



**UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
ELÉCTRICA**

**“RELACIÓN ESTADÍSTICA ENTRE LAS  
LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE ALTA  
TENSIÓN Y LA LEUCEMIA INFANTIL EN  
LA CIUDAD DE MORELIA MICHOACÁN”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTA**

**FRANCISCO TRUJILLO DELGADO**

**ASESOR**

**M.C. PEDRO FERREIRA HERREJON**

**MORELIA MICHOACÁN  
DICIEMBRE DEL 2005**



Para don Serafín Trujillo Chacon y  
Doña Sara Delgado González  
Personas maravillosas de  
Quienes yo puedo presumirme su hijo

Para todos mis hermanos  
quienes a pesar de conocerme  
me siguen queriendo

Para Maria Teresa Velásquez Serrato  
recuerdo imprescindible, imagen indeleble.  
Un mal, Muy necesario

Para Adrianela Citlali Ángeles Garnica  
No existe expresión o palabra para  
Agradecerte toda la inspiración  
que sin que tu quisieras me diste

Para mi asesor:  
Pedro Ferreira Herrejon  
Quien bajo la coraza de un maestro ogro y temible  
Se encuentra una persona noble y generosa

A la Facultad de Ingeniería Eléctrica  
A quien le agradezco el cambio en mi percepción  
De ver en su interior a maestros nefastos  
A personas de sentimientos, muy humanos

<b>1. INTRODUCCIÓN. ....</b>	<b>1</b>
<b>2.Líneas de Transmisión de alta tensión, su clasificación y distribución actual en la Ciudad .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Referencias de la Organización Mundial de la Salud (OMS) .....</b>	<b>10</b>
<b>4 Datos, resultados y estadísticas .....</b>	<b>18</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>31</b>
<b>REFERENCIAS OFICIALES .....</b>	<b>33</b>

# 1. INTRODUCCIÓN.

Actualmente es casi imposible pensar la idea de vivir sin la energía eléctrica. Desde el comienzo del siglo pasado, el desarrollo y el avance tecnológico de la sociedad se han hecho prácticamente dependientes de la electricidad a tal punto, que el progreso, la comodidad y la calidad de vida del ser humano serían difíciles de concebir sin ella.

Sin embargo, igual que ocurre con el uso de casi cualquier otra forma de energía natural para el bienestar del ser humano, paradójicamente, la Naturaleza nos ha demostrado que ese uso no está exento de riesgos y de efectos ecológicos secundarios que necesariamente repercuten en el medio ambiente natural, cambiándolo en el mejor de los casos y deteriorándolo en el peor de ellos.

Resulta entonces completamente lógico suponer que el ser humano, siendo una entidad biológica y parte integral de la misma Naturaleza, no queda exento tampoco de la influencia que en él se produzcan por los cambios del medio ambiente. Aparentemente, la paradoja costo-beneficio para el hombre se presenta siempre como una consecuencia inevitable en la gran mayoría de los avances tecnológicos.

Es imaginable el impacto caótico que a nivel mundial tendríamos con un solo día sin la posibilidad de usar la energía eléctrica al pensar en el paro completo de las industrias de toda índole y como consecuencia, carecer de los beneficios y comodidades que la electricidad nos proporciona. Esta marcada dependencia nos hace suponer implícitamente que la energía eléctrica se ha convertido en un bien indispensable para el ser humano. Pero como ya se expresó anteriormente, casi todo progreso tiene un precio, ¿y cual es el precio social, ambiental o biológico que se debe pagar por la energía eléctrica?. Aparentemente, es difícil que tal precio se pueda medir o calcular de manera precisa con ecuaciones o con un modelo computacional. No obstante, si podemos por lo menos hacer un estudio cualitativo y un análisis estadístico de las posibles relaciones que puedan existir entre el uso de la energía eléctrica y sus efectos sociales, ambientales o biológicos.

En parte debido al incremento incontrolado del crecimiento demográfico, la sociedad actual demanda cada vez mayores cantidades de diversas formas de energía, entre ellas la eléctrica. Esta demanda crece a un ritmo proporcional al crecimiento exponencial de la población de las ciudades del mundo (especialmente las del llamado “tercer mundo”), que en consecuencia se extienden cada vez más y ocupan una superficie territorial cada vez mayor.

Este fenómeno ha tenido dos consecuencias importantes en cuanto al transporte y distribución de la energía eléctrica:

- ❖ Las redes periféricas de distribución local, que en el pasado quedaban razonablemente alejadas de los centros urbanos, han sido “engullidas” por la expansión de las ciudades.
- ❖ Al aumentar la demanda de energía eléctrica, ha sido necesario aumentar también el voltaje de las líneas de transmisión de la energía, desde los centros de generación hasta las centrales de distribución local, a tal grado que ya nos resulta familiar ver como parte integral del paisaje las imponentes estructuras que hacen la labor del transporte de tan vital energía.

Las líneas de transmisión de energía eléctrica, contienen naturalmente cargas eléctricas (las cuales generan un campo eléctrico) en movimiento (lo cual genera un campo magnético). Tal campo electromagnético se propaga libremente alrededor de una línea de transmisión y como cualquier onda electromagnética, no requiere de ningún medio material para propagarse.

De manera aproximada, se puede afirmar que la intensidad del campo electromagnético en un punto determinado cambia **con el recíproco del cuadrado de la distancia** entre tal punto y la línea de transmisión. (Ley de Biot-Savart & Ley de Coulomb), como se muestra en forma cualitativa en la siguiente figura: fig 1

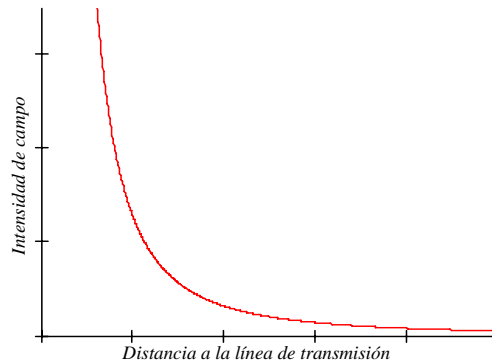


Fig 1 Intensidad del campo electromagnético

Así por ejemplo, a la mitad de la distancia, la intensidad del campo es cuatro veces mayor.

Asimismo, la intensidad de campo electromagnético en un punto dado es la suma vectorial de todos los campos que incidan en ese punto desde diversas fuentes de radiación situadas en diferentes lugares y distancias respecto a tal punto.

También se sabe que la densidad de energía electromagnética ( $\delta$ ) transmitida por unidad de área superficial, es directamente proporcional **al cuadrado de la amplitud** de los campos eléctrico ( $E$ ) y magnético ( $B$ )

$$\delta = \frac{E^2 + B^2}{8 \cdot \pi} \quad (1)$$

Es decir cuanto mayor sea la intensidad de un campo eléctrico (*la cual es directamente proporcional al voltaje*) o la de un campo magnético (*la cual es directamente proporcional a la corriente eléctrica*), mayor será la cantidad de energía electromagnética  $\Phi$  que cruce por una unidad de superficie ( $dA$ ) perpendicular a la dirección de propagación de la onda electromagnética, la cual está dada por el vector de Poyting ( $P$ ) (*la rapidez del flujo de energía electromagnética*) como lo muestra la ecuación 2 y la figura 1.1:

$$P = \frac{c}{4 \cdot \pi} \cdot (E \times B) \quad (2)$$

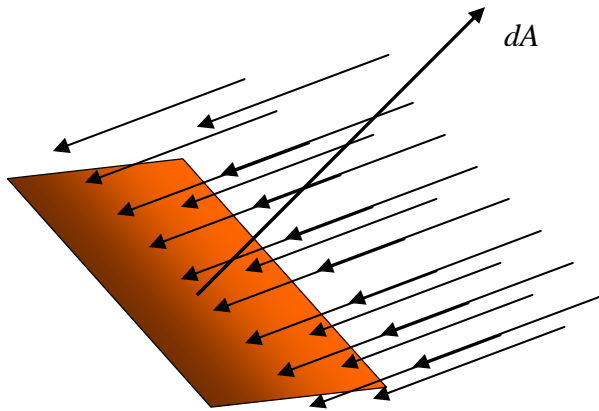


Fig 1.1 Cantidad de energía por cruce

Así por ejemplo, duplicando la intensidad del campo en un punto dado, se cuadruplica la densidad de energía que pasa por ese punto.

Siendo el ser humano un ente biológico que funciona a nivel celular básicamente con electricidad, a través de los intercambios de cargas eléctricas en las reacciones fisicoquímicas de su organismo, es inevitable que los campos electromagnéticos externos tengan una influencia sobre él.

