

**DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN NUEVO MÉTODO DE CÁLCULO PARA
CUANTIFICAR AEROSOLAS EN LA ATMÓSFERA , APLICANDO COEFICIENTE
DE TURBIEDAD “ β ” DE ANGSTROM, BASADOS EN DATOS SOLARIMÉTRICOS
PARA DÍAS DESPEJADOS EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CUIDAD DE
MANIZALES**

OVIDIO SIMBAQUEVA FONSECA

EDISSON HERNANDO PAGUATIAN TUTISTAR

UNIVERSIDAD DE MANIZALES

**FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO-CIMAD
MANIZALES, CALDAS**

2014

**DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN NUEVO MÉTODO DE CÁLCULO PARA
CUANTIFICAR AEROSOLES EN LA ATMÓSFERA , APLICANDO COEFICIENTE
DE TURBIEDAD “ β ” DE ANGSTROM, BASADOS EN DATOS SOLARIMÉTRICOS
PARA DÍAS DESPEJADOS EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CUIDAD DE
MANIZALES**

OVIDIO SIMBAQUEVA FONSECA

EDISSON HERNANDO PAGUATIAN TUTISTAR

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar
El título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**

Asesor de Tesis

DIEGO HERNANDEZ GARCIA

M. Sc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

M. Sc. Educación Docencia

UNIVERSIDAD DE MANIZALES

**FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO-CIMAD
MANIZALES, CALDAS**

2014

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por habernos dado la vida y permitirnos el haber llegado hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional, por guiarnos por el buen camino y darnos la fortaleza para continuar y no desmayar en los problemas que se presentaron en la realización de este trabajo de grado.

Agradecemos también a los docentes y asesores es especial a la Phd. Marleny Cardona, el M. Sc. Diego Hernández, M. Sc. José Fernando Muñoz y M. Sc. Martha Lucia Garcia Naranjo, para que nuestro proceso de maestría haya llegado a este punto.

A nuestras familias, por demostrarnos su amor, paciencia y apoyo constante en este tiempo de trabajo y construcción de esta meta tan anhelada.

Finalmente a las entidades que apoyaron el proyecto de manera directa o indirecta: CENICAFÉ, IDEAM, Centro de Investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo-CIMAD y Grupo de Energía Solar en Desarrollo de Tecnologías Limpias- Fundación Universitaria Los Libertadores.

RESUMEN

El calentamiento global, el agujero de la capa de ozono y la contaminación generada por el hombre y otros vectores conexos han afectado notablemente la estructura físico-química de la atmósfera terrestre, uno de los factores que poco se han estudiado en Colombia son las mediciones del espesor óptico de los aerosoles o turbiedad atmosférica que se realizan con instrumentos denominados “Fotómetros solares” (OMM, 1978), el instrumento contiene un filtro de interferencia de banda estrecha y un detector fotovoltaico, por lo general un fotodiodo de silicio (OMM 1978).

Si bien la medición del espesor óptico con fotómetros solares es básicamente sencilla, numerosas mediciones realizadas en el pasado han arrojado buenos resultados y las variaciones en respuesta del instrumento se atribuyen a la rápida evolución de los factores de transmisión de los filtros y las características de los detectores que van siendo mejorados con las nuevas tecnologías. (Rangel E. 1985).

Por la compleja tecnología de los fotómetros solares su construcción es limitada a fabricantes con especializada tecnología y los precios de mercado son muy costosos por lo cual es limitada la adquisición especialmente por los países denominados “en vía de desarrollo” como el caso de Colombia que ninguna institución dispone de uno de ellos, ni siquiera el IDEAM entidad representante de Colombia ante la Organización Meteorológica Mundial OMM.

En ausencia de fotómetros solares, investigadores científicos han desarrollado modelos matemáticos para cálculo de la turbiedad atmosférica utilizando pirheliómetros de banda ancha en condiciones de cielos despejados (sin nubes) y lo ha experimentado obteniendo muy buenos resultados al compararlos con datos medidos con solfotómetros. (IQBAL, 1986).

Los aerosoles, son pequeñas partículas sólidas o líquidas suspendidas en la atmósfera, producidas por la actividad humana y también generadas en forma natural como erosión eólica y erupciones volcánicas. Los aerosoles atmosféricos, tienen un papel importante en lo referente a la influencia sobre el clima y sus efectos dependen tanto del tamaño de las partículas del aerosol, como de su naturaleza química (CASELLI, 1992). Su presencia conduce generalmente a un enfriamiento la superficie de la tierra y de la baja atmósfera, dado que los aerosoles tienden a reflejar la radiación solar entrante nuevamente al hacia el espacio.

Los aerosoles tienen también importancia, por la influencia que ejercen sobre el clima, dado que proveen los núcleos necesarios para el proceso de condensación de las nubes, La turbiedad se mide con una escala de valores que está entre 0 y 4. Cuando la atmósfera es limpia registra 1 o 2 como máximo, una atmósfera turbia es 3 y más de 3 es una atmósfera muy turbia; es decir con mucha carga de aerosoles (Iqbal 1986), para el caso de Colombia se han hecho estudios experimentales que demuestran la efectividad de la modelación físico-matemática, los primeros estudios se hicieron en Bogotá en la Universidad Manuela Beltrán a partir del compromiso de Colombia con la OMM como miembro de la misma y el programa VAG (Vigilancia Atmosférica Global)

Tabla 1: Escala comparativa entre países con atmósferas turbias

ATMÓSFERA	β	α	VISIBILIDAD (km)
Limpia	0,00	1,30	340
Clara	0,10	1,30	28
Turbia	0,20	1,30	11
Muy turbia	0,40	1,30	< 5

Fuente: <http://www.igc.up.ac.pa/labfisat/aerosoles.htm>

Tabla 2: Escala comparativa entre países con atmósferas turbias

CIUDAD	β	Atmósfera
MEXICO D.F	0.40	Muy turbia
BOGOTÁ D.F	0.40	Muy turbia
SANTIAGO	0.38	Turbia
SAO PABLO	0.36	Turbia
BUENOS AIRES	0.30	Turbia

Fuente: <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-213861.html>

Gráfico 1: Atmósfera turbia de la ciudad de Bogotá



Fuente: Los Autores

La investigación pretende proponer un nuevo modelo de cálculo físico-matemático que calcule de forma indirecta el coeficiente de Turbiedad Atmosférica β con los datos de radiación solar en todo el espectro de la banda solar, apoyado de otros indicadores meteorológicos como la humedad relativa, la velocidad del viento y la pluviosidad, el modelo se construye bajo la condición de que los datos deben ser tomados en días despejados que se miden en estaciones meteorológicas instaladas la zona metropolitana y periférica de la ciudad de Manizales.

