



*Las opiniones y los contenidos de los trabajos publicados son responsabilidad de los autores, por tanto, no necesariamente coinciden con los de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad.*



Esta obra por la Red Internacional de Investigadores en Competitividad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported. Basada en una obra en riico.net.

# Propuesta de modelo conceptual para la medición de niveles de riesgo por radiación no ionizante

DR. JUAN MEJÍA TREJO<sup>1</sup>

## Resumen

Dada la creciente demanda de energía eléctrica por diversos aparatos electrodomésticos y de oficina, así como el uso de equipos de telecomunicaciones inalámbricos, todos generadores de radiación no ionizante el presente documento, parte de una de las recomendaciones presentadas por Mejía (2010), proponiendo como objetivo: **determinar el modelo conceptual *ex ante* para la medición de niveles de riesgo por radiación no ionizante** y ser complementario al proyecto : Red de Monitoreo Ambiental de la Radiación Electromagnética No Ionizante (REMOARENI, Soto 2009), con el fin de prever repercusiones potenciales de daño en el organismo humano. La metodología empleada fue: la de contextualizar, reunir y analizar información sobre la radiación no ionizante como: contaminante, mediciones, influencia en el organismo, la regulación, amenazas y riesgos, logrando el hallazgo de las variables independientes: la amenaza (4 dimensiones; 9 indicadores) y la vulnerabilidad (2 dimensiones; 4 indicadores).

**Palabras clave:** riesgo, amenaza y vulnerabilidad de la radiación no ionizante.

## Abstract

Given the increasing demand of electricity by various household appliances and office as well as the use of wireless telecommunications equipment, all non-ionizing radiation generating this document, part of one of the recommendations made by Mejía (2010), proposed as objective: To determine the *ex ante* conceptual model for measuring levels of non-ionizing radiation risk and be complementary to the project: Environmental Monitoring Network of Non-Ionizing Electromagnetic Radiation (REMOARENI, Soto 2009), in order to predict potential impacts damage in humans. The methodology used was: the context, collect and analyze information on non-ionizing radiation such as pollution, measurements, influences the body, regulation, threats and risks, making the finding of the independent variables: the threat (4 dimensions; 9 indicators) and vulnerability (2 dimensions, 4 indicators).

**Keywords:** risk, threat and vulnerability of non-ionizing radiation.

---

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de la Zona Metropolitana de Guadalajara (UTZMG)

## Introducción

En los últimos años se ha acrecentado el interés por los efectos biológicos y posibles consecuencias para la salud de los campos eléctricos y magnéticos débiles de baja intensidad. Es común apreciar en el paisaje urbano, torres de transmisión y distribución eléctricas, centrales de alta tensión eléctrica antes lejanas, ahora en colindancia directa con los vecinos de las comunidades que conviven, torres de telecomunicaciones con cada vez más antenas que refuerzan el vivir demandante de las comunicaciones inalámbricas, así como aparatos electrodomésticos diversos (TV, radio, máquinas de afeitar, microondas, etc), laptops, cámaras, notebooks, netbooks, agendas personales (Blackberries, Palms, etc.) y lo más común, los teléfonos celulares. El crecimiento de ésta infraestructura es notable, por lo que cabe preguntarse ¿qué hay del efecto producido por la radiación no ionizante, presente en dicha tecnología? Las evidencias de sus repercusiones nocivas se tienen documentadas, sólo a partir de experimentos con organismos menos complejos como los roedores en condiciones de extrema exposición y con base a ello, extrapolaciones a los potenciales efectos en el ser humano. Por otro lado, los casos documentados con referencia a las afectaciones en humanos, son tomadas en cuenta pero con salvedades o dudas en cuanto a la metodología empleada y su asociación a la radiación no ionizante (RNI). Dado lo anterior, es objetivo del presente estudio el realizar **propuesta de modelo conceptual de medición de niveles de riesgo por RNI, en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) Jalisco, México**. El logro de éste objetivo, permitirá dar base al modelo propuesto por Mejía (2010) sobre innovación tecnológica y responsabilidad social empresarial (RSE) en el control de niveles RNI, así como ser referente a estudios diversos de medición de niveles RNI como el practicados a iniciativa del Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas (CUCEA) con el proyecto: Red de Monitoreo Ambiental de la Radiación Electromagnética No Ionizante (REMOARENI) de Soto (2009), que aportará insumos para determinar los niveles de riesgo: potencial y real, por zona en la que se encuentra la población tipificada como poblacional y ocupacional. Para tal efecto, se propone abordar el estudio en: **1)** marco contextual, con referencia a la presencia de infraestructura de energía eléctrica, crecimiento de los celulares y los electrodomésticos en México y Jalisco. **2)** marco teórico presenta el concepto de espectro electromagnético, niveles de radiación no ionizante, medición RNI, influencia en el organismo, regulación, riesgo, amenaza y vulnerabilidad. **3)** metodología empleada para el logro del modelo conceptual; **4)** resultados que describen al modelo conceptual final *ex ante* **5)** conclusiones y recomendaciones, en el que el presente estudio, motiva a otros.

## Marco contextual

### RNI en México y en Jalisco

1) *Tecnología inalámbrica (telefonía celular, WLAN, etc.):* empleando las bandas entre 800 MHz a 1.900 MHz banda microonda, con una penetración de 78.6% por cada 100 habitantes Nov-2009 y más de 79 millones de usuarios (Cofetel, 2010).

2) *Líneas de distribución y transmisión:* De 2000 a 2009, con un incremento del 39% en la red de distribución; 18% en la de subtransmisión y de un 20% de la red de distribución (CFE, 2010)

3) *Electrodomésticos:* pueden ser los más peligrosos por tener mayor cercanía con los usuarios y por no contar con mecanismos propios de protección. No se precisa la cantidad de ellos en operación, pero lo que sí se tiene como referencia, es la intensidad de la RNI a la que se expone el ser humano durante su funcionamiento, tal como se muestra en la **Tabla 1.** (1 T = 10,000 Gauss; Ver Experiments with Magnets and our Surroundings, tomado el 20-Feb-2010 de <http://www.coolmagnetman.com/magflux.htm>). Ver también, **Tabla 2** de muestra del Universo de empresas generadoras de RNI en la ZMG.

**Tabla 1.-**Intensidad de RNI producida por los Electrodomésticos

Electrodoméstico	MicroTeslas		
	0.03m	0.3m	1.0m
Máquina de afeitar	15-150	0.8-9	0.01-0.3
Cafetera eléctrica	15-150	0.8-9	0.01-0.3
Aspiradora	200-800	2-20	0.13-2
Plancha	1.8-25	0.08-0.15	0.01
Batidora	60-700	0.6-10	0.02-0.25
Tostadora	7-18	0.06-0.7	0.01
Microondas	75-200	4-8	0.25-0.6
Refrigerador	0.5-1.7	0.01-0.25	0.01
TV	2.5-50	0.15-3	0.01-0.15
Lavadora	0.8-50	0.15-3	0.01-0.15

Fuente: J. (2000) *La Contaminación Electromagnética*. Biosalud, Instituto de Medicina, tomado el 20-Feb -2010 de [http://www.biosalud.org/archivos/divisiones/4241contaminacion\\_electromagnetica.pdf](http://www.biosalud.org/archivos/divisiones/4241contaminacion_electromagnetica.pdf)

**Tabla 2.-**Muestra del Universo de Empresas Generadoras de RNI en la ZMG

	Empresa	Sector	MOO	CEL	RAM	RFM	FTV	LAT
1	Telmex	Privado	X					
2	Axtel	Privado	X					
3	Telcel	Privado	X	X				
4	Iusacell	Privado	X	X				
5	Movistar	Privado	X	X				
6	Sky	Privado	X					
7	Televisa	Privado					X	
8	TV Azteca	Privado					X	
9	CFE	Público	X					
10	SAT	Público	X					
20	IMSS	Público	X					