Se podría argumentar que, siendo la frecuencia de transmisión de la energía eléctrica alterna de tan solo 50 ~ 60 Hz., la energía de los quantums\* asociados a ella:

$$h \cdot \nu = \left[ \frac{\left( 6.63 \times 10^{-34} \cdot \text{joule} \cdot \text{seg} \right) \cdot \left( 60 \cdot \frac{1}{\text{seg}} \right)}{1.6 \cdot \left( 10^{-19} \cdot \frac{\text{joule}}{\text{eV}} \right)} = 2.5 \cdot 10^{-13} \cdot \text{eV} \right] \quad (3)$$

Resulta extremadamente débil e incapaz de producir algún efecto de ionización en los componentes celulares de un organismo vivo, los cuales tienen un nivel de energía de ionización promedio del orden de  $(90 \times 10^{-6}) \text{ eV}$ .

\* Se denomina cuanto al valor mínimo que puede tomar una determinada magnitud en un sistema físico en el que dicha magnitud esté cuantizada. La palabra procede del latín Quantum (plural Quanta) que representa una cantidad de algo.

No obstante, no es la ionización celular debida a la radiación electromagnética lo que se expondrá en éste trabajo de tesis sino, más bien, el análisis estadístico del posible efecto biológico **a largo plazo** que a nivel celular puedan experimentar ciertos tejidos debido a que han permanecido inmersos por un largo periodo de tiempo en un flujo de energía electromagnética (número de “quántums” por unidad de área y por unidad de tiempo)

Supondremos que tal flujo de energía electromagnética es absorbido en gran parte por un tejido humano vivo (particularmente, la médula ósea de infantes en desarrollo, cuyo deterioro o disfunción contribuyen a la aparición de enfermedades cancerígenas como la leucemia infantil).

Se espera que los resultados de las observaciones expuestas en éste pequeño trabajo de investigación contribuyan a determinar si existe o no dicha relación

En vista de lo anterior, con toda seguridad podríamos afirmar que una célula ósea en desarrollo que ha permanecido inmersa casi siempre en un ambiente saturado de radiación electromagnética urbana, definitivamente no se ionizará; pero igualmente, pese a la gran cantidad de estudios que se han realizado en países de primer mundo y que no han logrado determinar todavía una relación definitiva entre los campos electromagnéticos generados por las líneas de transmisión y las enfermedades cancerígenas, resultaría insensato afirmar con la misma seguridad, que el efecto a largo plazo producido por tal radiación es nulo.

En éste trabajo de tesis, se analizará particularmente la posible relación entre:

- ❖ La radiación electromagnética emitida por las líneas de transmisión de energía eléctrica que se encuentran en las cercanías de asentamientos urbanos en la ciudad de Morelia Michoacán.
- ❖ La leucemia observada en niños menores de 14 años que han residido permanentemente en ésta ciudad y cerca de una o más líneas de transmisión de energía eléctrica.



## 2. Líneas de Transmisión de alta tensión, su clasificación y distribución actual en la Ciudad

Las líneas de transmisión de energía eléctrica se clasifican según el nivel de voltaje que conducen y este a su vez en la potencia que se demande, tomando en consideración si la ciudad a la cual se transmite la energía eléctrica requiere de esa potencia.

Por ejemplo de acuerdo con el criterio de clasificación empleado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para la República Mexicana, la ciudad de Morelia está considerada por su consumo de potencia como una ciudad pequeña.

A nivel internacional, los niveles de voltaje varían en gran proporción habiendo líneas de hasta 600KV.

En México, se utilizan varios niveles de voltaje en las líneas de transmisión; sin embargo el mayor nivel de voltaje empleado es de 400KV. De ésta manera, de acuerdo al voltaje aplicado a la línea de transmisión quedará determinada su potencia, como se muestra en la siguiente tabla donde la potencia que tiene cada una de las líneas de transmisión se mide en KW (KiloWatts):

Voltaje de la línea de transmisión en KV <sup>♦</sup>	Intensidad de Corriente en la línea en Amp <sup>♥</sup>	Potencia (en Kw) <sup>▲</sup>
400 KV	784,89	313.956,00
230 KV	685,89	157.754,70
138 KV	670	92.460,00
115 KV	530	60.950,00

Tabla 2.0 Potencia de las líneas en sus diversos niveles

<sup>♦</sup> KV = Kilovoltio, significa 1000 voltios. Un voltio es la unidad eléctrica para medir el voltaje en el sistema internacional de unidades.

<sup>♥</sup> Amp = Ampere, la unidad eléctrica para medir la corriente en el sistema internacional de unidades.

<sup>▲</sup> Kw = Kilowatt, significa 1000 watts. Un watt es la unidad eléctrica para medir la potencia en el sistema internacional de unidades.

La ciudad de Morelia esta rodeada por un anillo perimetral de líneas de 115 KV, y una pequeña parte que comprende la línea de alimentación a la subestación denominada “Morelia Potencia” en la cual las líneas son de 230 KV.

Hace algunos años ésta subestación y el anillo perimetral quedaban relativamente alejados de los asentamientos humanos de la ciudad; sin embargo; debido al crecimiento demográfico, actualmente la subestación y una gran parte del anillo perimetral de las líneas de transmisión han queda dentro de la ciudad o muy cerca de casas habitación.

En la siguiente figura se muestra cual es la ubicación actual del anillo perimetral de las líneas de transmisión y subestaciones que tiene la ciudad de Morelia:

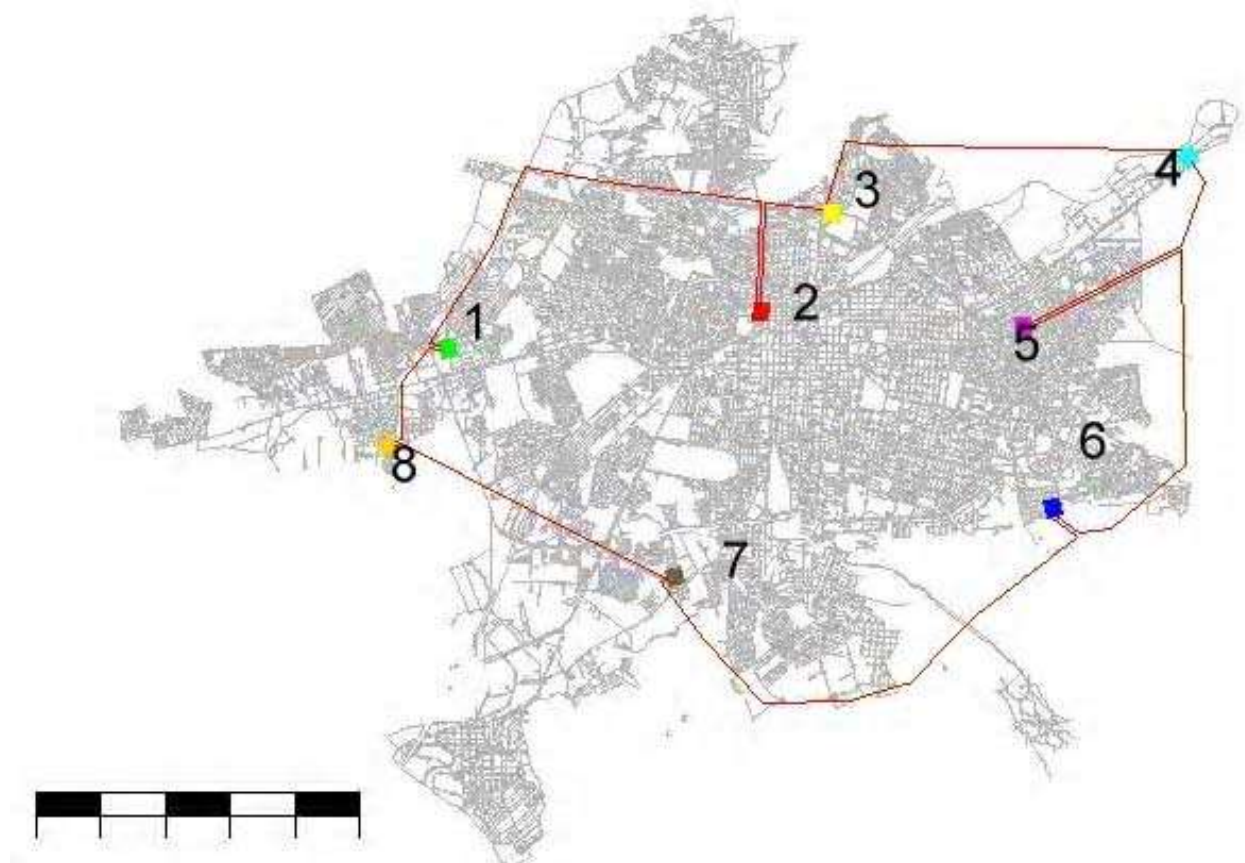


Fig 2 distribución actual del anillo periférico de la ciudad

En ésta figura, los cuadros de colores representan la ubicación de las subestaciones que existen actualmente en la ciudad.