ABSTRAC

Global warming , the hole in the ozone layer and pollution generated by humans and related vectors have significantly affected the physical chemistry of the Earth's atmosphere , one of the factors that have been little studied in Colombia structure are the measurements tions of the optical thickness of aerosols or atmospheric turbidity are performed with instruments called " solar Photometer " (WMO , 1978) , the instrument contains an interference filter narrowband and a photovoltaic detector , usually a silicon photodiode (WMO 1978).

While measuring the optical thickness with sun photometers is basically simple, numerous measurements in the past have yielded good results and variations in instrument response to the rapid evolution of the transmission factors of the filters and the characteristics attributed detectors that are being upgraded with new technologies. (E. Rangel 1985).

What's complex technology sunphotometers construction is limited to manufacturers with specialized technology and market prices are very expensive so it is limited acquisition especially by so-called countries "developing " as the case of Colombia that no institution has one, not even the IDEAM entity representative of Colombia to the World Meteorological Organization WMO.

In the absence of solar, scientific researchers photometers mathematicians have developed models for calculation of atmospheric turbidity using broadband pyrhelimeters conditions clear skies (no clouds) and have experienced very good results when compared to measured data solfotómetros. (Iqbal, 1986).

Aerosols are small solid or liquid particles suspended in the atmosphere, produced by human activities and naturally generated as wind erosion and volcanic eruptions. Atmospheric aerosols play an important role with regard to the influence on climate and its effects depend on both the size of the aerosol particles, and its chemical nature (CASELLI, 1992). Their presence usually leads to a cooling of the earth's surface and lower atmosphere, as aerosols tend to reflect incoming solar radiation back into space.

Aerosols are also important for their influence on climate, as they provide the nuclei necessary for the process of cloud condensation. Turbidity is measured on a scale of values between 0 and 4. When the atmosphere is clean records 1 to 2 at most, a cloudy atmosphere is 3 and 3 is a very murky atmosphere that is heavily loaded aerosol (Iqbal 1986), for the case of Colombia have been experimental studies demonstrating the effectiveness of physical-mathematical modeling, the first studies were made in Bogotá Manuela Beltrán University in collaboration with WMO as a member of the same and the GAW program (Global Atmospheric Watch).

Image 1: Murky atmosphere of Bogotá



Source: the authors

Table 1: Comparative scale between countries with murky atmospheres

ATMÓSFERA	β	α	VISIBILIDAD (km)
Limpia	0,00	1,30	340
Clara	0,10	1,30	28
Turbia	0,20	1,30	11
Muy turbia	0,40	1,30	< 5

Tablet2: Comparative scale between countries with murky atmospheres

CIUDAD	β	Atmósfera
MEXICO D.F	0.40	Muy turbia
BOGOTÁ D.F	0.40	Muy turbia
SANTIAGO	0.38	Turbia
SAO PABLO	0.36	Turbia
BUENOS AIRES	0.30	Turbia

SOURCE: <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-213861.html>

The research aims to propose a new physical-mathematical model that calculates indirectly Atmospheric turbidity coefficient β with information on solar radiation throughout the solar spectrum band, supported other weather indicators as relative humidity, speed wind and rainfall, the model is constructed under the condition of that data must be taken on clear days measured in meteorological stations installed and peripheral metropolitan area of the city of Manizales.

Palabras claves: Irradiancia solar, Vigilancia Atmosférica Global, Turbiedad Atmosférica variables astronómicas.

INTRODUCCIÓN

Los cambios que experimenta el medio ambiente atmosférico, afectan la salud humana, uno de los factores poco estudiados en nuestro país es la turbiedad atmosférica, para lograr identificar y valorar la contaminación de la atmosfera en relación con sus componentes la Organización Meteorológico Mundial (OMM) crea en 1989 el programa de Vigilancia Atmosférica Global (VAG) que ha sido designada para integrar los programas globales y regionales de investigación de las tendencias a largo plazo de los constituyentes atmosféricos y al mismo tiempo un sistema de avisos tempranos sobre cambios en la atmósfera, entorno que hace posible la vida del planeta tierra (WMO/TD-NO 553). La vigilancia de la atmósfera global, controla normalmente los gases de efecto invernadero, la capa de ozono, el transporte de largo alcance de contaminantes, incluyendo la acidez, la toxicidad de la lluvia y los niveles atmosféricos de los aerosoles.

A nivel nacional el Grupo de Trabajo Académico en Ingeniería Hidráulica y Ambiental, del Instituto de Estudios Ambientales - IDEA - Sede Manizales de la Universidad Nacional de Colombia, ha venido trabajando desde el año 2003, en el montaje y manejo de datos de varias estaciones meteorológicas y ahora Manizales ya cuenta - para fines investigativos, académicos, de diseño, de planificación y de prevención con seis (6) de estas estaciones:

En el Relleno Sanitario La Esmeralda, de EMAS, instalada por esa empresa hace unos seis años para fines de operación segura del relleno y el cumplimiento de normas ambientales. Otra, en el Centro de Desarrollo Comunitario y Cultural del barrio El Carmen, asociada al proyecto de OBSERVATORIOS AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO URBANO

SOSTENIBLE (Universidad Nacional, IDEA Sede Manizales - CEPAL - Alcaldía Municipal) y al soporte de indicadores de calidad de vida y ambiente sano.

Una tercera, en la Universidad Nacional (terraza del edificio de Posgrados), de su propiedad y también asociada al proyecto anteriormente mencionado.