Fuente: elaboración propia producto de la investigación

### **Problemática**

Según Skvarca (citado por Balacco, 2004), experto del Panel de Radiaciones de la OMS, las diferentes longitudes de onda, la energía y la tasa de exposición específica, aún dentro de un mismo tipo de radiación, deben tenerse en cuenta al momento de establecer los márgenes de seguridad de riesgo. La exposición general causada por fuentes artificiales ha crecido más que exponencialmente en la última década. Entre las principales fuentes se pueden citar el extenso espectro de telecomunicaciones, informática, emisoras radiales y TV, generación y transporte de energía eléctrica, usos industriales, uso en medicina, investigación, educación y artículos del hogar, entre otros. La OMS y la OPS, están coordinando y recibiendo la información sobre estudios epidemiológicos a gran escala, *Proyecto Internacional sobre los Campos Electromagnéticos, efectos en la Salud y el Medio Ambiente de la Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos Estáticos y Variables* ([www.who.int/emf](http://www.who.int/emf)). Las conclusiones obtenidas, como la normativa internacional vigente, permiten fijar recomendaciones y límites en el uso arbitrario de fuentes contaminantes de RNI. La radiación UV tiene amplio uso en la esterilización de instrumental y equipo médico como también para la generación de un ambiente estéril. De hecho, el aumento de fuentes industriales de UV ha creado preocupación en los trabajadores con fuentes de UV abiertas. *El máximo riesgo corresponde a la exposición del ojo y la piel. Cataratas y el cáncer de piel son las manifestaciones más conocidas por la exposición inadecuada a estas radiaciones* (Giménez J., citado por Balacco, (2004). En cuanto a las lámparas de UV y halógenas, son también fuentes de RNI, debiendo respetarse las indicaciones de protección del fabricante. En nuestro entorno, equipos de telecomunicaciones, equipos radiomédicos, emplazamientos de sistemas de telecomunicaciones, o sectores de radiodifusión, del transporte y de las comunicaciones que trabajan en las proximidades de antenas trasmisoras; trabajadores que utilizan calentadores dieléctricos para la laminación de maderas y sellados de plástico, operadores de soldaduras de PVC, etc., tienen alta probabilidad de estar expuestos a campos superiores a los que establece la norma, aunque todos esos niveles de exposición tienen un reglamento de seguridad ocupacional (Bardasano, 2000). Con base a las características que hacen a la contaminación electromagnética por RNI, así como a los resultados de las mediciones que genere el Proyecto Red de Monitoreo Ambiental de la Radiación Electromagnética No Ionizante en (REMOARENI) en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jal., México (ZMG) (Soto, 2009), se **plantea la problemática de realizar propuesta del modelo conceptual detallado ex ante para medición de niveles de riesgo por radiación no ionizante, en**

la **Zona Metropolitana de Guadalajara Jalisco, México**. declarando ésta como objetivo general a lograr (**OG**)

### Objetivos específicos

Siguiendo las formas de expresión interrogativa de los objetivos, tanto general como específicos (Sampieri; Fernández y Baptista, 2003), concluimos la **Tabla 3**

**Tabla 3.-** Matriz de Congruencia

<b>Variable Dependiente: Riesgo RNI</b>		
<b>Objetivos</b>	<b>Preguntas</b>	<b>Actividades</b>
<b>OG:</b> Determinar el modelo conceptual (ex ante) para medición de niveles de riesgo por radiación no ionizante, en la Zona Metropolitana de Guadalajara Jalisco México, habilitando a los gerentes de dichas empresas, reconocer las variables, evaluar, decidir y aplicar acciones preventivas y/o correctivas sobre los productos y/o servicios que las producen.	<b>PG:</b> ¿Cuál es el modelo conceptual (ex ante) para medición de niveles de riesgo por radiación no ionizante, en la Zona Metropolitana de Guadalajara Jalisco México, habilitando a los gerentes de dichas empresas, reconocer las variables, evaluar, decidir y aplicar acciones preventivas y/o correctivas sobre los productos y/o servicios que las producen.?	-Investigación documental. -Creación de marco teórico con base en los temas de espectro electromagnético, RNI Contaminación, medición de la RNI, Influencia de la Rni en el organismo, amenaza y riesgo por RNI,
<b>Variables Independientes: Amenaza y Vulnerabilidad</b>		
<b>Objetivos</b>	<b>Preguntas</b>	<b>Actividades</b>
<b>OE1.-</b> Determinar las dimensiones e indicadores de las variables independientes que producen riesgos por las RNI en la ZMG.	<b>P1:</b> ¿Cuáles son las dimensiones de las variables independientes que producen riesgos por las RNI en la ZMG?	-Con base en la bibliografía, determinación de las dimensiones e indicadores de las variables independientes: amenaza y vulnerabilidad y de la variable dependiente: riesgos del a RNI
<b>OE2.-</b> Determinar las relaciones de las variables independientes que producen riesgos por las RNI en la ZMG.	<b>P2:</b> ¿Cuáles son las relaciones las variables independientes que producen riesgos por las RNI en la ZMG.?	Con base en la bibliografía, determinación de las relaciones de las variables independientes: amenaza y vulnerabilidad y de la variable dependiente: riesgos de la RNI -Propuesta modelo conceptual ex ante

Fuente: elaboración propia

### Hipótesis

Con el conocimiento del fenómeno de la RNI, se tienen los insumos necesarios para crear un modelo conceptual que permita determinar el riesgo a su exposición.

### Justificación

El encontrar un modelo que mida el nivel de riesgo que existe en la RNI del medio para ser referente de futuras investigaciones sobre las consecuencias en el organismo humano y el grado de riesgo real o potencial en diferentes densidades poblacionales (niños, jóvenes y adultos). Es de alto valor, por no haber antecedentes en nuestro país del monitoreo y análisis de riesgo de las RNI.

### Limitaciones

Basados en los datos que genere el proyecto REMOARENI (Soto, 2009), con el fin de realizar análisis de los mismos en frecuencias bajas (electrodomésticos, fuentes de alta tensión en sitios urbanos) y en altas frecuencias (telecomunicaciones inalámbricas) así como los alcances teóricos sobre los supuestos efectos nocivos de la RNI, aún no comprobados en el organismo humano.

### Marco teórico

Se abordan los conceptos de radiación no ionizante (RNI), crecimiento celular, energía eléctrica en México, contaminación, medición de la RNI, su influencia en el organismo, regulación.

### Espectro Electromagnético

La luz visible la línea divisoria entre la radiación ionizante y radiación no ionizante (ver **Tabla 4**).

**Tabla 4.-** Espectro Electromagnético y sus usos en Telecomunicaciones

Radiación	Frecuencia (Hz)	Longitud de Onda (m)	Banda	Aplicación en Telecomunicaciones						
Ionizante	$10^{24}$	$3 \times 10^{-16}$	Rayos Gamma							
	$10^{23}$	$3 \times 10^{-15}$								
	$10^{22}$	$3 \times 10^{-14}$								
	$10^{21}$	$3 \times 10^{-13}$								
	$10^{20}$	$3 \times 10^{-12}$								
	$10^{19}$	$3 \times 10^{-11}$								
	$10^{18}$	$3 \times 10^{-10}$	Rayos X							
	$10^{17}$	$3 \times 10^{-9}$								
	$10^{16}$	$3 \times 10^{-8}$								
No Ionizante	$10^{15}$	$3 \times 10^{-7}$	Ultravioleta Externo							
			Ultravioleta-C							
			Ultravioleta-B							
			Ultravioleta-A							
	$10^{14}$	$3 \times 10^{-6}$	Luz Visible			Fibra Óptica				
			Infrarrojo-A							
			Infrarrojo-B							
	$10^{13}$	$3 \times 10^{-5}$	Infrarrojo-C							
	$10^{12}$	$3 \times 10^{-4}$								
	$10^{11}$	$3 \times 10^{-3}$								
	$10^{10}$	$3 \times 10^{-2}$	EHF	Microondas	Microonda Terrestre	Microonda Satelital				
	$10^9$	$3 \times 10^{-1}$	SHF					WLAN G.802.11	Telefonía Celular	
			UHF							
	$10^8$	3	VHF	Radiofrecuencia	Uso de Par Trenzado	Cable Coaxial		Radio FM	T V	
	$10^7$	$3 \times 10^1$	HF							
$10^6$	$3 \times 10^2$	MF								
$10^5$	$3 \times 10^3$	LF								
$10^4$	$3 \times 10^4$	VLF								
$10^3$	$3 \times 10^5$	VF								
$10^2$	$3 \times 10^6$									

			ELF		Líneas de Alta Tensión				
	10 <sup>1</sup>	3x10 <sup>7</sup>							
	10 <sup>0</sup>	3x10 <sup>8</sup>							

Fuente: Adaptación propia de Knave (1998, p.495) y Tanembaum (2003, p. 65)

Al igual que cualquier forma de energía, la RNI tiene el potencial necesario para interactuar con los sistemas biológicos, y las consecuencias pueden ser irrelevantes, perjudiciales en diferentes grados o beneficiosas. No obstante, se desconocen los mecanismos de interacción de las intensidades de los campos de bajo nivel (Knave, 1998) definidas y, por tanto, son más fácilmente perceptibles por los organismos biológicos.