Las subestaciones son identificadas con los siguientes nombres:

1. Subestación Morelos
2. Subestación Industrial
3. Subestación Santiaguito
4. Subestación ciudad industrial
5. Subestación Abastos
6. Subestación Campestre
7. Subestación Morelos 2
8. Subestación Morelia Potencia

Cabe mencionar que Morelia no es una ciudad exclusivamente industrial, por lo cual, la potencia de las líneas de transmisión del anillo periférico que la rodea es más baja en comparación con otras ciudades industrializadas de nuestro país en las cuales la demanda de energía es mucho mayor y por ende sus líneas de transmisión deben ser de mayor voltaje.

Uno de los factores que más han contribuido en las grandes ciudades del país, entre ellas la ciudad de Morelia, a la “invasión urbana” de áreas reservadas para la transmisión de la energía eléctrica, es la falta de normatividad o la aplicación de ésta y la desorganización en la planeación para el crecimiento urbano.

Por otro lado, las razones por las cuales los asentamientos de población se hacen a veces demasiado cerca de las líneas de transmisión de alto voltaje, invadiendo terrenos y desatendiendo las normas municipales son: o la necesidad de adquirir una vivienda económica ó la ignorancia de las normas municipales o quizá su violación deliberada por parte de las compañías constructoras.

En cualquier caso, las personas que habiten éstos lugares se exponen a las consecuencias de habitar tan cerca de las líneas de alto voltaje.

La organización mundial de la salud (OMS), hace énfasis en la importancia del análisis de los campos electromagnéticos para determinar si son o no inofensivos para la salud humana y pese a los innumerables estudios que se han realizado a nivel mundial, no se ha establecido aún una relación determinante entre los campos electromagnéticos de baja frecuencia (REBF) (50 Hz ~ 60 Hz) generados por líneas de transmisión y subestaciones eléctricas, y las diferentes enfermedades con las que se les ha asociado.

### **3. Referencias de la Organización Mundial de la Salud (OMS)**

Al igual que muchos otros organismos vivos, el ser humano es un ente biológico con funciones eléctricas a nivel molecular y en consecuencia, es natural que surja en nosotros cierta duda e inquietud cuando se afirma concluyentemente que no existe posibilidad alguna de que la radiación electromagnética de baja frecuencia (REBF) pueda tener algún efecto biofísico, bioquímico o biológico en el organismo humano.

Por ello, desde hace ya algunas décadas, se han realizado algunos estudios que intentan establecer una relación directa causa-efecto entre la REBF y algunos padecimientos de salud en diversos sectores de la población. Sin embargo, hasta el momento, tales análisis no dan un veredicto final y tampoco establecen una relación causa-efecto definitiva al respecto.

Con fundamento en los bastos estudios relativos a éste tema, que se han realizado en países de primer mundo y también en los países denominados en vías de desarrollo (entre ellos México), la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera a la radiación electromagnética producida por las líneas de transmisión de alto voltaje y baja frecuencia, como un factor de riesgo posible para contraer ciertas afecciones tales como:

- ❖ Leucemia
- ❖ Cáncer de mama, pulmón y cerebro
- ❖ Disfunciones de la memoria
- ❖ Insomnio
- ❖ Y algunos otros canceres de relación directa con la médula ósea

Una de las mayores dificultades para poder establecer una relación directa causa-efecto, entre estos padecimientos y la REBF, se debe en gran parte a que tales enfermedades pueden ser producidas por otros factores de diversa naturaleza, entre ellos:

❖ Ambientales.

Como son los debidos a las condiciones en las que la sociedad humana vive actualmente a causa de su crecimiento desmedido. Estas condiciones generan una baja calidad de vida tanto en el aspecto de vivienda como en el alimenticio.

❖ genético-hereditario

Es mas probable que personas con antecedentes hereditarios deriven en canceres de esta naturaleza

❖ químicos

El uso de insecticidas y la exposición a ciertos pesticidas contribuyen a que la probabilidad adquirir alguno de éstos padecimientos cancerígenos aumente.

Es necesario hacer la aclaración de que el hecho de clasificar a una causa posible como un factor de riesgo para la aparición de tales enfermedades, no implica necesariamente ser una causa directa; es decir, la manifestación en una persona de alguna de las enfermedades mencionadas arriba, puede deberse a diferentes causas, entre los que encajan la desnutrición alimenticia, el nivel de vida dado por la marginación social, factores hereditarios... etc.

Todo esto combinado con la casualidad de vivir suficientemente cerca de una o varias líneas de transmisión productoras de REBF podría llegar a desencadenar el desarrollo de enfermedades que, de otro modo serían solamente latentes en un ser humano.

Más **¿que tan cerca hay que vivir de las líneas de transmisión de alto voltaje para que estas se consideren un factor de riesgo estimulante de enfermedades malignas o bien una causa directa de ellas?**

La respuesta a ésta pregunta no se conoce todavía con precisión. Según datos proporcionados por la OMS en el tema de investigación denominado “**Los campos electromagnéticos de frecuencias extremadamente bajas (ELF) y la salud pública**” [1] establece lo siguiente:

*A las frecuencias de 50/60 Hz, los campos eléctricos y magnéticos **de origen natural** tienen intensidades muy bajas, del orden de 0.0001 V/m (Voltio/metro) y 0.00001*

$\mu T$  (microTeslas), respectivamente. La exposición de las personas a los campos ELF proviene, en su mayor parte, debido a la generación, transmisión y utilización de la energía eléctrica. Se indican a continuación las procedencias de los campos ELF y los valores máximos que pueden llegar a alcanzar en los núcleos de población, en el hogar y en el lugar de trabajo.

❖ En los núcleos de población:

La energía eléctrica se distribuye desde las estaciones generadoras hasta los núcleos urbanos mediante líneas de transmisión de alto voltaje. Para dar conexión a las líneas de distribución de las viviendas, el voltaje se ha de reducir mediante transformadores. **Bajo las líneas de transmisión del tendido aéreo, los campos eléctricos y magnéticos pueden llegar a alcanzar los 12 kV/m y los 30  $\mu T$ ,** (es decir unas cien mil veces la intensidad del campo eléctrico natural y unos 30 millones de veces la intensidad del campo magnético natural) respectivamente. En las inmediaciones de las estaciones y subestaciones generadoras, estos valores pueden llegar a ser de 16 kV/m y 270  $\mu T$ .

❖ En las viviendas:

En el hogar, la intensidad de los campos eléctricos y magnéticos dependerá de diversos factores, como la distancia a que se encuentren las líneas de suministro de la zona, el número y tipo de aparatos eléctricos que se utilicen, o la configuración y situación de los cables eléctricos en la vivienda. En la mayoría de los electrodomésticos utilizados, los campos eléctricos no suelen ser mayores de 500 V/m, en tanto que los campos magnéticos no sobrepasan, por lo general, los 150  $\mu T$ . En ambos casos, estos niveles pueden ser bastante mayores a muy corta distancia, pero disminuyen rápidamente al alejarse.

❖ En el lugar de trabajo:

Todos los equipos y cables eléctricos utilizados en las instalaciones industriales generan campos eléctricos y magnéticos. Los técnicos que mantienen las líneas de transmisión y de distribución pueden estar expuestos a campos eléctricos y magnéticos muy intensos. En las estaciones y subestaciones generadoras pueden

*existir campos eléctricos superiores a 25 kV/m y campos magnéticos superiores a 2 mT (mili-Teslas). Los soldadores pueden estar expuestos a campos magnéticos de hasta 130 mT. Cerca de los hornos por inducción y de las baterías electrolíticas de uso industrial, los campos magnéticos pueden superar los 50 mT. En las oficinas, los trabajadores están expuestos a campos mucho menores cuando utilizan aparatos del tipo de las fotocopiadoras o los monitores de vídeo.*

La OMS también hace las siguientes referencias:

*En la práctica, la única manera en que los campos ELF pueden interactuar con los tejidos vivos es induciendo en ellos campos y corrientes eléctricas. Sin embargo, a los niveles que son habituales en nuestro medio ambiente, la magnitud de estas corrientes es inferior a la de las corrientes que produce espontáneamente nuestro organismo.*

❖ Estudios sobre los campos eléctricos:

*Los datos de que se dispone sugieren que, si exceptuamos la estimulación causada por las cargas eléctricas inducidas en la superficie de nuestro cuerpo, la exposición a campos no superiores a 20 kV/m produce unos efectos escasos e ino cuos. No está demostrado que los campos eléctricos tengan efecto alguno sobre la reproducción o el desarrollo de los animales a intensidades superiores a los 100 kV/m.*

❖ Estudios sobre los campos magnéticos:

*Existen escasas pruebas experimentales confirmadas de que los campos magnéticos ELF afecten a la fisiología y el comportamiento humanos a las intensidades habituales en el hogar o en el medio ambiente. En voluntarios sometidos **durante varias horas** a campos ELF de hasta 5 mT, los efectos de esta exposición fueron escasos tras realizar diversas pruebas clínicas y fisiológicas de hematología, electrocardiografía, ritmo cardíaco, presión arterial o temperatura del cuerpo.*



❖ *Melatonina:*

*Algunos investigadores han comunicado que la exposición a campos ELF puede suprimir la secreción de melatonina, que es una hormona vinculada a nuestros ritmos de actividad diurna-nocturna. Se ha indicado que la melatonina podría proteger contra el cáncer de mama, de modo que su supresión podría contribuir a una mayor incidencia de esta enfermedad por causa de otros agentes. Aunque hay indicios de que la melatonina resulta afectada en animales de laboratorio, los estudios realizados con voluntarios no han confirmado esas alteraciones en las personas.*

❖ *Cáncer:*

*No existen pruebas convincentes de que la exposición a los campos ELF cause directamente daños en las moléculas de los seres vivos, y en particular en su ADN. Es, pues, improbable que pueda desencadenar un proceso de carcinogénesis. Sin embargo, se están realizando estudios para determinar si la exposición a esos campos puede influir en la estimulación o coestimulación del cáncer. Recientes estudios realizados en animales no han demostrado que la exposición a campos ELF influya en la incidencia de cáncer.*

❖ *Estudios epidemiológicos:*

*En 1979, Wertheimer y Leeper comunicaron una vinculación entre la leucemia infantil y ciertas particularidades relativas a los cables que conectaban sus viviendas a la línea de distribución eléctrica. Desde entonces, se han realizado numerosos estudios para profundizar en este importante resultado. El análisis realizado en 1996 por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos indicaba que la circunstancia de habitar cerca de una línea eléctrica pudiera estar asociada a un alto riesgo de leucemia infantil (riesgo relativo:  $RR = 1.5$  , aunque no de otros cánceres. No se apreció en esos estudios ninguna relación semejante entre el cáncer y la exposición de los adultos en sus domicilios.*

Aquí abrimos un paréntesis para explicar lo que es el riesgo relativo, que es el cociente entre el riesgo en el grupo sometido, el factor de exposición (o factor de riesgo) y el riesgo en el grupo de referencia (que no está sometido el factor de riesgo).

El mejor estudio para calcular el riesgo relativo es el estudio prospectivo como el estudio de cohortes y el ensayo clínico, donde de la población se extraen dos muestras sin enfermedad o en las que no haya sucedido el evento: una expuesta al factor de riesgo y otra sin tal exposición. De cada muestra se calcula la tasa de incidencia de expuestos y se calcula su cociente.

La siguiente tabla 3 lo expresa aun mejor:

RR= tasa de incidencia de expuestos/tasa de incidencia en no expuestos

	Enfermos	Sanos	Total
Expuestos	a	b	a+b
No expuestos	c	d	c+d
Total	a+c	b+d	N

Tabla 3 tabla descriptiva del riesgo relativo

El Riesgo Relativo sería:

$$RR = \frac{\frac{a}{(a+b)}}{\frac{c}{(c+d)}} \quad (4)$$

*Muchos de los estudios publicados en los últimos diez años sobre la exposición a campos ELF en el lugar de trabajo carecen de solidez en varios aspectos. Por una parte, parecen indicar un ligero aumento del riesgo de leucemia en los trabajadores de empresas eléctricas. Sin embargo, en muchos de ellos no se ha tenido en cuenta la influencia de otros factores, como la posible exposición a sustancias químicas en el entorno de trabajo. No se apreció una correlación satisfactoria entre el riesgo de cáncer en los sujetos estudiados y el valor estimado de su exposición a campos ELF. Por consiguiente, no se ha confirmado la existencia de una relación de causa-efecto entre la exposición a campos ELF y el cáncer.*

❖ Cuadro de Expertos del NIEHS:

*El National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) de los Estados Unidos ha llevado a término su programa quinquenal RAPID. En el marco de dicho programa se reprodujeron y ampliaron diversos estudios que habían dado cuenta de efectos posiblemente nocivos para la salud, y se realizaron nuevos estudios para determinar si realmente la exposición a los campos ELF afectaba en algún aspecto a la salud. En junio de 1998, el NIEHS constituyó un Grupo de trabajo para examinar los resultados de las investigaciones. Basándose en criterios establecidos por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC), el Cuadro internacional de expertos concluyó que los campos ELF debían considerarse como un "posible carcinógeno humano".*

*"Posible carcinógeno humano" es la denominación más leve de las tres que utiliza el CIIC ("posiblemente carcinógeno para las personas", "probablemente carcinógeno para las personas" y "carcinógeno para las personas") para clasificar la evidencia científica de una posible carcinogenicidad.*

*Aunque el CIIC utiliza otros dos términos para estas clasificaciones: "no clasificable" y "probablemente no carcinógeno para las personas", el Grupo de trabajo del NIEHS consideró que había datos suficientes para descartar estas categorías.*

*Se clasifica como "posible carcinógeno humano" a aquellos agentes cuya carcinogenicidad está escasamente probada en las personas e insuficientemente probada en experimentos con animales. Por tanto, esta clasificación valora la solidez de las pruebas científicas, y no el grado de carcinogenicidad o el riesgo de cáncer vinculado al agente. Así pues, la denominación "posible carcinógeno humano" significa que hay escasas pruebas fiables de que la exposición a campos ELF pueda ser causa de cáncer. Aunque los datos de que se dispone no permiten descartar que este tipo de exposición produzca cáncer, serán necesarias investigaciones más especializadas y de alto nivel para dilucidar esta cuestión.*

*La decisión del Grupo de trabajo del NIEHS se fundamentaba en la aparente concordancia de ciertos estudios epidemiológicos, según los cuales en las viviendas cercanas a las líneas eléctricas parecía existir un mayor riesgo de leucemia infantil. Esta relación se desprendía de diversos estudios que vinculaban la incidencia de la leucemia infantil a la proximidad de líneas eléctricas y a la presencia de campos magnéticos medidos durante 24 horas en viviendas. Además, el Grupo de trabajo concluyó también que había escasa evidencia de que la exposición en el lugar de trabajo estuviera asociada a un aumento de la leucemia linfocítica crónica.*

De esta manera se agrega la siguiente tabla en la que se hace referencia a cada uno de los factores así como sus principales agentes en la tabla 3.1:

<b>clasificación</b>	<b>Ejemplo de agentes</b>
<b>Carcinogénico para los seres humanos</b> (usualmente basado en fuertes evidencias de carcinogenicidad en humanos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <b>Asbestos</b></li> <li>❖ <b>Gas de mostaza</b></li> <li>❖ <b>Tabaco (fumadores activos y pasivos)</b></li> <li>❖ <b>Radiación gamma</b></li> </ul>
<b>Probablemente carcinogénico para los seres humanos</b> (Usualmente basados en fuertes evidencias de carcinogenicidad en animales)	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <b>Gases de escape de motores diesel</b></li> <li>❖ <b>Lámparas de sol</b></li> <li>❖ <b>Radiación UV</b></li> <li>❖ <b>Formaldehído</b></li> </ul>
<b>Posiblemente carcinogénico para los seres humanos</b> (Usualmente basados en evidencias en seres humanos consideradas como creíbles pero por otras explicaciones no pueden ser excluidas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ <b>Café</b></li> <li>❖ <b>Estireno</b></li> <li>❖ <b>Gases de escape de motores a gasolina</b></li> <li>❖ <b>Humos de soldadura</b></li> <li>❖ <b>Campos magnéticos ELF</b></li> </ul>

Tabla 3.1 principales agentes, clasificación y fuentes

*Fuente: OMS (Organización Mundial de la Salud) [2]*

## 4 Datos, resultados y estadísticas

Otro criterio por el cual debe reconocerse en cierto grado que las líneas de transmisión productoras de REBF son un factor de riesgo para estimular el desarrollo de la leucemia infantil, se debe al hecho de que últimamente ha aumentado en forma notable el número de casos clínicos observados, tomando en cuenta que ésta enfermedad se consideraba hasta hace pocas décadas un mal muy raro.