Más recientemente se instalaron otras dos estaciones; una de ellas ubicada en el Observatorio Vulcanológico y Sismológico Centro Operativo Manizales - INGEOMINAS en Chipre y la otra en la Universidad Nacional de Colombia - Campus La Nubia, en el laboratorio de electrónica, pertenecientes al proyecto Diseño e Instalación de una Red de Estaciones Meteorológicas para evaluar la Amenaza Hídrica en Manizales, que financió la Oficina para la Prevención y Atención de Desastres de la Alcaldía de Manizales, OMPAD

Por último, se instaló una sexta estación en la Biblioteca Ambiental del Eco parque Los Yarumos con recursos del proyecto OBSERVATORIOS AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO URBANO SOSTENIBLE (Universidad Nacional, IDEA Sede Manizales - CEPAL - Alcaldía Municipal).

Cada una de las estaciones tiene información en tiempo real, sobre temperatura, humedad, precipitación, velocidad del viento y **radiación solar**, (El resalto es nuestro) con la hora y fecha de la última transmisión de datos, los cuales se pueden actualizar constantemente. A estos datos se puede tener acceso a través de la página Web del Instituto de Estudios Ambientales (<http://idea.manizales.unal.edu.co/Clima/index.asp>).

De esta forma, Manizales se ha convertido en una de las dos o tres ciudades de Colombia que cuentan en la actualidad con una red así. Con una red de estas características, donde se garantice su operación continua y sistemática, se tendrá una información histórica abundante y definitiva para la investigación, diseño, planificación y prevención.

Pero además, si esta información procesada y analizada se divulga y se pone al servicio de las comunidades se estará generando entre otras cosas una cultura de la información histórica cuantitativa que nos permita conocer mejor nuestro entorno geográfico y ambiental.

Con la disponibilidad de la información solarimétrica, de las estaciones y las medidas directas de radiación directa con el pirheliómetro calibrado con la referencia mundial de radiación solar en el Instituto de Geofísica de la Universidad Autónoma de México (Certificado disponible) se determinarán modelos de correlación con los datos de radiación solar medidos en la red de estaciones, para definir el nuevo modelo que se quiere proponer.

Se abordó este tema de investigación como trabajo de grado de la maestría, para proponer un método físico-matemático con el cual se calcule de forma indirecta el coeficiente de Turbiedad Atmosférica β con los datos de radiación solar, difusa y demás variables meteorológicas que se miden en estaciones meteorológicas instaladas la zona metropolitana y periférica de la ciudad de Manizales, entre ellas las instaladas por la Universidad Nacional en la parte urbana de la ciudad y la estación de investigación en Agro meteorología de la Federación de Cafeteros instalada en la granja Arturo Mejía en el municipio de Chinchiná - Caldas por presentar el mayor número de variables meteorológicas que se miden en toda la región.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	4
ABSTRAC	8
INTRODUCCIÓN	12
1.1 Título del trabajo	20
1.2 Problema de investigación.....	20
1.3 Antecedentes investigativos.....	22
1.4 Justificación	23
1.5 Objetivos	28
1.5.1 Objetivo General.....	28
1.6.2 Objetivo Específico	28
II MARCO TEÓRICO.....	30
2.1 Aire limpio y aire contaminado	30
2.2 Ecuación de transferencia de la radiación solar en su paso por la atmósfera.....	31
2.3 Modelo de ångström para cálculo del coeficiente (β) de turbiedad atmosférica.....	31
2.4 Masa Atmosférica (m)	34
2.4.1 Masa Óptica Actual (m_{act}).....	34
La masa presente en la atmósfera m_{act} de una sustancia en una columna de sección unitaria, se determina por el producto de su densidad ρ por la distancia recorrida S.	34
2.4.2 Masa Óptica Relativa (m_r)	34
2.4.3 Estimación teórica de irradiancia solar directa (I_n).....	35
2.4.4 Estimación teórica de la radiación solar global (RG).....	38
2.4.5 Componentes astronómicas y geométricas para cálculo de $\text{Sen } h$	38
2.4.6 Declinación solar δ	40
2.4.7 Angulo horario (ω)	40
2.4.8 Tiempo Solar Verdadero (TSV)	41
2.4.9 Ecuación del Tiempo (E_T)	42
2.4.10 Irradiancia Difusa (I_d)	43
2.5 LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS	44
2.5.1 Contaminantes primarios.....	45
2.5.2 Los aerosoles (Material Particulado o partículas)	46
2.5.3 Fuentes De Partículas	48
2.5.4 Composición Química De Las Partículas:.....	50

2.5.5 Tamaño De Las Partículas	53
2.5.6 Destino De Las Partículas Atmosféricas	54
2.5.7 Efectos De Las Partículas Sobre Las Plantas	56
2.5.8 Efectos De Las Partículas Sobre El Hombre	56
2.5.9 Efectos De Las Partículas Sobre La Visibilidad.....	60
III DISEÑO METODOLÓGICO	62
3.1 Población y muestra.....	62
3.2 Tipo de investigación	64
3.3 Diseño metodológico	64
3.4 Nuevo modelo físico-matemático	64
3.5 Los aerosoles y turbiedad atmosférica	67
3.6 ESTIMACIÓN TEÓRICA DE IRRADIANCIA SOLAR DIRECTA (I_n)	68
3.7 ESTIMACION TEORICA DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL (RG)	71
3.7.1 Irradiancia Difusa (I_d):	71
I DISEÑO TEÓRICO.....	74
3.4 Técnicas e instrumentos	74
3.4.1 Instrumentos de medida.....	74
IV ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	79
4.1 Resultados.....	79
4.2 Procedimiento de cálculo.....	80
4.3 Resultados.....	81
4.3.1 Resultados de los cálculos	84
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
5.1 Conclusiones	87
5.2 Recomendaciones	88
BIBLIOGRAFÍA.....	90
ANEXOS.....	99

ANEXO A	99
FUENTE: ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA CENICAFÉ-CHINCHINÁ	194
ANEXO B	195
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN INTERNACIONAL-MEXICO	195
ANEXO C	196
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN 'PMO6-PATRON MUNDIAL OMM.....	196
ANEXO D	199
NORMA ESTANDAR INTERNACIONAL ISO9846.....	199

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Escala comparativa entre países con atmósferas turbias.....	6
Tabla 2: Escala comparativa entre países con atmósferas turbias.....	6
Tabla 3: Red de estaciones Meteorológicas instaladas por el Instituto de Estudios Ambientales. IDEA.....	23
Tabla 4: Valoración anual de la ecuación del Tiempo.....	42
Tabla 5: Clasificación de las partículas.....	46
Tabla 6: Emisiones globales de partículas procedentes de fuentes naturales y antropogénicas.....	48
Tabla 7: Composición de las cenizas suspendidas en el aire (combustión del carbón).....	51
Tabla 8: Absorción Atmosférica de la Radiación Solar.....	66
Tabla 9: Consolidado de radiación global y difusa, estación Agromeorológica CENICAFÉ.....	72
Tabla 10: Clasificación de los coeficientes de Turbiedad Atmosférica β sugerida por Angstrom.....	78