### Contaminación

De acuerdo al Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (DRALE), proviene del latín *contamināre*, que significa: *alterar nocivamente la pureza o las condiciones normales de una cosa o un medio por agentes químicos o físicos*. Para que exista contaminación, la sustancia contaminante deberá estar en cantidad relativa suficiente como para provocar ese desequilibrio. Esta cantidad relativa puede expresarse como la masa de la sustancia introducida en relación con la masa o el volumen del medio receptor de la misma. Este cociente recibe el nombre de concentración. El tipo de contaminante a clasificar a las RNI no es precisa ya que sólo podríamos aducir que lo es por los efectos nocivos que produciría a nuestro organismo, por los que en algunos países, ya han realizado legislación preventiva al respecto, siendo los casos de: el Decreto Supremo N° 010-2005-PCM República del Perú (2005); la Norma Venezolana Radiación No Ionizante. Límites de Exposición, Medidas de Protección y Control (2000); el Anexo 10 Norma de Radiación No Ionizante de Campos Electromagnéticos. República del Ecuador (2005).

### Medición de la RNI

A fin de entender lo referente a las RNI, se expone una recopilación previa de las unidades eléctricas, magnéticas, electromagnéticas y dosimétricas, en las correspondientes unidades del Sistema Internacional, como se muestra en la siguiente **Tabla 5**.

**Tabla 5.-** Unidades Eléctricas, Magnéticas, Electromagnéticas y Dosimétricas-

CANTIDAD	SÍMBOLO	UNIDAD
Conductividad	$\sigma$	Siemens por metro (S/m)
Corriente	I	Amperio (A)
Densidad de corriente	J	Amperio por metro cuadrado (A/m <sup>2</sup> )
Frecuencia	f	Hertzio (Hz)
Intensidad de campo eléctrico	E	Voltio por metro (V/m)
Intensidad de campo magnético	H	Amperio por metro (A/m)
Densidad de flujo magnético	B	Tesla (T)
Permeabilidad magnética	$\mu$	Henrio por metro (H/m)
Permisividad	$\epsilon$	Faradio por metro (F/m)
Densidad de potencia	S	Vatio por metro cuadrado (W/m <sup>2</sup> )
Absorción específica	SA	Julio por kilogramo (J/kg)

Tasa de absorción específica	SAR	Watt por kilogramo (W/kg)
------------------------------	-----	---------------------------

Fuente: Recomendación 1999/519/EC del Consejo de la Unión Europea; elaboración propia

Son varios organismos internacionales con recomendaciones sobre la medición de niveles de RNI, como los mostrados en la **Tabla 6** sobre celulares.

**Tabla 6.** Niveles RNI en Celulares, dados por diversos Organismos Internacionales

<b>ICNIRP [International Commission on Non – Ionizing Radiation Protection]</b>
S= 0,40 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares [SRMC]-800 MHz S= 0,90 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias telefonía móvil [SMT]- 1900MHz
<b>NCRP [Naxional Council on Radiation and Measurements] USA 1986</b>
S= 0,57 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares [SRMC]-800 MHz S= 1,00 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias telefonía móvil [SMT]- 1900MHz
<b>FCC (Federal Communications Commission) Guidelines: FCC96-326</b>
S= 0,57 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares [SRMC]-800 MHz S= 1,00 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias telefonía móvil [SMT]- 1900MHz
<b>ANSI (American National Standards Intitute) – C95.1 - USA</b>
S= 0,57 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares [SRMC]-800 MHz S= 1,00 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias telefonía móvil [SMT]- 1900MHz
<b>IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) – C95.1 - USA</b>
S= 0,57 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares [SRMC]-800 MHz S= 1,00 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias telefonía móvil [SMT]- 1900MHz
<b>NRPB (National Radiation Protection Board) - 4:1-69, UK - 1993</b>
S= 0,57 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares [SRMC]-800 MHz S= 1,00 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias telefonía móvil [SMT]- 1900MHz
<b>SAA (Standards Association of Australia- Nueva Zelanda)- AS/NZ5 2772.1- 1998</b>
S= 0,20 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares [SRMC]-800 MHz S= 1,00 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias telefonía móvil [SMT]- 1900MHz
<b>IRPA (International Radiation Protection Association)- 1998</b>
S= 0,47 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares [SRMC]-800 MHz
<b>CEI (Comitato Electrotecnico Italiano)- 2003</b>
S= 0,01 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares [SRMC]-800 MHz
<b>CENELEC (Comision Europea Normas Electrotécnicas Europa)- 1995</b>
S= 0,57 mW/cm <sup>2</sup> para frecuencias teléfonos celulares [SRMC]-800 MHz

Fuente: Balacco et al. (2004), tomado el 21-Feb-2010 de <http://www.proyectoleonardo.net/files/jbalaccoPredicciones%20de%20Riesgo.pdf>

Ver **Tabla 7** valores ICNIRP de la energía eléctrica.

**Tabla 7.-**Valores máximos de los campos y los cocientes de exposición para el público en general de acuerdo a las recomendaciones ICNIRP

Voltaje KV	Máximo campo eléctrico		Máximo campo magnético	
	kV/m	Límites ICNIRP %	µT	Límites ICNIRP %
10	0.15	3.6	6.41	7.7
33	0.8	19.2	1.62	1.9
60	3.57	85.6	5.14	6.2
138	0.8	19.2	2.06	2.5

220	13.42	322.6	8.81	10.6
-----	-------	-------	------	------

Fuente: Cruz (2009)

Existen aún discrepancias según sea analizado por el autor en turno, como las **Tablas 8 y 9**

**Tabla 8.-** Bandas de Frecuencia y Potencias de Equipos Inalámbricos Típicos

Ubicación	Banda de Frecuencia (MHz)	Potencia de Salida (mW)
Asia	810-935 /1895-1910	600/10
Europa	890-960 / 1710-1880	1000/25
Norteamérica	824-849/ 1850-2200	600-1000/10-25

Fuente: Lin, J. (1997) tomado el 22-Feb <http://0-delivery.acm.org.millennium.itesm.mx/10.1145/1000000/997125/p3-lin.pdf?key1=997125&key2=0264036621&coll=ACM&dl=ACM&CFID=78104620&CFTOKEN=10975649>

**Tabla 9.-** Valores Límite de Exposición Permisibles en comunicación Inalámbrica (ANSI/IEEE C95.1-1992)

Frecuencia (MHz)	Ambiente Controlado			Ambiente Sin Control		
	Densidad de Potencia (mW/cm <sup>2</sup> )	SAR (W/Kg)	Tiempo Promedio (min)	Densidad de Potencia (mW/cm <sup>2</sup> )	SAR (W/Kg)	Tiempo Promedio (min)
800	2.7	8.0	6	0.53	1.6	30
900	3.0	8.0	6	0.6	1.6	30
1800	6.0	8.0	6	1.2	1.6	30
2200	7.3	8.0	6	1.47	1.6	30

Fuente Lin, J. (1997) tomado el 22-Feb <http://0-delivery.acm.org.millennium.itesm.mx/10.1145/1000000/997125/p3-lin.pdf?key1=997125&key2=0264036621&coll=ACM&dl=ACM&CFID=78104620&CFTOKEN=10975649>

