD, Hildebolt C, Scarfe WC. Position statement of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology on selection criteria for the use of radiology in dental implantology with emphasis on cone beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2012;113(6):817-26.
15. Adibi S, Paknahad M. Comparison of cone-beam computed tomography and osteometric examination in preoperative assessment of the proximity of the mandibular canal to the apices of the teeth. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2017;55(3):246-250.
16. Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U et al. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011;40(5):265-73.
17. Donaldson K, O'Connor S, Heath N. Dental cone beam CT image quality possibly reduced by patient movement. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42(2): 91866873.
18. Spin-Neto R, Wenzel A. Patient movement and motion artefacts in cone beam computed tomography of the dentomaxillofacial region: a systematic literature review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2016;121(4):425-33.
19. Kiljunen T, Kaasalainen T, Suomalainen A, Kortensniemi M. Dental cone beam CT: A review. *Phys Med.* 2015;31(8):844-860.
20. Theodorakou C, Walker A, Horner K, Pauwels R, Bogaerts R, Jacobs R. Estimation of paediatric organ and effective doses from dental cone beam CT using anthropomorphic phantoms. *Br J Radiol.* 2012;85(1010):153-60.
21. Kalender, WA. *Computed tomography: fundamentals, system technology, image quality, applications.* 3rd ed. Erlangen, Germany: Publicis Publishing; 2011.

22. International Atomic Energy Agency (IAEA). Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice, Technical Reports Series No. 457 (Internet). Vienna; 2007 (cited 2017 Nov 16). Available from: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TRS457_web.pdf
23. Pauwels R, Seynaeve L, Henriques JC, de Oliveira-Santos C, Souza PC, Westphalen FH, et al. Optimization of dental CBCT exposures through mAs reduction. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44(9): 20150108.
24. Hidalgo Rivas JA, Horner K, Thiruvengkatachari B, Davies J, Theodorakou C. Development of a low-dose protocol for cone beam CT examinations of the anterior maxilla in children. *Br J Radiol.* 2015;88(1054): 20150559.

ANEXOS

Anexo A Base de Datos

Formato de base de datos creado en Microsoft Office Excel 2010 (FIGURA 3 Y 4).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	CENTRO	EXAMEN #	CÓDIGO	EDAD	SEXO	ESPECIALIDAD REFERENTE	INDICACIÓN CLÍNICA	REGION DE INTERES	DOSIS RADIACIÓN
2									
3									
4	1			Años	Hombre				CTDIw mGy
5	2				Mujer				
6									
7									

FIGURA 3. BASE DE DATOS

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	CENTRO	EXAMEN #	CODIGO	CAMPO DE VISIÓN	VOXEL	VOLTAJE TUBO	CORRIENTE ELÉCTRICA	TIEMPO DE EXPOSICION
2								
3								
4	1			cm	mm	kV	mA	s
5	2							
6								
7								

FIGURA 4. BASE DE DATOS (CONTINUACIÓN)

Anexo B Certificación de Autorización de Proyecto. Digident CR S.A.

Universidad de Talca
Vicerrectoría Académica
Dirección de Investigación
Comité de Bioética

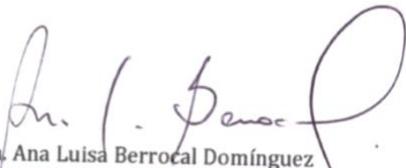
San José, Costa Rica
13 de noviembre 2016

Yo, Dra. Ana Luisa Berrocal Domínguez, especialista en Radiología Oral y Maxilofacial, co-propietaria y Gerente General del Centro Radiológico Digident CR SA, cedula jurídica 3-101 559362, otorgo autorización a la Dra. Lucía Barba Ramírez, estudiante del Programa de Especialización en Imagenología Maxilo Facial de la Universidad de Talca, Chile, para utilizar la base de datos de mis Centros de Radiología Oral y Maxilo Facial.

Dichas bases de datos poseen exámenes de Tomografía Computarizada de Haz Cónico (TCHC), preparadas para fines de investigación y se disponen en formato digital.