Tabla 11: Los datos que se presentan han sido suministrados por la coordinación del grupo de trabajo de Agro meteorología de CENICAFÉ y corresponden a los datos del año 2010.....82

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Atmósfera turbia de la ciudad de Bogotá.....	7
Gráfico 2: Origen de la deducción matemática.....	38
Gráfica 3: Día sin carro Bogotá.....	60
Gráfica 4: Día normal en Bogotá.....	60
Gráfico 5: Atmósfera de Manizales.....	61
Gráfico 6: Localización de las estaciones meteorológicas instaladas la zona urbana de la ciudad de Manizales.....	62
Gráfico 7: Panorámica del Medio Ambiente Atmosférico del entorno de la Ciudad de Manizales y fumarola del volcán venado del Ruiz.....	62
Gráfico8: Pirheliómetro.....	73
Gráfico 9: Piranómetro PSP.....	74
Gráfica 10: Microvoltímetro, Termo-higrómetro y GPS.....	75
Gráfica 11: Componentes de un programa de calidad del aire que incluye los aerosoles atmosféricos.....	76
Gráfica 12: Relación de las variables y los instrumentos para el cálculo de la radiación Global.....	77
Gráfica13: Radiación global y difusa-Enero 1 de 2010 Estación CENICAFÉ.....	79
Gráfico 14: Relación de las variables y los instrumentos para el cálculo de la Radiación Global.....	81

Gráfica 15: Radiación Global y Difusa medidas simultáneamente en la estación de CENICAFÉ durante el año 2010.....	84
Gráfica 16: Distribución de turbiedad atmosférica estación CENICAFÉ a lo largo del 2010.....	85
Gráfica 17: Distribución del coeficiente de Turbiedad β durante el año para la zona de estudio.....	85

I DISEÑO METODOLÓGICO

1.1 Título del trabajo

Diseño un nuevo método de cálculo para determinar el coeficiente de turbiedad atmosférica “ β ” aplicando la ecuación de transferencia de radiación en todo el ancho del espectro solar para la zona metropolitana de la ciudad de Manizales.

1.2 Problema de investigación

La Ciudad de Manizales se encuentra localizada en zona montañosa de la cordillera central Ciudad privilegiada en diversidad de ecosistemas y recursos naturales, sin embargo su medio ambiente atmosférico particularmente la calidad del aire se encuentra en riesgo permanente por su cercanía al parqué de nevados, siendo el volcán nevado de Ruiz el de mayor impacto ambiental por sus erupciones con alguna frecuencia, cuyas cenizas volcánicas de una u otra forma pueden llegar al sistema pulmonar de sus habitantes, de otra parte emisiones de material particulado proveniente de fuentes fijas por actividades industriales, de extracción minera y de fuentes móviles por el transporte urbano e intermunicipal que cubren la demanda por movilidad va acrecentado paulatinamente emisiones de aerosoles a la atmósfera, con sus debidos nocivos impactos sobre salud humana, animal y a los diferentes ecosistemas. De otra parte las autoridades locales y educativas, desde hace varios años han instalado varias estaciones meteorológicas cuya información de comportamiento atmosférico, sea propicio para la gestión en prevención de desastres naturales.

En Colombia aún no hay instaladas estaciones con los instrumentos adecuados para medir de forma directa la Turbiedad Atmosférica, a pesar de Colombia es país miembro de la Organización Meteorológica Mundial OMM y que esta desde 1989 estableció un programa mundial de Vigilancia Atmosférica Global (VAG) y entre las variables ambientales a medir incluye la Turbiedad Atmosférica y ha solicitado a todos sus países miembros, establecer esos programas de medida en sus redes de estaciones nacionales. Este trabajo aborda el tema de derivar un modelo Físico-matemático que utilice las variables radiométricas solares y meteorológicas que se miden en las estaciones instaladas a nivel nacional. Investigadores Internacionales han utilizado modelos que utilizan medidas de Radiación solar directa en todo el ancho del espectro solar” y han logrado excelentes resultados.

Este trabajo pretende derivar otro modelo que utilice la Radiación solar global, difusa y demás variables meteorológicas medidas en las estaciones para calcular el Coeficiente β Turbiedad Atmosférica. En tales condiciones surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Con que variables radiométricas solares y meteorológicas se puede definir un modelo físico matemático que calcule de forma indirecta el coeficiente de Turbiedad Atmosférica β , que exprese la carga de aerosoles suspendidos en columna vertical de la atmósfera y que sean un complemento a la gestión de riesgo en salud humana y de impacto ambiental atmosférico sobre los ecosistemas naturales de la Zona Metropolitana y periférica de la ciudad de Manizales?

1.3 Antecedentes investigativos

La Organización Meteorológica Mundial OMM estableció desde de década de 1950 una red de estaciones, con dos programas bien específicos de medida: la química de la precipitación y la Turbiedad atmosférica, denominada red: BAPMON (Background Air Pollution Monitoring Network) en Colombia por la década de los 80 el Instituto de Hidrología; Meteorología y Ade-cuación de Tierras (HIMAT), recibió de la OMM un Solfotómetro para mediar Turbiedad At-mosférica y un Pluviómetro específico para recolección a aguas lluvias para realizar la química de la precipitación y se instalaron en la estación meteorológica en Gaviotas Vichada pero su fun-cionamiento fue muy corto por que los equipos por falta de mantenimiento especializado queda-ron fuera de servicio y los datos fueron muy escasos.