Son notables los esfuerzos de varios países por adoptar un estándar de seguridad diferente a ICNIRP. Ver **Tabla 10**

**Tabla 10.-**Diferentes Índices de Seguridad de RNI

Frecuencia (MHz)	mW/cm <sup>2</sup>			
	ICNIRP	EUA	Italia	Rusia
800	0.4	0.53	0.01	0.01
1900	0.95	1.0	0.01	0.01

Fuente: Aguirre et al. tomado el 23-Feb-2010 de [http://www.citefa.gov.ar/soluciones\\_tecno/Antenas/Informe\\_sobre\\_Radiacion\\_de\\_Telefonia\\_Movil\\_Celular.pdf](http://www.citefa.gov.ar/soluciones_tecno/Antenas/Informe_sobre_Radiacion_de_Telefonia_Movil_Celular.pdf)

Los límites de ICNIRP y de la FCC, responden a la concepción de *efecto térmico* de exposición por RNI e incrementado por un *valor de seguridad*. Las concepciones en Rusia e Italia se dan en base a los efectos *no térmicos*, de exposiciones menores a los recomendados por ICNIRP. De acuerdo a los trabajos de Balacco, (2004) las técnicas de medición de energía absorbida por el cuerpo humano consisten en medir la intensidad del campo en las condiciones que fija la norma, calcular la densidad de potencia en W/cm<sup>2</sup> y determinar por dosimetría la exposición o potencia absorbida por unidad de masa (W/Kg), o SAR (Specific Absorption Rates). El SAR puede ser promediado sobre la masa total de un cuerpo entero (CE) expuesto o bien sobre sus partes, o sobre el tiempo total de la

exposición. La exposición ocupacional a no deberá exceder de un SAR promedio de CE de 0,4 W/Kg resultante de promediar todos los valores medidos en cualquier período de 6 minutos (0,1 hora) y sobre la masa corporal total. La exposición poblacional no debe exceder el SAR promedio CE de 0,08 W/Kg (valor promedio sobre cualquier período de 30 minutos 0.5 hora). Usando el SAR como factor común, se construye una curva de densidad de potencia (W/cm<sup>2</sup>) en función de la frecuencia para el ámbito de frecuencias de 0.1 MHz a 30 GHz, estableciendo los límites máximos para la exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencias (W/cm<sup>2</sup>) en función de la frecuencia. El SAR rigurosamente, es la potencia absorbida por unidad de masa de tejido.

En los estándares internacionales, no se han observado efectos por debajo de 0.4W/Kg. En consecuencia, se propone dicho valor como un límite de SAR (SAR<sub>prom CE</sub>) considerado seguro para la salud del hombre en su lugar de trabajo, y con la aplicación de un factor de seguridad de 5 para la población en general. El SAR promediado del cuerpo entero (SAR<sub>promCE</sub>) identifica el régimen de entrada de energía exógena a un sistema en (W/Kg). El impacto de un SAR dado, hasta cierto punto, estará gobernado por la capacidad termorreguladora del sistema. El Régimen Metabólico Basal (RMB) es una medida de la producción de energía endógena; su magnitud en el ser humano tiene una correlación bien establecida con la masa corporal en (Kg), siendo: RMB = 3,86 x m<sup>-0.24</sup> (W/Kg) donde m representa la masa corporal en Kg. Para el ámbito de peso corporal humano entre 2Kg (bebé), 15Kg (niño) y 80 Kg (adulto), se predice que los valores de SAR que estén por encima del 25% del RMB podrían activar la respuesta humana termoregulatoria. No se descarta el tratamiento de exposición múltiple a ondas de TV, radio, celulares, etc., donde la densidad de potencia total (St) es la suma de las parciales para cada frecuencia: St = S1+ S2 + S3...Sn; donde: St: densidad combinada; S1... Sn: densidad de potencia para f1...fn (distintas frecuencias), por lo que la relación L establecido queda:

$$\sum_{i=1}^n \frac{S1}{L1} + \frac{S2}{L2} + \frac{S3}{L3} + \dots + \frac{Sn}{Ln} \leq 1$$

Balacco, (2004), propone los siguientes límites (ver **Tabla 11**):

**Tabla 11.-** Límites de Exposición Ocupacional en todas las Bandas de Frecuencias

Rango de Frecuencias	Exposición Energética Límite	Observaciones
0.1-3 MHz	100 mW/cm <sup>2</sup>	El límite está dado en esta frecuencia por las intensidades de campo, ya que la energía absorbida por un cuerpo es despreciable
3-30 MHz	900/Frecuencia <sup>2</sup> mW/cm <sup>2</sup>	Período de transición
30-400 MHz	1 mW/cm <sup>2</sup>	En esta región se observan resonancias dependientes del tamaño del cuerpo humano.
400 – 2000 MHz	Frecuencia/400 mW/cm <sup>2</sup>	
2-300 GHz	5 mW/cm <sup>2</sup>	

Fuente: Balacco, 2004

Se aprecian 2 casos por actividad: el *ocupacional*, donde las personas tienen total conocimiento de riesgos, capacitación al respecto, etc. y el *poblacional* donde Balacco, (2004) proponen niveles 1/5 de los valores de la exposición ocupacional (grupo de riesgo). Ver **Tabla 12**.

**Tabla 12.-Justificación de Factor de Seguridad para SAR CE**

Días ocupacionales (a)	Hrs ocupacionales diarias (b)	Días de la semana poblacionales (c)	Horas del día poblacionales (d)	Horas semanales ocupacionales (a)*(b)=e	Horas semanales poblacionales (c)*(d)=f	Factor de seguridad (e)/(f)=(g)	SAR promedio CE 0.4 W/Kg* (g)
5	8	7	24	40	168	0.23=1/5	0.08

Fuente: Balacco, (2004) con adaptación propia

### Influencia de la RNI en Organismos Vivos

La salud, es definida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un estado de bienestar físico, mental y social, y no sólo como ausencia de enfermedad o trastorno, por eso es necesario hacer una distinción entre los conceptos: interacción o interferencia, percepción, efecto biológico, lesión y riesgo. Cuando un organismo se expone a un campo electromagnético (CEM), se produce una interacción entre la potencia del campo, la corriente eléctrica inducida y las cargas del tejido corporal. El efecto biológico es la respuesta fisiológica a esa interacción, que puede o no ser perceptible por el organismo expuesto; no tiene por qué ser necesariamente una lesión. De hecho, se produce una lesión cuando el efecto biológico supera las propiedades biológicas de compensación del organismo. El riesgo es una probabilidad latente de que se produzca una lesión. Los efectos de la RNI se agrupan en 3 tipos (Mayayo, 1996): **a)** efectos *térmicos*, que son cambios que se producen en el organismo cuando se eleva un grado centígrado la temperatura corporal. De acuerdo a Úbeda (2000), la evidencia experimental indica que exposiciones de 30 minutos a RNI con SAR de 1 a 4 W/kg provocan en humanos en reposo incrementos de temperatura iguales o inferiores a 1 grado centígrado. La exposición a SAR más intensos puede superar la capacidad termorreguladora de los sujetos y provocar niveles peligrosos de hipertermia. La sensibilidad específica de cada uno de los distintos tejidos del cuerpo varía enormemente, pero el umbral para efectos irreversibles, incluso en los tejidos más sensibles, está por encima de los 4 W/kg cuando la exposición tiene lugar en ambientes y sujetos normales. Estos datos constituyen la base sobre la que el ICNIRP ha establecido el nivel de los 0,4 W/kg como límite de seguridad recomendado para exposiciones ocupacionales. **b)** Efectos *atérmicos*, que produce el organismo para paliar el aumento de temperatura corporal de un grado centígrado, por ejemplo, en la sudoración, enrojecimiento e hinchazón de la piel,

sensación de calor y **e**) efectos *no térmicos*, muy discutidos hoy en día ya que serían de consecuente daño celular. Por otro lado, existe amplia evidencia de estudios documentados al respecto de la afectación de diversos órganos, los cuales hacemos recopilación de los mismos en la **Tabla 13**. Úbeda (2000), informa a su vez sobre resultados de los estudios de laboratorio en sistemas biológicos *in vivo* e *in vitro* expuestos a niveles no térmicos de RNI de altas frecuencia, que han demostrado efectos carcinógenos consistentes. En resumen, los efectos de los RNI varían dependiendo de los parámetros de exposición, del modelo biológico empleado y del blanco biológico estudiado.