Hasta cierto punto, éste incremento podría anticiparse naturalmente debido al crecimiento paralelo de la población; sin embargo, lo que es inesperado es el incremento del porcentaje de ocurrencia de ésta enfermedad.

En 1996 de acuerdo a la OMS, se estima que por cada 100 000 niños entre 0 y 14 años de edad habría un promedio de 4 de ellos con leucemia, es decir, la probabilidad media de que un infante en este rango de edades presentase esta enfermedad era de 0.004%. Sin embargo, actualmente, la OMS reporta que dicho porcentaje se ha salido de toda posible clasificación.

Aunado a todo esto un gran número de los casos registrados de leucemia infantil según la OMS tienen como factor común el hecho de que los niños afectados viven ó vivían “suficientemente cerca” de las líneas de transmisión de alto voltaje.

En el presente trabajo se expone de manera estadística la distribución de la población infantil (niños de 0 a 14 años de edad) afectada con leucemia en la población de Morelia, considerando su tiempo de residencia en la cercanía de las líneas de transmisión de alto voltaje de la ciudad.

Los datos usados para obtener tal distribución, fueron proporcionados por los institutos:

- ❖ Hospital infantil de Morelia
- ❖ Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) delegación Morelia.

Los cuales son hospitales públicos.

Sorprendentemente, en las instituciones privadas de la ciudad, *es inexistente* la relación estadística de los pacientes que ingresan a ellas, lo cual aparentemente sería un factor de sesgo para la distribución estadística que buscamos o por lo menos haría que nuestro conjunto de datos no fuese representativo.

Sin embargo, el hecho de que padecimientos como la leucemia infantil impliquen tratamientos que económicamente son demasiado costosos y que generalmente no pueden ser solventados por la gran mayoría de la población urbana, nos permitirá ignorar en este trabajo, el posible pequeño porcentaje casos de Leucemia infantil no registrados en tales instituciones.

Con un gran margen de seguridad, se puede hacer entonces la hipótesis de que: **la población de Morelia en su gran mayoría recurre a las instituciones públicas mencionadas anteriormente, para la adquisición del tratamiento y los medicamentos contra la leucemia infantil.**

Es mi deber mencionar que los datos que me fueron proporcionados por el Hospital Infantil y el IMSS están clasificados como información confidencial, por lo que solo se me otorgó acceso a las direcciones físicas de los pacientes, y para tal efecto debí de entregar oficios dirigidos a los directores de las instituciones mencionadas avaladas con el visto bueno del director de la facultad con información detallada del uso que se le dio a dicha información, mas con todo ello aun me encontré con mucho hermetismo dada la ética profesional de los doctores, que resulta demasiado comprensible

Por cuestiones obvias de privacidad personal, no se mostrarán en este trabajo ni los nombres de los pacientes ni sus direcciones las cuales sólo servirán como referencia a petición de los sinodales de ésta tesis para la corroboración de la información que se presenta. Representantes de las instituciones en mención certificarán que la información mostrada es seria y verdadera.

El criterio determinante que se utilizó para clasificar los datos usados en la realización de este trabajo, fue el de filtrar la información proporcionada y sólo tomar en consideración los datos de los infantes de entre 0 y 14 años de edad, pues como se mencionó anteriormente, es éste el rango de edad poblacional que la OMS reconoce como estadísticamente mas vulnerable para padecer leucemia.

Para conocer cuál es el número de infantes con éstas características y que son residentes permanentes de Morelia, recurrí al Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y aunque el último censo poblacional se realizó en el año 2000, según datos que me fueron proporcionados en el instituto, a partir de las tasas de crecimiento y comportamiento poblacional que maneja CONAPO (Consejo Nacional de Población), en cada Estado y del País, se puede predecir por inferencia cuál es actualmente o cual será en el futuro cercano el monto de cada sector poblacional.

De acuerdo con esto, se tienen en la actualidad en la ciudad de Morelia las siguientes cifras de población infantil en el rango de 0 a 14 años de edad como se muestra en la tabla 4:

(Morelia) Año	M	0.00004
2000	169225	6.769
2001	162176	6.4
2002	155429	6.21
2003	148963	5.95
2004	142766	5.71
2005	136827	5.47

Tabla 4 Estimación de la población de muestra y su correspondiente numero de casos por año.

Donde M representa la población infantil residente en la ciudad con edades comprendidas entre 0 y 14 años.

Los datos en la última columna, se han obtenido multiplicando los números en la columna M por el número 0.000 04 que es el porcentaje de incidencia de Leucemia en la

población infantil ( 0.004 % ) que proporciona la OMS en 1996, y como se puede observar, en Morelia debería haber anualmente a lo más entre 5 y 7 infantes con edades entre 0 y 14 años padeciendo leucemia.

Sin embargo, al cotejar con la información proporcionada por el Hospital Infantil, hasta la creación de la base de datos electrónica del 2005, se tiene en tratamiento un promedio de 32 niños con leucemia que son nativos de la ciudad de Morelia.

(Entendiéndose que se toma en consideración solo el territorio que comprende a Morelia como Ciudad, es decir no se toman en cuenta las poblaciones que forman parte de Morelia como municipio)

De acuerdo con estos datos, se obtiene entonces que actualmente en la ciudad de Morelia existe una probabilidad promedio

$$\frac{32}{5} = 6.4 \qquad \frac{32}{7} = 4.571$$

**DE 4.5 A CASI 6.5 VECES** la indicada por la OMS en 1996 para que un infante de 0-14 años tenga leucemia.

En éste trabajo, la información sobre los infantes registrados con leucemia que viven en Morelia, fue clasificada de acuerdo a la cercanía de su lugar de residencia a las líneas de transmisión de energía eléctrica de alta tensión o a alguna subestación de distribución, con el objetivo de determinar en forma estadística si existe alguna relación entre la aparición de la leucemia en ese grupo poblacional y el hecho de vivir permanentemente a una relativa cercanía de esas fuentes emisoras de radiación electromagnética.

Aunque por desgracia en Morelia las instituciones públicas del sector salud han incursionado tardíamente en llevar un registro de sus bases de datos, considero que la información que me fue proporcionada es suficiente para obtener una conclusión fundada si tomamos en cuenta que desde hace aproximadamente 14 años, funciona el anillo periférico de líneas de 115KV que rodea Morelia. Este dato nos garantiza que no es mayor la edad de los infantes morelianos con leucemia que su tiempo de “exposición” permanente a la radiación desde su nacimiento



Para medir la distancia entre las viviendas de los niños y las líneas de transmisión de alto voltaje, se utilizó un GPS (Global Positioning System), que tiene una precisión de  $\pm 1$  m, de modo que el posible error relativo en esta medida es mínimo

En el afán de responder a la interrogante de que tan cerca se debe vivir de las líneas de alta tensión para tenerlas o no en el nominativo de “Factor posiblemente carcinogénico para los seres humanos”, se tomó como referencia el mapa a escala de la ciudad y la red de distribución de energía eléctrica que me fue proporcionado por CFE (Comisión Federal de Electricidad), para localizar los casos de niños con leucemia infantil de acuerdo a la distancia mínima de su domicilio a la línea de transmisión (o subestación) más próxima en intervalos acumulativos de 100 metros. Estas distancias se calcularon con ayuda del programa computacional Autocad 2005 en el cual se introdujo el plano a escala de CFE.

En la siguiente tabla 4.1 se muestra la distancia y el número de casos entre las líneas de transmisión o subestación de potencia y los domicilios de los niños con leucemia.

Rango de Distancia	Distancia real de cada caso
0-100m 2 casos	55,72m 96,71m
100-200m 1 caso	142m
200-300 8 casos	201m 290m 236m 264m 245m 278m 243m 258m
300-400m 2 casos	364m 384m
400-500m 1 caso	450m

500-600m	512m
2 casos	561m
600-700m	630m
1 caso	
700-800m	702m
5 casos	715m
	745m
	756m
	788m

Tabla 4.1 Relación de los casos y su respectiva distancia de las líneas o alguna subestación.

A continuación se mostrara mapa detallado, en el que se ilustra:

- ❖ Las líneas de transmisión en su recorrido por la ciudad al completar el anillo periférico en color negro.
- ❖ El trazado de rectas paralelas a las líneas de transmisión de alto voltaje y que quedan separadas a 100 m hasta completar los 800m tomados en cuenta entre si alrededor del anillo perimetral que rodea a la ciudad.
- ❖ Los puntos donde se encuentran las viviendas actuales de los niños con leucemia, puntos de color morado.

Debo mencionar que por razones obvias, es necesario mantener la privacidad y el anonimato de las personas involucradas y por tal motivo, se suprimirán en los mapas mostrados aquí, los nombres de calles y colonias.