En 1989 y a consecuencia de la aparición del agujero de la capa de ozono en el polo sur, confirmado en 1987, la OMM constituyo el Programa de Vigilancia Atmosférica Global (VAG), la cual amplía el programa BAPMON con nuevas variables a medir, gases con efecto invernade-ro: CO₂, CH₄, NO_x, SO_x, Radiación Ultravioleta, Columna total de ozono, Radiación Solar Di-recta, Global y Difusa. (OMM, 1989). Desafortunadamente hasta la fecha Colombia no dispone de ese tipo de estaciones, no obstante que Colombia es país miembro de la OMM y tampoco ninguna Institución dispone de un Solfotómetro para medir Turbiedad Atmosférica, lo bueno es que si se han implementado estaciones de calidad del aire, en las que se incluyen las seis estacio-nes que la Universidad Nacional por medio del Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) ha instalado en la zona urbana de Manizales.

Por el alto costo de los solfotómetros, investigadores científicos han elaborado modelos matemáticos para determinar Turbiedad Atmosférica con datos de radiación solar directa medidas con Pirheliómetros de banda ancha, entre ellos Iqbal, M. 1983 Toronto Canadá, Wright J. 1990 Universidad de Costa Rica, Amilkar Fasulo Universidad de San Luis Argentina, 1998 y José V. Bosca, España quien propuso un nuevo modelo con datos de radiación global y difusa medidas simultáneamente. En Colombia un trabajo de Ovidio Simbaqueva presentado en el XII congreso Iberoamericano de Energía Solar en Vigo España en 2008.

1.4 Justificación

En el marco de la justificación del proyecto se contemplan impactos: a nivel local, nacional y mundial; a nivel local no se conocen estudios de aerosoles atmosféricos ni los sectores primarios de emisión, ni estudios de impacto sobre la salud humana, y en las condiciones actuales por las iniciativas de las autoridades locales e instituciones educativas como el Instituto de Estudios Ambientales que han constituido una red de estaciones meteorológicas que aporte información histórica abundante y definitiva para investigación, diseño, planificación de mecanismos de protección a la población humana por desastres naturales, entre ellos la contaminación atmosférica.

La federación de Cafeteros dispone en la Granja Arturo Mejía de Investigación del cultivo de café en Colombia, localizada en el Municipio de Chinchiná Caldas. En ella se mide secuencialmente Radiación Solar Global y difusa con instrumentos de alta precisión y demás variables meteorológicas, con las cuales se puede derivar el Modelo Físico-Matemático que pretende este trabajo.

En la imagen siguiente se presentan los datos que reporta la Universidad Nacional sobre la instalación de las estaciones meteorológicas en la zona urbana de la Ciudad.

Tabla 3: Red de estaciones Meteorológicas instaladas por el Instituto de Estudios Ambientales.

IDEA

INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES
IDEA

ESTACIONES METEOROLÓGICAS - IDEA

Datos meteorológicos en tiempo real registrados por las estaciones ubicadas en diferentes puntos de la ciudad de Manizales.

Estación	Temperatura	Última Transmisión	Estado	Clima
Serie El Carmen	19,44 °C	24/1/2005 8:59:39	Otros datos	
Serie La Esca	22,66 °C	24/1/2005 8:59:43	Otros datos	
Serie Chapre (Ingeniería)	24,85 °C	24/1/2005 8:59:47	Otros datos	
Empresa Metropolitana de Aseo - EPMAS	26,77 °C	24/1/2005 8:59:55	Otros datos	

Fuente: Página Web de la Universidad Nacional

Estación Agro meteorológica de la Federación Nacional de Cafeteros instalada en la Granja Arturo Mejía en el municipio de Chinchiná Caldas a pocos kilómetros de la Zona Urbana de Manizales y que desde el contexto atmosférico cubre el ambiente meteorológico de la Ciudad de Manizales.

En este aspecto el proyecto de investigaciones que se propone se constituye en el complemento justo y oportuno para el conocimiento completo de los elementos contaminantes que están

ocasionando impacto sobre la población de la ciudad. En este sentido la Universidad de Manizales, específicamente el programa de Maestría aportará un nuevo modelo de evaluación del medio ambiente, no solo a nivel local sino nacional y este modelo puede extenderlo para que otras ciudades del país se beneficien de él.

A nivel internacional, Colombia estaría dando un excelente paso en cumplimiento a sus compromisos internacionales, como se argumenta a continuación:

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, reconoce que los cambios del Clima de la Tierra y sus efectos adversos son una preocupación común de toda la humanidad, porque las actividades humanas han ido aumentando sustancialmente las concentraciones de gases de efecto invernadero, en la atmósfera, y porque ese aumento intensifica el efecto invernadero natural, lo cual dará como resultado, en promedio, un calentamiento adicional de la superficie y la atmósfera de la Tierra y puede afectar adversamente a los ecosistemas naturales y a la humanidad.

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por su sigla en inglés), genera periódicamente informes con la información científica actualizada sobre el cambio climático. El Tercer Reporte de Evaluación presentado en 2001, en el cual se señala de manera inequívoca que el mundo se está calentado y el clima está cambiando.

El promedio global de la temperatura de la superficie de la Tierra ha aumentado en 0.6 °C y globalmente la década de 1990 fue la más caliente desde 1861. Así mismo, los patrones de precipita-

ción han cambiado, con más lluvia en las latitudes medias y altas, y menos lluvia en los subtropicos; la cobertura de nieves y hielo ha disminuido en casi todo el mundo y el nivel del mar ha subido entre 10 y 20 cm (IPCC, 2001).

El IPCC sostiene que la concentración de CO₂ en atmósfera se ha incrementado aproximadamente en un 31% entre 1750 y 1999. Tres cuartas partes del CO₂ provienen de la combustión de carbón, petróleo y sus derivados y gas natural, usados en la generación de energía y calor en los diferentes sectores productivos.

La Organización Meteorológica Mundial OMM manifiesta que “Una de las actividades principales de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales consiste en vigilar los cambios a largo plazo de los gases atmosféricos de efecto invernadero, la radiación ultravioleta, los aerosoles y el ozono, y evaluar sus consecuencias en los seres humanos, el clima, la calidad del aire y el agua, y los ecosistemas marinos y terrestres. Otra actividad importante es vigilar el transporte por aire y por agua de las partículas peligrosas que surgen a raíz de una explosión volcánica o un accidente industrial. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) utiliza los datos de observación de la OMM en sus evaluaciones del cambio climático, de sus posibles efectos y de las opciones de adaptación y atenuación de esos efectos”.