**Tabla 13.-** Estudios Relacionados con Afectación a Diversos Órganos por RNI

Título	Autor	Hallazgos
Mobile Telecommunication Radiation and Human Brain Waves	James C. Lin (1997)	Descripción del sistema nervioso central, dividido en sistema periférico y autónomo; se conceptualiza las partes del cerebro como el cerebelo, la médula espinal y el cerebro. Clasificación de las ondas cerebrales en delta (4Hz), Teta (5-8 Hz); alfa (9-12 Hz) y beta (>13 Hz); Se miden durante la noche <i>polysomnografos</i> de sujetos saludables con y sin exposición a señales GSM (900 MHz con pulso de repetición de 2, 8, and 217 Hz; tiempo de pulso de varios microsegundos a diferentes densidades de potencia 0.5 W/m <sup>2</sup> ); Resultados: sí se observan cambios en la actividad cerebral.
Perceived Health Risks of 3G Cell Phones: Do Users Care?	Cocosila, et al.	Análisis de modelo a usuarios de celular 3G: riesgo percibido, utilidad percibida y comportamiento de uso. Resultado: sí existe temor de uso del celular (con bajo nivel)
Riesgo para la Salud por Radiaciones No Ionizantes de las Redes de Energía eléctrica en el Perú	Cruz (2009)	Recientemente el IEEE (2) identificó un umbral de intensidad de campo eléctrico inducido de 53 mV/m a 20 Hz para cambios en la función cerebral en 50% de adultos saludables. Los efectos tomados en cuenta incluyen la inducción de fosfenos y otros efectos sobre las interacciones sinápticas. El IEEE recomienda restricciones básicas sobre los campos eléctricos inducidos en el cerebro de 17,7 mV/m en ambientes controlados y de 5,9 mV/m para miembros del público en general.

Fuente: elaboración propia como resultado del análisis bibliográfico

Úbeda (2000) refiere que en las peores condiciones de empleo y con el modelo de teléfono de mayor potencia de emisión (máxima potencia: 1.6 W/kg), podrían darse, en zonas intracraneales inmediatas a la antena del teléfono, microincrementos de temperatura inferiores o iguales a 0,1 grado centígrado. Teniendo en cuenta que el tejido nervioso del cerebro, por su necesidad de equilibrio homeotermo, está muy fuertemente vascularizado, se calcula que los hipotéticos microincrementos de temperatura serían disipados inmediatamente por la sangre circulante. Así, que *no cabe esperar efectos duraderos derivados de la exposición*, concluye Úbeda (2000). Para el caso de líneas de alta tensión eléctricas, Cruz (2009) menciona que intensidades de campo medias de 0.2 a 0.4  $\mu$ T (microtesla) por jornada de trabajo parecen ser el nivel por encima del cual podría haber un aumento del riesgo con sujetos que viven debajo de líneas de alta tensión o en sus proximidades. Cruz (2009) apunta sobre estudios residenciales realizados en Escandinavia indican que el riesgo de leucemia se duplica a partir de 0,2  $\mu$ T, es decir, los niveles de exposición que se dan normalmente a distancias de 50 o 100 metros de una línea de alta tensión.

### Amenaza y Riesgo por la RNI

Con lo anterior, se hace necesario precisar: riesgo, amenaza y vulnerabilidad. Torres y Ochoa (2007) definen al riesgo como *una asociación a una situación potencial, casi siempre se relaciona con un peligro o con algo inesperado que podría o no ocurrir; es decir a posibles consecuencias o impactos a nivel económico, social y ambiental que puedan presentarse a partir de la ocurrencia de un evento peligroso en un contexto social y físico determinado*. Para que exista el riesgo, debe contarse con dos factores que son interdependientes: *la amenaza y la vulnerabilidad*. Las amenazas están definidas en categorías de acuerdo a su origen, en: *naturales* son aquellas que caracterizan a los fenómenos asociados a la formación y transformación continua del entorno donde gobernabilidad de ser humano es nula; las *socionaturales* relacionadas con procesos de degradación ambiental derivados de la intervención inadecuada de la sociedad y, por último, las *antrópicas*, las cuales están definidas porque se derivan de fenómenos generados por el uso o aplicación inadecuada de tecnologías. Torres y Ochoa (2007), definen la vulnerabilidad como: *incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad constituye, por las razones expuestas, un riesgo*. Desde esta perspectiva, el hecho de desconocer qué es lo que está afectando y a qué niveles puede limitar la capacidad de respuesta de una comunidad, que para el caso de la contaminación RNI, la puede ser no percibida de manera inmediata y no relacionarse con posibles cambios en la salud física y mental de las personas, en las variaciones en un ecosistema, etc., sino por las instituciones que por omisión, negligencia o desconocimiento no adoptan las medidas correctivas y de prevención, por ejemplo en los procesos de ordenamiento y desarrollo del territorio. Torres y Ochoa (2007), hacen distinción de la vulnerabilidad como:

- *Vulnerabilidad física*: clasificación de los elementos físicos expuestos a la amenaza por radiación RNI; zonas residenciales, infraestructura vital (hospitales, hogares de bienestar, parques y centros educativos) a nivel de ubicación de esta infraestructura con respecto a la amenaza. Se clasifican de los elementos físicos expuestos a la amenaza por RNI: zonas residenciales, infraestructura vital (hospitales, hogares de bienestar, parques y centros educativos) a nivel de ubicación de esta infraestructura con respecto a la amenaza.
- *Vulnerabilidad socio-ambiental*: nivel de exposición de poblaciones humanas y otros seres vivos con sus relaciones ecosistémicas a la RNI. Cuando confluyen en un territorio amenaza y vulnerabilidad, se tiene un escenario de riesgo. Ver **Tabla 14**.

**Tabla 14.-** Matriz de Correlación de Factores de Riesgo

Amenaza	Riesgo=A*V	Riesgo		
		Alto	Medio	Bajo
A.1.-Fuente	V.1.-Físicos / V.2.-			

	Socioambiental			
A.2.-Cobertura	V.1/V.2			
A.3.-Frecuencia	V.1/V.2			
A.4.-Intensidad	V.1/V.2			

Fuente: Torres y Ochoa (2007) con adaptación propia

### Regulación sobre RNI: Criterios Preventivos Básicos

De acuerdo al documento Radiaciones No Ionizantes 18 (tomado el 21-Feb-2010

[http://www.uhu.es/master2007/teoria/Check\\_List%2018](http://www.uhu.es/master2007/teoria/Check_List%2018)), se tiene una normativa básica de protección contra la RNI, diversa en su contenido y referida en la **Tabla 15**.