Con estas bases de datos la Dra. Barba podrá realizar su investigación para completar su titulación como Especialista en Imagenología Máxilo Facial llamada:

**“USO DE LA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO EN SAN
JOSE, COSTA RICA”.**


Dra. Ana Luisa Berrocal Domínguez
Especialista en Radiología Oral y Maxilofacial
Centro Radiológico Digident CR SA

Anexo C Certificación de aval del Proyecto, Universidad de Costa Rica.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

FOD Facultad de
Odontología

Teléfono: 2511-8067 Fax 2234-9207 /Sitio web: www.fodo.ucr.ac.cr

San José, 2 de Mayo de 2017

SEÑORES,
COMITÉ DE ÉTICA CIENTÍFICA
UNIVERSIDAD DE TALCA
Talca Chile

Estimados Sres:

Por medio de la presente informo a Uds., que la sección de Radiología Oral y Maxilofacial de la Universidad de Costa Rica, avala el proyecto de investigación del Dr. Alejandro Hidalgo, de la Universidad de Talca, Chile. El proyecto titulado "Usos de la tomografía computarizada de haz cónico en San José, Costa Rica", será conducido por la Dr. Lucia Barba, docente de la Universidad de Costa Rica y actual alumna del Programa de Especialización en Imagenología Maxilofacial de la Universidad de Talca, Chile.

Este proyecto se realizará bajo la supervisión del Dr. Hidalgo, utilizando una base de datos de centros privados de Radiología Maxilofacial de San José, Costa Rica, cuya directora es la Dra. Ana Luisa Berrocal, quien además es docente de la sección de Radiología Oral y Maxilofacial de la Universidad de Costa Rica.

Se obtendrá información nueva de la realidad de los usos de la mencionada tecnología en San José, Costa Rica. Se espera que esta información favorezca la implementación de estrategias de protección radiológica, con énfasis en la protección de los pacientes, siguiendo los principios de justificación y optimización.

Sin otro particular, saluda atentamente a Uds.,

Dra. Patricia Ovaros Saballos
Especialista en Radiología Oral y Maxilo Facial
Coordinadora Sección de Radiología
Facultad de Odontología. UCR.



Anexo D Protección de Documento

En las opciones de Archivo del Microsoft Office Excel 2010 se preparó la protección del documento. (FIGURA 5).

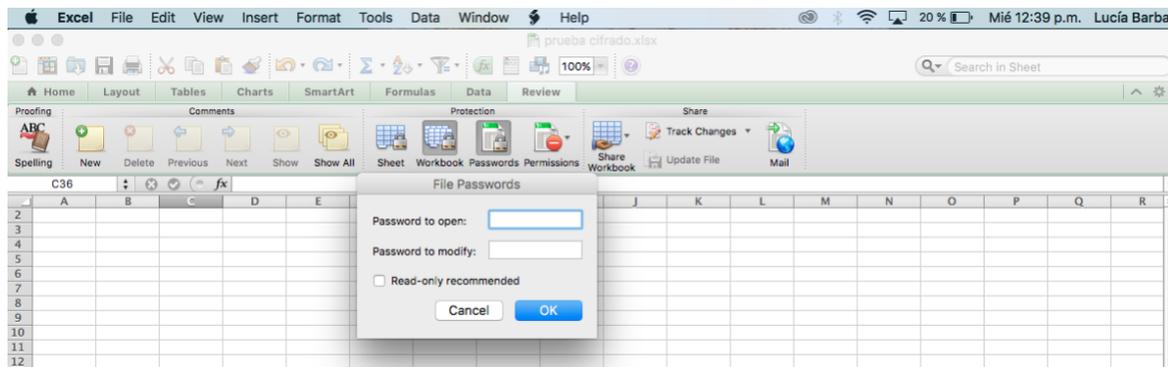


FIGURA 5. PREPARACIÓN DEL DOCUMENTO PARA LA PROTECCIÓN CON CONTRASEÑA EN MICROSOFT OFFICE EXCEL 2010.

Posteriormente, se protegió el documento mediante una contraseña de acceso conocida solamente por el investigador. (FIGURA 6)