(www.wmo.int)

La medición, evaluación y control de la calidad del aire atmosférico es una actividad imperativa no solo para los organismos gubernamentales encargados de vigilar y prevenir desastres relacionados con la salud de los ciudadanos, especialmente en las ciudades, sino de los académi-

cos, quienes deben investigar métodos más precisos, funcionales y económicos para conocer las diferentes variables involucradas en la definición de la calidad del aire.

Uno de los parámetros determinantes de la calidad del aire es la concentración de aerosoles contenida en el mismo. Dentro de las diferentes especies químicas suspendidas en el aire, denominadas aerosoles, existen unas que, evidentemente, son nocivas para la salud de los organismos vivos en general, y para la humana en particular; otras que, además generan problemas transitorios de visibilidad, otras que contribuyen al oscurecimiento global, otras que causan deterioro y suciedad en las superficies, y en fin, una serie larga de problemas; además los aerosoles participan en los fenómenos de la microfísica de las nubes, en la separación de cargas eléctricas en la atmósfera y en los balances energéticos, entre otros (*Wallace y Hobbs, 1977*).

Existen varias formas de determinar o estimar la cantidad de aerosoles, en cuyo origen interviene de manera importante la actividad antropogénica. Una de ellas se fundamenta en el comportamiento de la radiación solar que finalmente logra llegar a la superficie terrestre luego de atravesar la atmósfera. En su viaje por la atmósfera, la radiación solar es atenuada por dos procesos interactivos, absorción y dispersión, que se presentan con los constituyentes atmosféricos, (*Polo y otros, 2008*). Los dos procesos pueden involucrarse en la llamada ley de Bouguer-Lambert-Beer y tratarse matemáticamente de manera espectral e independiente. Dicha ley, aunque no es estrictamente válida para los procesos de absorción selectiva en la atmósfera, es la más utilizada (*Molineaux, Ineichen y Delaunay, 1995*).

Hasta el presente en Colombia no se han realizado mediciones sistemáticas de la cantidad de aerosoles presentes en la atmósfera, a pesar de ser uno de sus componentes fundamentales. Su

importancia se manifiesta claramente si consideramos que los aerosoles son uno de los principales factores que participan en el balance energético de la radiación solar que llega a la superficie de la tierra y pueden afectar directamente al clima, además del hecho que los aerosoles contienen sustancias cancerígenas y las partículas de mayor tamaño se asocian con afecciones respiratorias como asma [25].

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar y aplicar de un nuevo método y protocolo de cálculo, para valorar la contaminación atmosférica, por carga de aerosoles suspendidos en la atmósfera, sobre zona metropolitana de la Ciudad de Manizales, con datos de las variables solarimétricas y de vigilancia atmosférica que se miden rutinariamente en la red de estaciones climatológicas, del IDEAM y de las instaladas por Instituciones locales, para la gestión de riesgo por desastres naturales, relacionados con eventos climáticos y ajustarlo a los valores del coeficiente de Turbiedad Atmosférica β de Angstrom, que se determinen con medidas de radiación solar directa en todo el ancho del espectro solar, que se medirán con un Pirheliómetro que dispone de calibración internacional realizada en la Universidad Autónoma de México.

1.6.2 Objetivo Específico

- Recopilar y filtrar los datos de radiación solar, horas de brillo solar, humedad y temperatura del aire, que correspondan a días despejados (sin nubes) del período de registros de datos de medidas en las estaciones climatológicas de la zona urbana y periférica de la ciudad,

- Seleccionar los datos de radiación solar global y difusa que se miden secuencialmente en las estaciones, para con ellos definir las ecuaciones matemáticas que permitan calcular la Turbiedad Atmosférica para el momento de máxima radiación solar durante en el día.
- Recopilar y aplicar las ecuaciones físico-matemáticas para el cálculo del coeficiente β de Turbiedad Atmosférica de Angstrom con los datos meteorológicos de la estación seleccionada.

II MARCO TEÓRICO

Se presentan en orden cada uno de los fundamentos teóricos de los modelos matemáticos, relacionados con la atenuación de la radiación solar en su paso por la atmósfera, para cada uno de los principales constituyentes de la atmósfera: moléculas de aire, columna total de ozono, Vapor de agua, gases uniformemente mezclados y el aerosol atmosférico. Seguidamente la descripción de las fuentes de emisión que originan los aerosoles por fuentes fijas y fuentes móviles. Finalmente las bases matemáticas de correlación de variables climáticas para generar el nuevo modelo de cálculo de Turbiedad atmosférica con los datos radiométricos que se miden en las estaciones instaladas en la Ciudad.

2.1 Aire limpio y aire contaminado

El aire limpio está compuesto principalmente por nitrógeno y oxígeno, en pequeñas proporciones se puede encontrar vapor de agua y dióxido de carbono. La contaminación del aire, proviene de la adición de sustancias emitidas a la atmósfera que causan un desequilibrio en la composición original. El aire contaminado contiene gases, polvos, olores y humos en grandes cantidades que dañan la salud de las personas, animales y plantas. Además deteriora la infraestructura urbana y algunos materiales de uso cotidiano. (IQBAL, 1986)

Existen dos tipos de contaminantes:

- Los que son arrojados directamente a la atmósfera como resultado de un proceso de combustión se llaman *contaminantes primarios*, estos son el dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), vapores de combustibles y solventes, plomo (Pb) y partículas suspendidas.
- Una vez en el aire, algunos contaminantes primarios reaccionan con otros compuestos y forman contaminantes de igual o mayor toxicidad, estos se denominan *contaminantes secundarios*, como el ozono (O₃), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y algunos tipos de partículas. (Lammann E. 1992)

2.2 Ecuación de transferencia de la radiación solar en su paso por la atmósfera

Cuando el rayo solar atraviesa la atmósfera, su energía es atenuada por las partículas constituyentes de la atmósfera que encuentra a su paso. La atenuación depende del tipo y número de moléculas que se encuentran en su trayectoria. El número de moléculas que el rayo golpea antes de llegar a la superficie terrestre es relacionado con la distancia recorrida en su paso por la atmósfera y se denomina masa atmosférica (**m**), que a su vez para efectos de cálculo de la atenuación de la energía de la radiación solar se adicionan los conceptos de masa óptica relativa (**m_r**), masa del aire (**m_a**) y masa Actual (**m_{act}**). (Iqbal, 1986)