**Tabla 15.- Normativa de gobierno referente a protección RNI**

País	Normativa
España	Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (Título II <i>Condiciones generales de los centros de trabajo y de los mecanismos y medidas de protección</i> art.140: Radiaciones peligrosas).
Unión Europea	Propuesta de Directiva de la Unión Europea 93 / C77 / 02, sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos
	Norma Europea (CENELEC) ENV 50166-2:1994, sobre exposición humana a campos electromagnéticos de Alta Frecuencia (10 KHz a 300 MHz). Adaptada como norma española a través de la Resolución de la Dirección General de Calidad y Seguridad Industrial de 9 de enero de 1996.
	Norma Europea (CENELEC) ENV 50166-1:1994, sobre exposición humana a campos electromagnéticos de Baja Frecuencia (hasta 10 KHz).
EUA	TLV's Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).
	Norma UNE-EN 60825.1993 Seguridad de radiación de productos láser. Clasificación de equipos, requisitos y guía del usuario.
Perú	Decreto Supremo N° 010-2005-PCM República del Perú (2005);
Venezuela	Venezolana Radiación No Ionizante. Límites de Exposición, Medidas de Protección y Control (2000)
Ecuador	Anexo 10 Norma de Radiación No Ionizante de Campos Electromagnéticos. República del Ecuador (2005).
México	Norma Oficial Mexicana: NOM -013-STPS-1993. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se encuentren radiaciones electromagnéticas no ionizantes

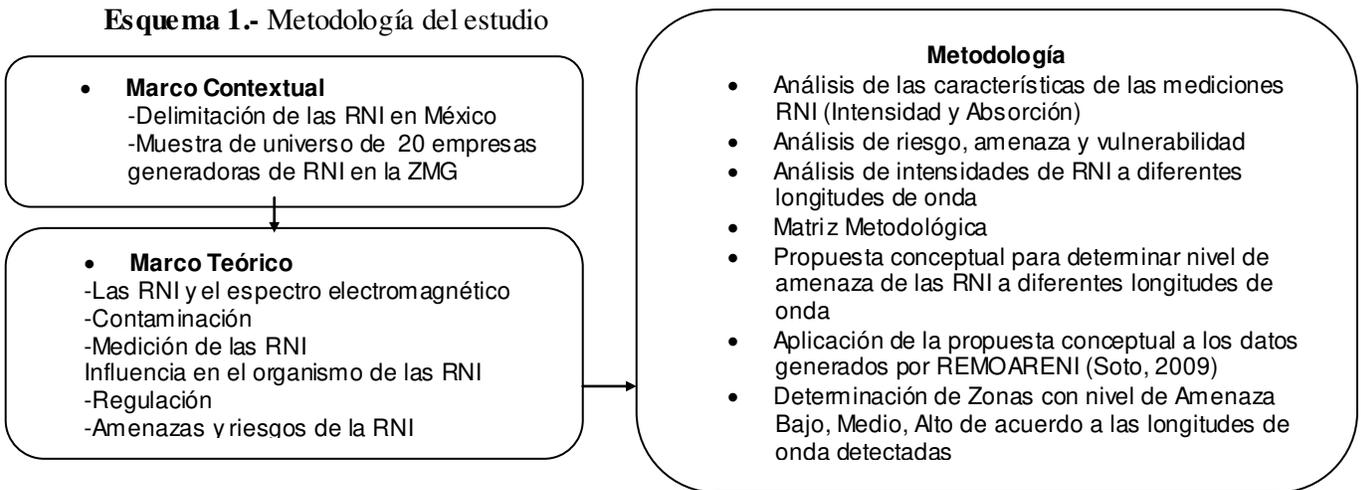
Fuente: Radiaciones No Ionizantes (18) tomado el 20-Feb-2010) [http://www.uhu.es/master2007/teoria/Check\\_List%2018](http://www.uhu.es/master2007/teoria/Check_List%2018)),

Como se observa para el caso de México y otros países, la normatividad al respecto data de 1993, siendo excepcionales Perú, Venezuela y Ecuador por ser sus revisiones más recientes (2000-2005). La normatividad mexicana, tiene como objetivo: *establecer las medidas preventivas y de control en los centros de trabajo donde se generen radiaciones electromagnéticas no ionizantes, para prevenir los riesgos a la salud de los trabajadores que implican la exposición a dichas radiaciones*, pero es muy pobre en su metodología y consideraciones (longitudes de onda de  $10^{-1}$  a  $10^8$  cm, tiempo de exposición 8 hrs y un nivel de  $10 \text{ mW/cm}^2$ , ver Norma Oficial Mexicana 13,1993)

### Metodología

El presente estudio es de tipo exploratorio y descriptivo. Se utilizan los criterios de medición de riesgo, intensidad de las RNI y sus diferentes longitudes de onda para establecer los parámetros de

base, que permitan detallar una herramienta tecnológica que permita analizar datos de medición de niveles RNI en la ZMG producto del proyecto REMOARENI (Soto, 2009); Se selecciona el proyecto REMOARENI por ser el precursor de las mediciones en la ZMG y aprobado por el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Jalisco (COECyTJAL), México. En el **Esquema 1**, se muestra la metodología dentro del estudio.



Fuente: elaboración propia resultado de la investigación

### Propuesta Modelo Conceptual ex ante

Con base al marco teórico, se toma de referencia lo sugerido por Torres y Ochoa (2007),  $Riesgo = Amenaza * Vulnerabilidad$ , para proyectarlo a las RNI resultando la propuesta del modelo conceptual ex ante, como se observa en el **Esquema 2**, con relaciones directas entre las variables.

**Esquema 2.- Relaciones de la Propuesta Modelo Conceptual ex ante**



Fuente: elaboración propia producto de la investigación

### Matrices Metodológicas en el Diseño del Modelo Conceptual ex ante

De acuerdo a Rivas (2004), para se obtiene la **Tabla 16**.

**Tabla 16.-Matriz Metodológica de las Variables Independiente: Amenaza y Vulnerabilidad RNI**

<b>Amenaza</b>			
<b>Definición Conceptual</b> De acuerdo al DRALE , proviene del latín <i>mīnacia</i> , y este de <i>mīna</i> que significa <i>dar indicios de estar inminente algo malo o desagradable</i> ; Torres y Ochoa(2007), lo definen como <i>amenazas antrópicas</i> , las cuales están definidas porque se derivan de fenómenos generados por el uso o aplicación inadecuada de tecnologías.			
<b>Definición Operacional:</b> Torres y Ochoa (2007) apuntan que cuando es convergente en un territorio amenaza y vulnerabilidad, se tiene un escenario de riesgo. El desastre es la materialización de unas condiciones de ries go no manejadas provocadas en función de <i>Fuente, Cobertura, Frecuencia e Intensidad</i>			
Dimensión	Indicador	D/C	Autor
<b>Fuente RNI:</b> Las que se basan en el tipo RNI: MOO.-Microonda Terrestre y/o Satelital; CEL.- Telefonía Celular; RAM.-Radio AM; RFM.-Radio FM; FTV.-Frecuencias de TV; LAT.-Líneas de Alta Tensión Eléctrica, de acuerdo a la Frecuencia CEM.	Localización: Domicilio, Coordenadas (Latitud;Longitud; Altitud)	D	Torres y Ochoa (2007); Del Valle et al. (2004);Balacco (2004)
	Banda de Frecuencia (Hz)	D	
	Infraestructura Eléctrica o Telecom: -Tipo de Torre; Altura de Torre (m); Tipo de Antena (Parabólica, Polarización Horizontal/Vertical); Central/Subestación Eléctrica/Línea de Alta Tensión; Electrodoméstico; Celular	D	
	Potencia Transmisor (W)	C	
<b>Cobertura RNI:</b> Área de influencia de la RNI detectada	Área de Influencia ( $m^2$ )	C	Úbeda (2000); Cruz (2009)
<b>Presencia* RNI:</b> Aspectos de la toma de mediciones según condiciones ambientales (Torres y Ochoa, 2007 lo proponen como Frecuencia (Hz) y ya está considerada como Fuente RNI)	Temperatura ( $\theta_c$ )	C	Del Valle et al. (2004); Torres y Ochoa (2007).
	Fecha (dd/mm/aaaa)	D	
	Hora (Hr)	D	
<b>Intensidad (RNI):</b> es indicativo de diversos organismos que convergen en una unidad de medición de potencia	Densidad de Potencia ( $mW/cm^2$ )	C	Torres y Ochoa (2007); Del Valle et al. (2004);Balacco (2004);Úbeda (2000); Cruz (2009); Lin (1997)
<b>Vulnerabilidad</b>			
<b>Definición Conceptual:</b> De acuerdo a DRALE proviene del latín <i>vulnerābilis</i> , que significa <i>que puede ser herido o recibir lesión, física o moralmente</i> .Torres y Ochoa (2007) lo definen como <i>el grado de exposición al que potencialmente está expuesta una comunidad y sus bienes o infraestructura, refleja también la fragilidad de esa sociedad para enfrentar determinadas amenazas y la capacidad de resiliencia para recuperarse una vez se haya producido un desastre.</i>			
<b>Definición Operacional:</b> Torres y Ochoa (2007) apuntan que es función de los aspectos: Físicos y Sociambientales			
Dimensión	Indicador	D/C	Autor
<b>Física:</b> clasificación de los elementos físicos expuestos a la amenaza por radiación EM-NI; zonas residenciales, infraestructura vital (hospitales, hogares de bienestar, parques y centros educativos) a nivel de ubicación de esta infraestructura con respecto a la amenaza.La población en general, es mucho mayor a la	Tipo de densidad: Poblacional/Ocupacional. (Poblacional es 1/5 de los valores ocupacionales, por lo que se sugiere seguir como referencia de seguridad (0.08 W/Kg))	D	Torres y Ochoa (2007); Balacco (2004); Del Valle (2004)