Del total de los casos de leucemia infantil reportados por las instituciones a las que acudí, 30 de ellos con ese rango de edad están en tratamiento en el hospital infantil de Morelia y solamente 2 reciben su tratamiento en el IMSS de ésta misma ciudad.

Esta gran diferencia se puede atribuir a que al IMSS acuden solamente los que son afiliados a ésta institución, mientras que al hospital infantil acuden todos aquellos que no

son derechohabientes del IMSS; pero una razón más fuerte tal vez es que, el hospital infantil se especializa mas en las enfermedades de los niños que otras instituciones.

La siguiente tabla muestra los datos de población infantil y casos de leucemia según fueron apareciendo en sus respectivos años.

Tabla 4.2

**Población infantil ( 0 a 14 años d edad) 1**

año	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Población Total	169225	162176	155429	148963	142766	136827
Casos registrados de Leucemia infantil	9	13	16	20	27	32
Casos nuevos		4	3	4	7	5

Tabla 4.2 Estimación anual de la población y los respectivos casos acumulativos de leucemia.

En la tabla anterior la cifra correspondiente al 2000 es la cifra oficial de INEGI. En los años posteriores, los totales de la población infantil anual que aparece en la tabla son estimaciones que hace CONAPO (Consejo Nacional de Población) en base al comportamiento poblacional en el lapso de 1995-2000

Anualmente los casos nuevos de infantes con leucemia se fueron acumulando a los anteriores.

Al realizar ésta investigación se constató que los 32 casos registrados de niños con Leucemia han permanecido toda su vida residiendo en su mismo domicilio, esto se constato al realizar trabajo de campo y comprobar en cada uno de los domicilios, con lo cual se descarta la posible invalidación de su caso debido a un “discontinuo” o ”variable” tiempo de exposición a la radiación de las líneas de transmisión .

Podemos también suponer, aunque sólo sea de manera aproximada, que ellos han estado expuestos a un nivel de radiación promedio que ha sido más o menos constante todo el tiempo.

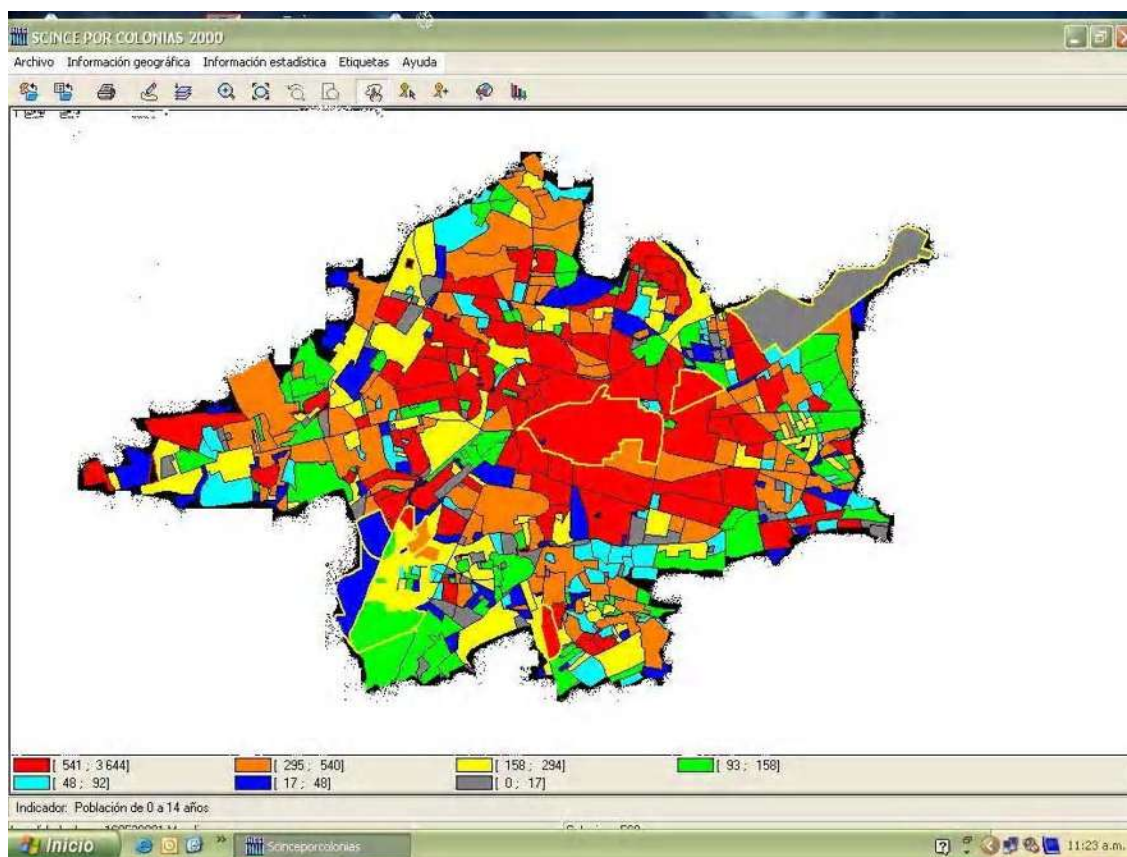


Fig 4 Distribución de la ciudad por colonias en el 2000 clasificadas por el número de niños que habitan en cada una

En ese mapa (fig 4) proporcionado por le INEGI, se puede observar en color rojo las colonias con mayor población de infantes de 0 a 14 años seguidas de las naranjas, amarillas, verdes, azules y grises en proporción, de ahí se nota que las colonias con mayor población de nuestro rango tomado se encuentran situadas en su mayoría en el centro de la ciudad. Esta distribución corresponde al año 2000 cuando se hizo el último conteo poblacional. Como el censo poblacional se realiza cada 5 años, los datos del 2005 estarán disponibles hasta diciembre del 2006, carecemos en este momento de la información que nos permita encontrar la distribución real de población infantil en la ciudad. Por lo que se deja abierta la propuesta para que un futuro trabajo como este sea realizado en base y detalle a los datos mas actualizados y así determinar una distribución REAL y resultados

mas confiables (sean cuales sean), ya que en este trabajo solo se interpuso una visión estadística y se uso una distribución uniforme, por la carencia de datos suficientes que estarán disponibles dentro de un año.

Por ende, a partir de este trabajo se espera despertar el interés por realizar trabajos de este tipo, asimismo en conjunto con otras dependencias (INEGI; IMSS...) que mas que distantes parezcan de nuestra área de trabajo, sean un complemento en nuestra formación de Ingenieros electricistas.

Con el objeto de tener una referencia comparativa de los 32 casos de niños con Leucemia que viven en ésta ciudad, se propondrá como hipótesis que:

***En ausencia de líneas de transmisión de alto voltaje y subestaciones, la aparición de casos de Leucemia infantil en la ciudad tendría una distribución uniforme, esto es, el mismo número de casos por unidad de área urbana.***

La probabilidad actual por unidad de área de observar un caso sería entonces:

$$P = \frac{32 \cdot \text{casos}}{(A)} \quad (5)$$

Donde  $A = 90727929 \text{ m}^2$  representa el área urbana total de la ciudad de Morelia  
Así por ejemplo, el total de casos de Leucemia infantil que se esperaría observar a una distancia menor o igual a 800 m de una línea de transmisión sería ...

$$N = P \cdot S$$

donde  $S = 41379313.9 \text{ m}^2$  representa el área urbana que queda a una distancia menor o igual que 800 m. de una línea de transmisión o subestación. Resulta así:

$$N = (32/90727929) \cdot 41379313.9 = 14.5$$

No obstante, como ya se indicó antes, en realidad el total de casos observados en ese rango de distancia es de 22 (aproximadamente un 55.17 %. mayor QUE EL RESULTADO QUE PREDICE UNA distribución uniforme)

$$(22-14.5)/ 14.5= 55.17$$

No obstante, el área que tomamos en cuenta es la de los 800m segmentados cada 100m en total, pero una distribución por cada 100m de distancia muestra los siguientes resultados.