2.3 Modelo de Ångström para cálculo del coeficiente (β) de turbiedad atmosférica

Una expresión analítica para la atenuación debida aerosoles fue propuesta por A. Ångström en la ecuación de turbidez, (A. Ångström [2]): de la forma

$$k_{a\lambda} = \beta \cdot \lambda^{-\alpha} \quad (1)$$

Donde β se le llama coeficiente de turbiedad, α se relaciona con la distribución del tamaño de las partículas del aerosol y λ la longitud de onda en micrómetros. El factor β varía de 0 a 0.5, y más que un simple coeficiente es un índice que representa la cantidad de aerosol presente en la atmósfera en la dirección vertical. Los valores de α están relacionados con el radio promedio de las partículas, variando de 4 a 0; cuando las partículas en suspensión son muy pequeñas, como las partículas de aire, α debería aproximarse a 4, por el contrario se aproximan a 0 cuando las partículas son muy grandes. Generalmente, α tiene un valor entre 0.5 y 2.5; comúnmente se emplea un valor de 1.3 como lo sugiere el propio Ångström

Matemáticamente la atenuación de la radiación solar puede expresarse en términos de los efectos de absorción y dispersión de los componentes atmosféricos responsables a través de la ley de Bouguer, llamada también ley de Lambert-Beer. En esta ley, la atenuación de la radiación es directamente proporcional al camino recorrido por la radiación en su paso por la Atmósfera (Iqbal [3]). De esta forma la irradiancia solar directa a una longitud de onda λ , que llega a la superficie terrestre es:

$$I_{n\lambda} = I_{on\lambda} e^{-k_{\lambda}m} \quad (2)$$

Donde:

$I_{n\lambda}$ es la irradiancia solar directa que incide en la superficie después de atravesar la atmósfera.

$I_{on\lambda}$ es la irradiancia solar extraterrestre a la longitud de onda, λ

k_{λ} es el coeficiente de atenuación o extinción de la radiación a la misma longitud de onda.

m es el camino óptico o masa óptica atravesada por la radiación en su camino por la atmósfera.

La atmósfera está constituida por varios componentes, es entonces necesario calcular el coeficiente de atenuación y la masa óptica debidos a cada proceso simple de atenuación por los componentes atmosféricos principales:

$$k_{\lambda}m = k_{r\lambda}m_r + k_{o\lambda}m_o + k_{w\lambda}m_w + k_{g\lambda}m_g + k_{a\lambda}m_a \quad (3)$$

En esta última expresión, se tiene en cuenta el comportamiento de la radiación en su paso por la atmósfera terrestre y se considera que todos los procesos son linealmente independientes (ocurren sin traslapamiento) para cada longitud de onda. Los principales procesos de atenuación están representados así: Coeficiente de dispersión de Rayleigh ($k_{r\lambda}$), que es atenuación de radiación debida a choques con partículas del orden de la longitud de onda de la radiación incidente; coeficiente de absorción de radiación debida al ozono ($k_{o\lambda}$), por la existencia en este compuesto en la atmósfera; coeficiente de la dispersión debida al vapor de agua ($k_{w\lambda}$), relacionada con la humedad relativa y la temperatura de la superficie; coeficiente de absorción debida a los gases uniformemente mezclados ($k_{g\lambda}$), cuya razón de mezcla permanece constante hasta 90 km aproximadamente y finalmente el coeficiente de dispersión por los aerosoles ($k_{a\lambda}$). Para cada coeficiente de atenuación se debe calcular la masa óptica correspondiente (m).

2.4 Masa Atmosférica (m)

2.4.1 Masa Óptica Actual (m_{act})

La masa presente en la atmósfera m_{act} de una sustancia en una columna de sección unitaria, se determina por el producto de su densidad ρ por la distancia recorrida S.

$$m_{act} = \int_0^{\infty} \rho ds \quad (4)$$

Donde, ds es el “la longitud del camino recorrido” del rayo de luz y ρ es la densidad de la sustancia a una distancia ds.

Cuando el sol está en el zenith, la altura de recorrido del elemento ds será igual a dz (distancia zenital), que es la integración a lo largo de la trayectoria atravesada por el rayo de radiación, desde el límite superior de la atmósfera hasta la superficie de la tierra en línea vertical, luego z es la distancia a lo largo de esa vertical.

$$m_{act} = \int_0^{\infty} \rho dz \quad (5)$$

2.4.2 Masa Óptica Relativa (m_r)

La masa óptica relativa m_r es definitiva como la tasa de relación entre la trayectoria oblicua en un momento del día, con el paso de la dirección vertical en dirección del zenit. Así que:

$$m_r = \int_0^{\infty} \rho ds / \int_0^{\infty} \rho dz \quad (6)$$

Como el rayo solar en su trayectoria por la atmósfera golpea no solo moléculas de aire sino también vapor de agua y aerosoles entonces la ecuación 1.17 se resuelve separadamente para cada sustancia. F Kasten resolvió esta ecuación utilizando la densidad del aire del perfil del modelo de la atmósfera ARDC de 1959 atmósfera Standard par los Estados Unidos.

$$m_r = \left[\cos \varphi_z + 0.15 (93.885 - \varphi_z)^{-1.253} \right]^{-1} \quad (7)$$

2.4.3 Estimación teórica de irradiancia solar directa (I_n)

La irradiancia solar directa en toda la banda del espectro solar se puede calcular teóricamente, por modelos a partir de diferentes variables meteorológicas y del contenido de aerosoles en condiciones de cielo despejado es decir sin nubes. Bird and Hulstrom [4] expresa la radiación solar directa (I_n) en función de las transmitancia de los principales constituyentes de la atmósfera.

$$I_n = 0.9751 E_0 I_{sc} \tau_r \tau_o \tau_g \tau_w \tau_a \quad (8)$$

Donde:

I_n = Radiación solar directa en toda La banda en W/m^2

0.9751 = Factor calculado debido intervalo ancho del espectro (0.3 – 3.0 μm), que indica que solamente llega un 97 % de radiación solar del total de toda la banda.

I_{sc} = Constante solar ($1367 W/m^2$)

E_o = Factor de corrección por excentricidad del giro de la tierra.

τ_r = Trasmítancia de radiación solar por dispersión de Rayleigh

τ_o = Trasmítancia de radiación solar por absorción del Ozono.

τ_g = Trasmítancia de radiación solar por gases uniformemente mezclados.