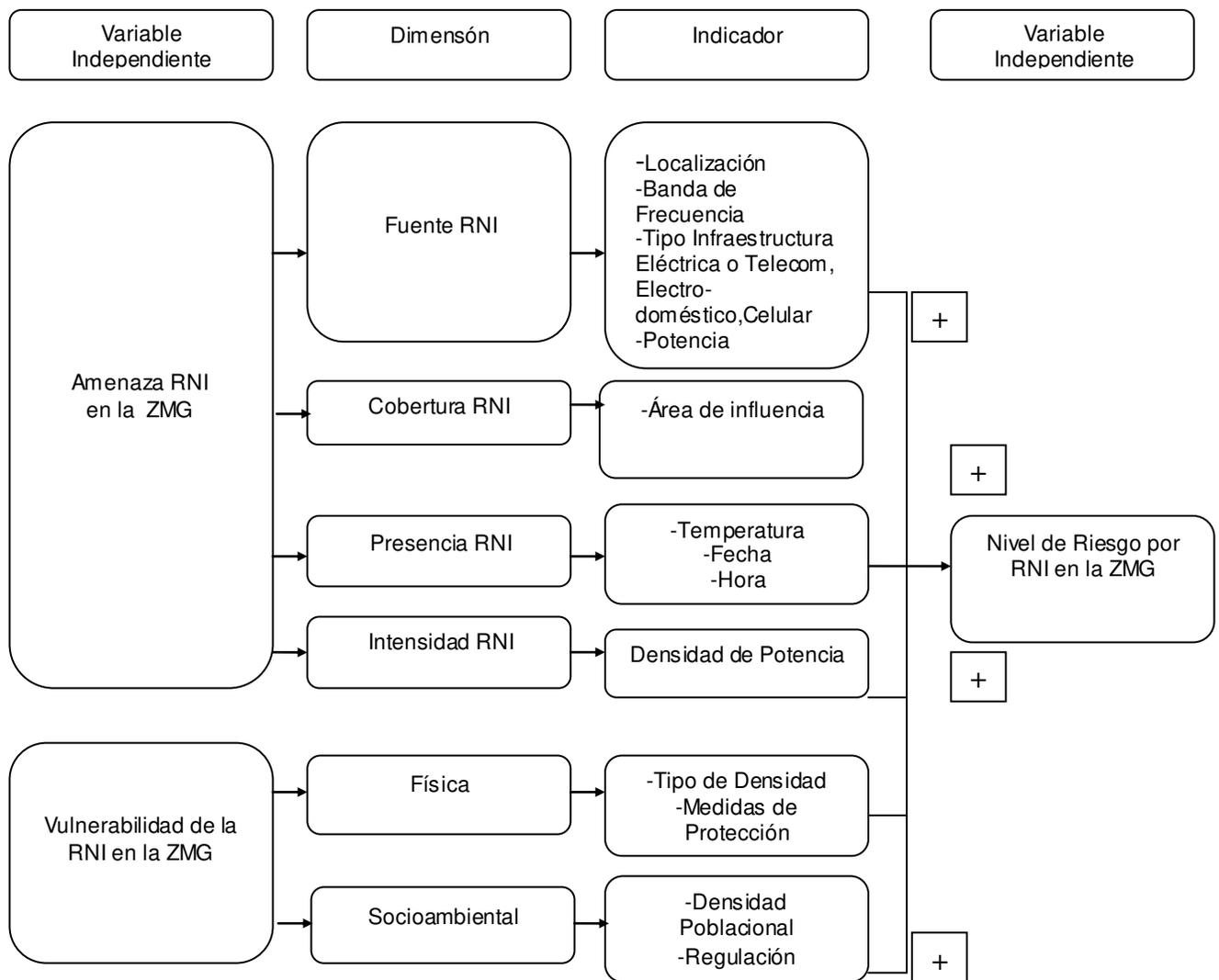
población <i>ocupacional</i> y por lo general no puede ser controlada individualmente, por lo que corre riesgos. Medidas de Protección	Medidas de Protección	C	
<b>Socioambiental:</b> Nivel de exposición de poblaciones humanas y otros seres vivos con sus relaciones ecosistémicas a las RNI. Determinándose este factor por medio de medidas certificadas.	Densidad poblacional (Hab/ $Km^2$ )	C	
	Regulación	C	

Fuente: elaboración propia con base al marco teórico; D/C.-Indicador (D) Descriptivo o (C) Cuantitativo

### Resultados

Con lo mostrado en las matrices metodológicas, se plantea la descripción del modelo conceptual detallado, como sigue: (Ver **Esquema 3**)

**Esquema 3.-** Modelo Conceptual Detallado ex ante para la Medición de Niveles de Riesgo por Radiación No Ionizante, en la Zona Metropolitana de Guadalajara Jalisco.



Fuente: elaboración propia resultado de la investigación

Así, la propuesta referenciada en Torres y Ochoa (2007), se basa en:

**Amenaza**= Potencia (mW)\*Área de Influencia (Km<sup>2</sup>)\*Temperatura( $\sigma_c$ ) \*Densidad de Potencia (mW/cm<sup>2</sup>); **Vulnerabilidad**= Regulación (1.-Bajo;2.-Medio;3.-Alto) \*Medidas de Protección (1.-Bajo;2.-Medio;3.-Alto)\* Densidad Poblacional (Hab/Km<sup>2</sup>)

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$$

**Riesgo**, se clasifica según la banda de frecuencia y en niveles Alto, Medio, Bajo. Ver **Tabla 17**.

**Tabla 17.-** Formato de Modelo Conceptual Detallado ex ante para Medición de Niveles de Riesgo por RNI, en la ZMG

Exposición : Poblacional										Ocupacional													
a) Regulación: (1.-Bajo;2.-Medio;3.-Alto)																							
b) Medidas de Protección: (1.-Bajo;2.-Medio;3.-Alto)																							
c) Potencia (W)																							
d) Área de Influencia (Km <sup>2</sup> )																							
Fecha:		e)Temperatura: ( $\sigma_c$ )				Domicilio				Localización Coordenadas													
Infraestructura		Central Eléctrica	Altura Torre Eléctrica:	Subestación Eléctrica		Altura Línea de Distribución o Transmisión/Eléctrica				Altura Torre Telecomunicaciones:					Electro-doméstico								
Amenaza (A) c)*d)*e)		Vulnerabilidad (V) a)*b)*f)*g)								Riesgo= A*V (c*d*e)(a*b*f*g)													
		(a)		(b)		(c)		(d)		(e)													
Frecuencia (HZ)		Banda (a)	Banda (b)	Banda (c)	Banda (d)	Banda (e)	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B		
Tipo RNI		100 mW/cm <sup>2</sup>	900/Frecuencia <sup>2</sup> mW/cm <sup>2</sup>	1 mW/cm <sup>2</sup>		Frecuencia/400 mW/cm <sup>2</sup>	5 mW/cm <sup>2</sup>																
MOO CEL RAM RFM FTV LAT		<=0	>=1	<=0	>=1	<=0	>=1	<=0	>=1	<=0	>=1	Notas: Niveles de riesgo por Banda, son (WHabHZ/m <sup>2</sup> Km <sup>2</sup> ):											
g)Densidad de Potencia																						(a) A: 10 <sup>9</sup> M: 10 <sup>8</sup> B: 10 <sup>7</sup>	
f) Densidad Poblacional (habitantes/Km <sup>2</sup> )																						(b) A: 10 <sup>8</sup> M: 10 <sup>7</sup> B: 10 <sup>6</sup>	
																						(c) A: 10 <sup>7</sup> M: 10 <sup>6</sup> B: 10 <sup>5</sup>	
																						(d) A: 10 <sup>6</sup> M: 10 <sup>5</sup> B: 10 <sup>4</sup>	