$S = 6563209.8 \text{ m}^2$  área a 100m de las líneas y subestaciones

$$N = (32/90727929) * 6563209.8 = 2.31$$

$S = 5813209 \text{ m}^2$  área a 200m de las líneas y subestaciones

$$N = (32/90727929) * 5813209.8 = 2.05$$

$S = 5365874.7 \text{ m}^2$  área a 300m de las líneas y subestaciones

$$N = (32/90727929) * 5365874.7 = 1.89$$

$S = 5068974.2 \text{ m}^2$  área a 400m de las líneas y subestaciones

$$N = (32/90727929) * 5068974.2 = 1.78$$

$S = 4875698.7 \text{ m}^2$  área a 500m de las líneas y subestaciones

$$N = (32/90727929) * 4875698.7 = 1.71$$

$S = 4714587.1 \text{ m}^2$  área a 600m de las líneas y subestaciones

$$N = (32/90727929) * 4714587.1 = 1.66$$

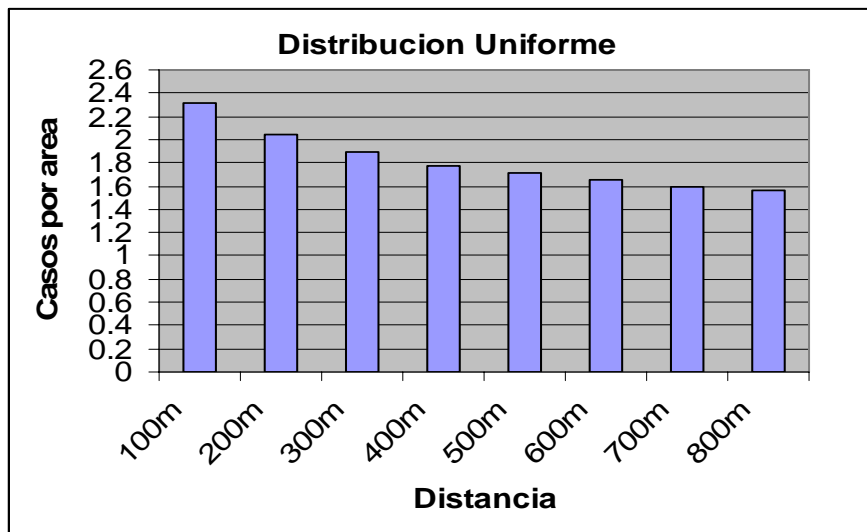
$S = 4512547.3 \text{ m}^2$  área a 700m de las líneas y subestaciones

$$N = (32/90727929) * 4512547.3 = 1.59$$

$S = 4465213.1 \text{ m}^2$  área a 800m de las líneas y subestaciones

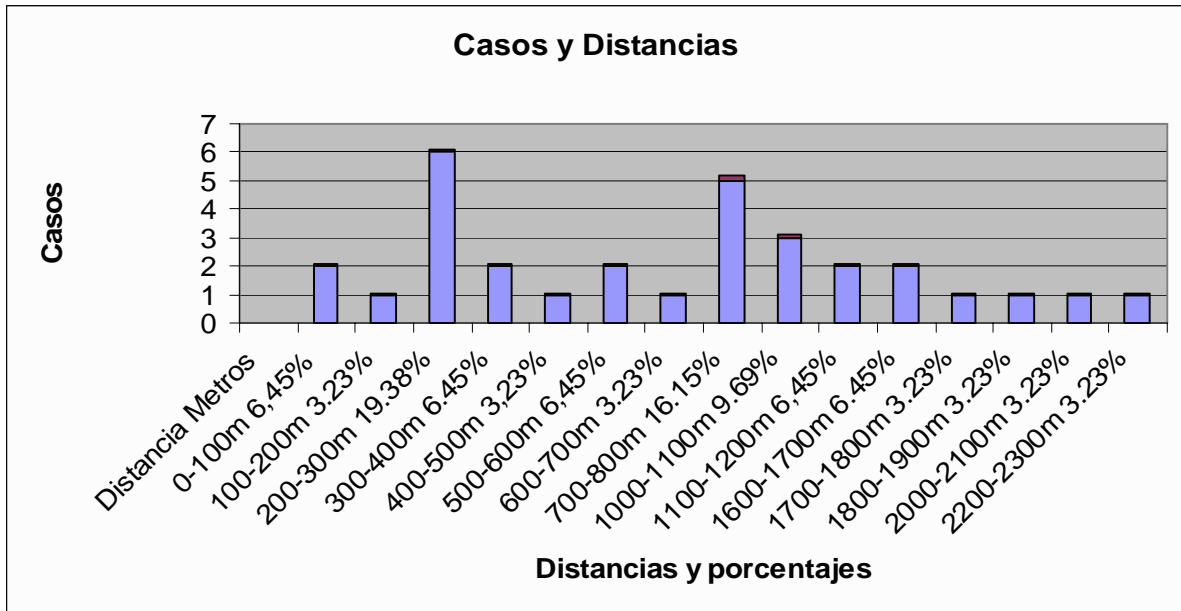
$$N = (32/90727929) * 4465213.1 = 1.57$$

Esto arroja la siguiente grafica.



Grafica 4.1 Casos que habría dentro de una distribución uniforme

Ahora, con los datos disponibles, se obtiene la siguiente tabla con su respectiva distribución real dentro de los rangos de distancia manejados



Los valores de las áreas fueron calculados con el programa de Autocad 2005. Se encierra como objeto el área deseada y se indica el comando Área (aa), para que el programa calcule el área en metros cuadrados.

Podemos asegurar que estos valores de área son muy cercanos a los valores reales dado que el plano de la ciudad fue introducido al programa en su escala real.

De este modo tenemos que el área de estudio (la superficie total urbana de Morelia) tiene un valor de  $A= 90727929 \text{ m}^2$  mientras que la superficie de intersección entre el área urbana y una franja centrada en las líneas de transmisión de ancho  $2 \times 800 \text{ m} = 1600 \text{ m}$  tiene un valor total de:  $S=41379313.9 \text{ m}^2$ .

Cuando éste mismo ejercicio de cálculo se repite para las demás distancias a las líneas de transmisión, se obtiene la siguiente distribución Fig 4.3:

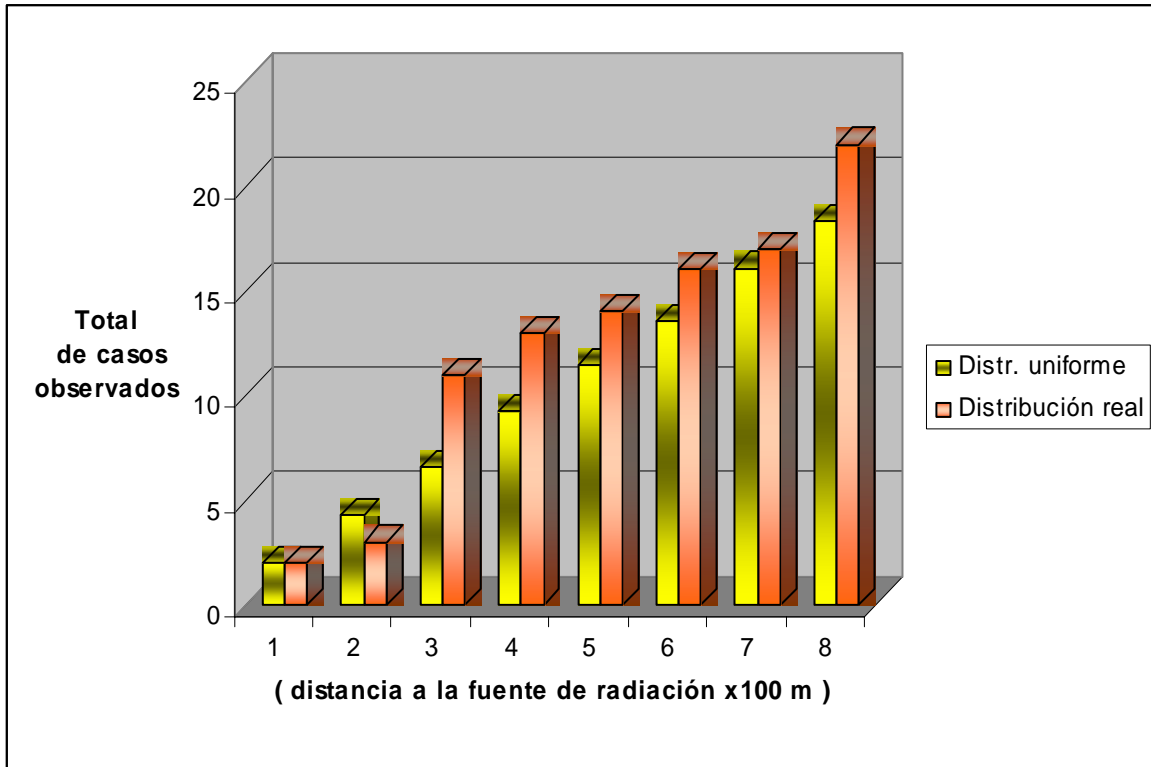


Fig 4.3 Grafica en la que se enfrentan la distribución uniforme contra la distribución real

16.0923811  
18.31728741

Esto es base de considerar el que la distribución de los casos es uniforme a lo largo y ancho de la ciudad, en base a la formula que mostramos anteriormente para determinar el riesgo relativo, tendríamos que hacer un análisis tomando en cuenta la población expuesta y la que no, pero por motivos de que nos es casi imposible el poder medir las 2 poblaciones dado el trazo irregular que llevan las líneas y en tanto que el INEGI tendrá la relación tan detallada de información de la que nos es requerida dentro de un año; sobre el rango de edad que manejamos y su distribución sobre el área que trazamos, vimos la necesidad de solo de hacer el calculo solo en base a una posible distribución uniforme, ya que si vemos dentro del mapa, notamos que la población que vive dentro del área de consideración es mucho menor que la que vive fuera de la misma, así, de forma expectativa tendríamos un numero de riesgo relativo mucho mayor que *El análisis realizado en 1996 por la*



Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, pero al contar con insuficiencia de datos, caeríamos en imprecisiones que por la delicadeza del tema no podemos tomarnos.