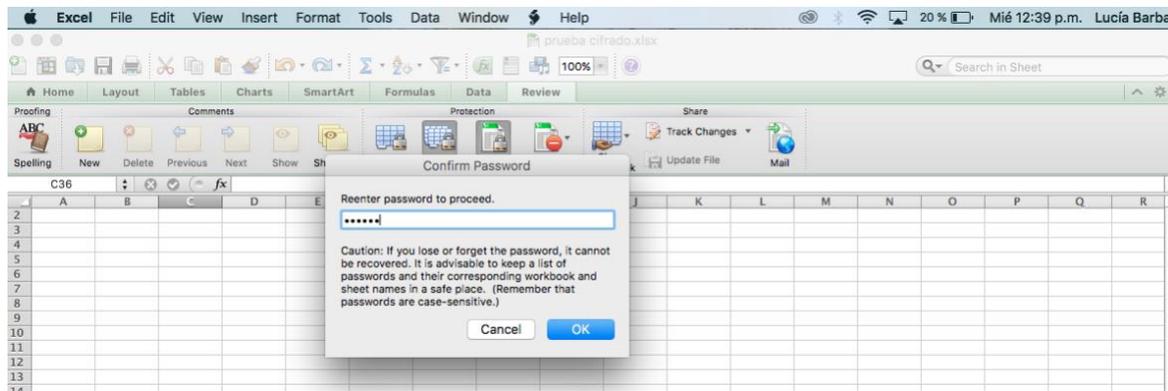


FIGURA 6. PROTECCION DEL DOCUMENTO CON CONTRASEÑA EN MICROSOFT OFFICE EXCEL 2010.

Anexo E Anonimización de los parámetros técnicos de exposición

Se anonimizó esta información adicional de las imágenes radiológicas, contenida en un archivo independiente de las imágenes del paciente.

En la siguiente figura se muestra una sección de los metadatos anonimizada, en la que se observan algunos de los parámetros técnicos de exposición al paciente, como el kV y el mA. No se muestran datos personales de los pacientes que permitan la identificación de los mismos. (FIGURA 7).



```
ver_ctrl - Notepad
File Edit Format View Help
Ver = "1.73" 'Version 1.73
PatientID = "00000001231" 'Patient ID
PatientName = 'Patient Name
PatientStdFamilyName = 'Patient Family Name
PatientStdGivenName = ' 'Patient Given Name
PhotoDate = "20150610101156" 'Image Date
Attendant = "INIAGL:0.0deg@kv:90.0@mA:6.0@FILTR:Cu:0.2mm@BDYPRT:ARCH@PRJAGL:1PI@FOD:340.6mm@FDD:518.5mm@MAG:1.522497@EXPTIMI
```

FIGURA 7. METADATOS ANONIMIZADOS.



Vicerrectoría Académica

ACTA DE APROBACIÓN DE PROYECTO DEL COMITÉ ÉTICO CIENTÍFICO

Talca, 27 de mayo 2017

Folio: 2017-06-AH

1. Miembros del Comité Ético Científico participantes

Nombre	Profesión	Cargo
Prof. Gloria Icaza Noguera	Bioestadístico	Profesora, Instituto de Matemática y Física
Prof. Valeska Gatica Rojas	Kinesióloga	Profesora, Facultad de Ciencias de la Salud
Prof. Hermine Vogel	Ingeniero Agrónomo	Profesor, Facultad de Ciencias Agrarias
Prof. Bernardo Venegas Rojas	Cirujano Dentista	Profesora, Facultad de Ciencias de la Salud
Prof. Andrés Fresno Rodríguez	Psicólogo	Profesor, Facultad de Psicología
Prof. Jorge del Picó Rubio	Abogado	Profesor, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales

Título completo del proyecto: "Uso de la tomografía computarizada de haz cónico en San José, Costa Rica"

2. **Profesor Guía:** Sr. Alejandro Hidalgo

3. **Alumno (a):** Lucía Barba

4. **Institución:** Universidad de Talca, **Unidad Académica:** Facultad de Ciencias de la Salud (Programa de Especialización en Imagenología Maxilofacial).

5. Documentos revisados

- Informe del proyecto
- Carta aval Universidad de Costa Rica
- Carta encargada de laboratorio de Costa Rica

6. Resolución

A juicio de este Comité el proyecto cumple con los estándares éticos requeridos, por lo que se resuelve aprobar la ejecución de la metodología planteada".

Nota: La obtención de la carta de autorización/permisos de las instituciones, entidades u organismos participantes en esta investigación, es exclusiva responsabilidad del investigador responsable, no es función del Comité Ético Científico de la Universidad de Talca.



Email: jbarra@utalca.cl; cec@utalca.cl Fono 56-71-2200484, Casilla 747, Talca



Vicerrectoría Académica

Gloria Icaza
Prof. Gloria Icaza Noguera

Valeska Gatica
Prof. Valeska Gatica Rojas

Hermine Vogel
Prof. Hermine Vogel

Bernardo Venegas
Prof. Bernardo Venegas Rojas

Jorge del Pico
Prof. Jorge del Pico Rubio

Andrés Fresno
Prof. Andrés Fresno Rodríguez



Email: jbarrá@utalca.cl; cec@utalca.cl Fono 56-71-2200484, Casilla 747, Talca