Fuente: elaboración propia resultado de la investigación; **Notas:** Tipo RNI: MOO.-Microonda Terrestre y/o Satelital; CEL.-Telefonía Celular; RAM.-Radio AM; RFM.-Radio FM; FTV.-Frecuencias de TV; LAT.-Líneas de Alta Tensión Eléctrica

### Conclusiones y recomendaciones

En el presente estudio, se obtuvieron los resultados siguientes: a) OE1 y OE2 se alcanzaron al 100% al obtener variables, dimensiones e incluso indicadores que conformaron el modelo conceptual detallado ex ante b) el cumplimiento del OG al hallar las relaciones de las variables, a

través de la propuesta de modelo conceptual detallado ex ante. Por otro lado, los resultados de Soto (2009), traerían como consecuencia, la determinación de los niveles de riesgo de las RNI en la ZMG, y generar nuevos datos a otros investigadores para continuar con la observación sobre cómo controlar las RNI; se concluye además, de que la normatividad en nuestro país requiere de actualizarse ya que su primer documento normativo es de 1993

## Referencias

Bardasano, J., Elorrieta, J. (2000). *Bioelectromagnetismo, Ciencia y Salud*. Mc Graw Hill. p 259.

Cruz, V. (2009). Riesgo para la Salud por Radiaciones No Ionizantes de las Redes de Energía Eléctrica en el Perú. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 26(1): 104-112.

Del Valle, E., Valdez, A., Miranda, C., Schlesinger, P. (2004). Contaminación del medio ambiente Medida de Radiaciones No ionizantes de una emisora de FM en la banda de 88 a 108 Mhz, utilizando la norma N° 117/03 de la CNC. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste

Mayayo, E. (1996). *Riesgos para la Salud de las Radiaciones No Ionizantes*. Hospital Universitario de Tarragona Joan XXIII. España: Universitat Rovira i Virgili.

Mejía, J. (2010). Ponencia: *Innovación Tecnológica y Responsabilidad Social Empresarial: el caso de la Radiación No Ionizante*, en el V Foro Internacional de Investigación “La Gestión e Innovación y Sustentabilidad de la Mercadotecnia y Negocios Nacionales e Internacionales”. Eje Temático 10: innovación y sustentabilidad en las organizaciones. 7 y 8 de Octubre 2010. Instituto Tecnológico de Colima, Col. México.

Norma Oficial Mexicana (1993). NOM-013-STPS-1993. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen radiaciones electromagnéticas no ionizantes.

Rivas, A. (2004). *Cómo hacer una Tesis de Maestría*. (p. 235). México: Taller Abierto SCL.

Soto, L. (2009). *Proyecto Red de Monitoreo Ambiental de la Radiación Electromagnética No Ionizante en Zonas Metropolitanas*. Proyecto aprobado por el Consejo estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco (COECyTJAL)

Tanembaum, A. (2003). *Computer Networks*. USA: Pearson Education.

### Referencias electrónicas

Aguirre, A., Dalmas, N., García, J. *Radiación No Ionizante de Sistemas de Telefonía Celular Móvil: la percepción de la población, disparidad de los estándares y el monitoreo de gran escala*, tomado el 23-Feb-2010 de

[http://www.citefa.gov.ar/soluciones\\_tecno/Antenas/Informe\\_sobre\\_Radiacion\\_de\\_Telefonia\\_Movil\\_Celular.pdf](http://www.citefa.gov.ar/soluciones_tecno/Antenas/Informe_sobre_Radiacion_de_Telefonia_Movil_Celular.pdf)

Anexo 10 Norma de Radiación No Ionizante de Campos Electromagnéticos. República del Ecuador (2005), tomado el 20-Feb-2010, de

<http://www.ambiente.gov.ec/docs/RNI.pdf>

Balacco J., Cesari, R., Sparacino, C., Martínez, P. (2004). *Predicciones de riesgo de seguridad a la exposición de Radiaciones No ionizantes*, tomado el <http://www.proyectoleonardo.net/files/jbalaccoPredicciones%20de%20Riesgo.pdf>

CFE (2010). Crecimiento de las líneas de transmisión a nivel distribución, e indicadores. Tomado el 19-Feb-201, de <http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/queEsCFE/estadisticas/Paginas/TransmisionyDistribucion.aspx>

Cocosila, M., Turel, O., Archer, N., Yuan, Y. Perceived Health Risks of 3G Cell Phones: Do Users Care?, *Communications of the ACM. June 2007/vol. 50, no. 6*, tomado el 22-Feb-2010 de <http://0-delivery.acm.org.millennium.itesm.mx/10.1145/1250000/1247026/p89-cocosila.pdf?key1=1247026&key2=8304036621&coll=ACM&dl=ACM&CFID=78104620&CFTOKEN=10975649>

Cofetel. (2010). *Densidad de telefonía Móvil por Entidad*, tomado el 20-Feb-2010 de [http://www.cofetel.gob.mx/wb/Cofetel\\_2008/Cofe\\_densidad\\_de\\_telefonia\\_movil\\_por\\_entidad\\_fedr](http://www.cofetel.gob.mx/wb/Cofetel_2008/Cofe_densidad_de_telefonia_movil_por_entidad_fedr)

Decreto Supremo N° 010-2005-PCM República del Perú (2005). *Estándares de Calidad Ambiental (ECAS) para RNI*, tomado el 20-Feb-2010, de [http://www.minam.gob.pe/dmdocuments/ds-010-2005-pcm\\_eca\\_rni.pdf](http://www.minam.gob.pe/dmdocuments/ds-010-2005-pcm_eca_rni.pdf)

Experiments with Magnets and our Surroundings, tomado el 20-Feb-2010 de <http://www.coolmagnetman.com/magflux.htm>

Knave, B. (1998). Radiación No Ionizante. Enciclopedia de la Salud y Seguridad en el Trabajo. Tomado el 19-Feb-2010 de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/49.pdf>

Lin, J. (1997). Health Aspects of Wireless Communication: Mobile Telecommunication Radiation and Human Brain Waves. *Mobile Computing and Communications Review, Volume 8, Number 2*. USA: University of Illinois, Chicago, tomado el 22-Feb-2010 de <http://0-delivery.acm.org.millennium.itesm.mx/10.1145/1000000/997125/p3-lin.pdf?key1=997125&key2=0264036621&coll=ACM&dl=ACM&CFID=78104620&CFTOKEN=10975649>

Norma Venezolana RNI. Límites de Exposición, Medidas de Protección y Control (2000), tomado el 20-Feb-2010 de [http://www.arbolivar.com/archivos/file/covenin/2238-2000\\_Radiaciones\\_no\\_ionizantes.\\_Limites\\_de\\_exposicion.pdf](http://www.arbolivar.com/archivos/file/covenin/2238-2000_Radiaciones_no_ionizantes._Limites_de_exposicion.pdf)

Organización Mundial de la Salud. *Proyecto Internacional sobre los Campos Electromagnéticos, efectos en la Salud y el Medio Ambiente de la Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos Estáticos y Variables* [www.who.int/emf](http://www.who.int/emf)

Radiaciones No Ionizantes (18), tomado el 21-Feb-2010 [http://www.uhu.es/master2007/teoria/Check\\_List%2018](http://www.uhu.es/master2007/teoria/Check_List%2018)

Torres, J.; Ochoa, M. (2007). Criterios Técnico-ambientales para el Análisis del Riesgo

por Contaminación Electromagnéticas No Ionizantes en Colombia. *Revista Luna Azul*, No. 24, Enero - Junio 2007 tomado el 6-Mar-2010 de [http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/Revista24\\_2.pdf](http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/Revista24_2.pdf)

Úbeda, A. (2000). *Bases Biológicas para Normativas de Protección ante radiaciones no ionizantes* Servicio BEM-Investigación, Hospital Ramón y Cajal, tomado el 27-Feb-2010 de <http://www.hrc.es/bioelectro.html>