Como se mostró en la grafica (fig 4.2) se muestran el porcentaje de casos en función de la distancia a la que se encuentran de las líneas o subestaciones. Para nuestra distribución uniforme, la cual contrasta con la de la fig 4.1, que acorde con nuestro planteamiento debería tener. Se hace notorio que el mayor índice de casos se origina entre los 200 y 300 m de distancia, con un pico menor entre los 700 y 800 m, sin embargo, el objetivo de esta tesis no es determinar un patrón de la distribución de casos de Leucemia infantil en función de la distancia ya que los medios con los que se cuenta no lo permiten así. Estamos limitados solamente a realizar un estudio en base a las estadísticas presentadas anteriormente sin exagerar ningún resultado ni minimizar otro. En ésta tesis simplemente se presenta los datos estadísticos reales que se encontraron. En la que además se represento el total de casos y su respectiva distancia para que formen el total de los casos que se utilizan en ésta investigación (los que tienen las instituciones en sus bases de datos). Ya que la imparcialidad que hay que tener en este trabajo así lo dicta.

## CONCLUSIONES

En las conclusiones a las que podamos llegar después de analizar el trabajo anterior debemos tomar en cuenta los notables picos que se presentan en la distribución de la grafica anterior a las distancias de 200 a 300 m y de 700 a 800 m

Debido al escaso margen de diferencia entre la distribución obtenida y la distribución uniforme, es difícil obtener una conclusión clara y definitiva sobre si el campo electromagnético que generan las líneas de alta tensión y las subestaciones de potencia tienen algún grado de peligrosidad como para considerarlas un factor desencadenante de la Leucemia infantil y de la misma manera tampoco puede aseverarse definitivamente que son inofensivas e inocuas. Lo ha demostrado el hecho de que países del primer mundo han realizado innumerables estudios al respecto sin llegar a ninguna conclusión a favor de alguna versión. En mi papel de Ingeniero Electricista veo a la energía eléctrica como un elemento indispensable e imprescindible para el desarrollo y la calidad de vida como sociedad. Como lo dije en un principio, es inimaginable el caos que causaría el vivir un solo día sin la energía eléctrica.

Las modificaciones al medio ambiente que hemos realizado para obtener la energía eléctrica, de alguna forma directa o indirecta nos dictan el precio que se debe pagar por todos los beneficios que obtenemos de ella; para la obtención de cualquier tipo de energía hay que pagar un precio y no necesariamente debe ser algo meramente monetario, en mi opinión dicho pago es el deterioro al medio ambiente que en las últimas décadas se ha dado en forma desmedida y descontrolada, lo que ha ocasionado el que nuestro entorno no sea el que vimos cuando niños. Esto me lleva a imaginar lo que verán y dejarán de ver las futuras generaciones en caso de que continúe tal deterioro. En el sencillo estudio realizado en esta tesis solo he puesto de manifiesto lo que a simple vista se ve, no dispuse ni tuve al alcance recursos sofisticados como para emitir un veredicto o dar a conocer un resultado mucho más fundado con más bases de datos, solamente estuvo a mi alcance el realizar una visión estadística de un mal tan terrible como la Leucemia infantil que cada día crece en el mundo entero, un mal que más que los costosos tratamientos y secuelas físicas que deja, apuntala en forma dolorosa la posibilidad de que toda esta comodidad de la que disponemos hoy en

día gracias a tanta tecnología y abuso de la energía sea de una forma secundaria un precio que pagar, que desde mi particular punto de vista es un precio demasiado alto ya que en la realización de este estudio pude ver de forma cercana el sufrimiento de los niños y de las agresiones psicológicas y físicas a que son sometidos a causa de las quimioterapias. De ahí que tomando como referencias los datos que me fueron dados y los resultados a los que llegue solamente puedo reafirmar lo que la misma OMS dice, *“los campos electromagnéticos generados por las líneas de Transmisión y las subestaciones eléctricas son un posible carcinogénico para los seres humanos”*.

Sin embargo como lo mencione en un principio, Morelia es una de las ciudades que requieren del mas bajo nivel de potencia en requerimiento de energía eléctrica por su poca industrialización. Habría que agregar un estudio similar en otras ciudades como esta en las que se usan líneas de mayor voltaje e incluso las del mismo nivel de potencia, para hacer un estudio comparativo y obtener otro tipo de conclusión. Solo espero que el presente trabajo sea un precedente en la elaboración de otros trabajos similares para diferentes ciudades e ir reafirmando la opinión (sea cual sea) sobre los campos electromagnéticos y su posible relación con el cáncer, aunque dicha opinión sea obtenida solamente desde un punto de vista puramente estadístico.

## REFERENCIAS OFICIALES

En la elaboración y también como parte de esta tesis incluyo las referencias oficiales de las instituciones mencionadas, las cuales me proporcionaron los datos para este estudio y que tengo que presentar a modo de avales ya que dicha información en su carácter de confidencial no puedo mostrar abiertamente y a cambio de ello muestro copia del documento en el que la autoridad tanto del hospital infantil como del IMSS cotejan el que los datos e información que aquí fueron mostrados son reales y se encuentran en la actualidad en su base de datos. Además de los links a las paginas oficiales de las organizaciones mundiales y nacionales a las que hago mención.

[1] <http://www.who.int/peh-emf/es/>

[2] <http://www.who.int/en/>

<http://www.conapo.gob>

<http://www.inegi.gob>



**HOSPITAL INFANTIL  
DE MORELIA**  
" EVA SAMANO DE LOPEZ MATEOS "



ING. GILBERTO LOPEZ PEDRAZA  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA  
DE LA UMSNH  
PRESENTE

Por medio del presente hago constar que la información que se le proporcionó al C. Francisco Trujillo Delgado para la realización de su tesis que lleva por nombre **RELACION ESTADISTICA ENTRE LAS LINEAS DE TRANSMISION DE ALTA TENSION Y LA LEUCEMIA EN LA CIUDAD DE MORELIA, es verídica.**

Se extiende la presente constancia a los 24 días del mes de octubre del año en curso.

ATENTAMENTE

  
DR. FAUSTINO S. CHÁVEZ MARTINEZ  
DIRECTOR DEL HOSPITAL



Bosque Cuauhtémoc s/n Centro. C.P. 58000. Tel. 01 443 3 12 07 14  
[www.hospitalinfantilmorelia.com](http://www.hospitalinfantilmorelia.com)  
Morelia, Michoacán, México



**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
DELEGACIÓN REGIONAL EN MICHOACÁN  
HOSPITAL GENERAL REGIONAL No. 1  
DIRECCIÓN**

Morelia, Mich. 04 oct. 2005

**A QUIEN CORRESPONDA:**

El que suscribe **COORDINADOR CLINICO DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN MEDICA** del HGR 1 del IMSS en Morelia, Mich , hace constar que la información sobre pacientes y diagnósticos a que hace referencia en su Trabajo de Tesis El Alumno Francisco Trujillo Delgado. Están apegadas a la verdad de los registros de la Institución, y se le ha solicitado que mantenga en el anonimato la confidencialidad respecto a la identidad de dichos pacientes para cumplimiento de principios éticos

**"RELACION ESTADÍSTICA ENTRE LAS LINEAS DE TRANSMISION DE ALTA TENSION Y LA LEUCEMIA EN LA CIUDAD DE MORELIA"**

Todos ellos están en el concentrado de diagnósticos de Leucemias, linfomas dentro del grupo de edad seleccionado por el solicitante

ATENTAMENTE  
*Alfredo Villarreal Amaro*  
**DR. ALFREDO VILLARREAL AMARO.**  
Coord. Clínico de Educ. e Invest. Médica.



HOSPITAL GEN. REGIONAL NO. 1  
MICH. MICHOACÁN  
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN  
E INVESTIGACIÓN MÉDICA

c.c.p. **DR. MARIO ALBERTO MARTINEZ LEMUS** Director HGR.1  
c.c.p. **Militario.**