τ_w = Trasmítancia de radiación solar por vapor de agua.

τ_a = Trasmítancia de radiación solar por presencia de aerosoles.

Factor de corrección por excentricidad del giro de la tierra E_o se determina por la ecuación de Spencer: (**Spencer J. W.**, [4]).

$$E_o = (R_o/R) = 1,00011 + 0,034221 \cos \alpha + 0,00128 \sin \alpha + 0,000719 \cos 2\alpha + 0,000077 \sin 2\alpha \quad (9)$$

Donde: α , es la posición angular de la tierra en su giro alrededor del sol para cualquier día del año, se determina así: $\alpha = 2\pi (dn - 1) / 365$, el dn es el día juliano del año.

R_o = Distancia promedio tierra – sol (1 U.A),

R = Distancia tierra sol para cualquier día del año.

τ_r Trasmítancia de la radiación debida a la dispersión de Rayleigh. (Iqbal [3]).

$$\tau_r = \text{Exp} [-0.0903 (m_a)^{0.84} (1.0 + (m_a)^{1.01})] \quad (10)$$

(m_a) Es la masa de aire modificada a la presión de la estación a cualquier altura sobre el nivel del mar, y se determina con la siguiente igualdad:

$$m_a = m_r (P / 1013.25) \quad (11)$$

m_r es la masa de aire relativa en función de la elevación solar, se determina por la siguiente igualdad:

$$m_r = [\text{Cos}\theta + 0.50572 (96.07995 - \theta)^{-1.6364}]^{-1} \quad (12)$$

Donde θ es el ángulo cenital.

τ_o transmitancia de la radiación debido a la absorción por el ozono

$$\tau_o = 1 - [0.1611 U_3 (1 + 139.48 U_3)^{-0.3035} - 0.002715 U_3 (1 + 0.044 U_3 + 0.0003 U_3^2)^{-1}] \quad (2.4.3.5)$$

Donde:

$$U_3 = \frac{\Omega}{1000} \cdot m_r \quad (13)$$

Donde Ω es la columna total de ozono

τ_g Transmitancia debida a la absorción por gases uniformemente mezclados

$$\tau_g = e^{(-0.0127 m_a^{0.26})} \quad (14)$$

τ_w Transmitancia debida a la absorción por el vapor de agua

$$\tau_w = 1 - .4959 U_1 [(1 - 79.034 U_1)^{0.6828} + 6.385 U_1]^{-1} \quad (15)$$

Donde:

$$U_1 = w \cdot m_r \quad (16)$$

τ_a **Transmitancia de radiación debida a la atenuación por los aerosoles**

$$\tau_a = [(0.12445 \alpha - 0.0162) + (1.003 - 0.125 \alpha)] e^{-\beta m_a (1.089 \alpha + 0.5123)} \quad (17)$$

Donde β es el coeficiente de turbiedad atmosférica y se encuentra en el rango de 0.0 a 0.5 y α es el coeficiente del tamaño de las partículas del aerosol.

2.4.4 Estimación teórica de la radiación solar global (RG)

La irradiancia solar global (RG) se determina por las componentes directa y difusa que inciden sobre una superficie horizontal así:

$$RG = I_n \text{ Sen } h + I_d \quad (18)$$

Donde I_n es la irradiancia directa, $\text{Sen } h$ corresponde a la altura del sobre el horizonte al momento de la medida, I_d es la irradiancia difusa para todo el ancho de banda y se determina por tres contribuciones de dispersiones de la radiación solar en su paso por la atmósfera, la dispersión por aerosoles (I_{da}), dispersión de Rayleigh (I_{dr}) y la difusa debida a múltiple reflexiones entre la superficie de la tierra y la atmósfera (I_{dm}).

2.4.5 Componentes astronómicas y geométricas para cálculo de Sen h.

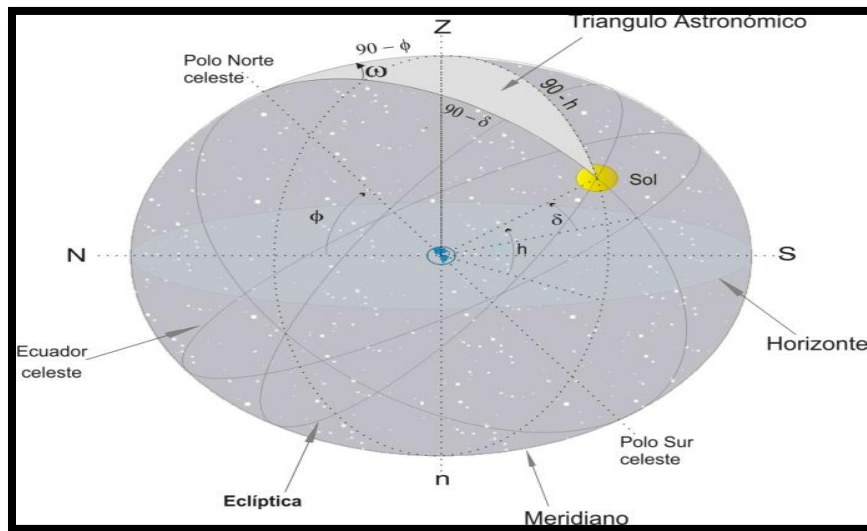
La función seno h de la ecuación 15, se deduce del denominado triángulo astronómico que se forma en la esfera celeste, por las intersecciones de los círculos máximos de la declinación del sol (δ), el meridiano de la longitud geográfica del lugar de medidas y la trayectoria aparente del sol durante el día. (Ver fig. 3)

La función senh se obtiene con aplicación del teorema de coseno de un triángulo esférico.

$$\text{Sen } h = \text{Sen } \Phi \text{ Sen } \delta + \text{Cos } \Phi \text{ Cos } \delta \text{ Cos } \omega \quad (19)$$

Donde: θ es latitud del lugar, φ es la declinación del sol para el día de medidas y W es el ángulo horario para el momento de medida. En la siguiente figura No 3 se indica el origen de la deducción matemática.

Gráfico 2: Origen de la deducción matemática



Fuente: IDEAM – UPME Atlas de Radiación Solar 2006

Figura No 3 El Triángulo Astronómico

W = Ángulo horario.

O = Punto del observador

Polo Norte – Sol - Polo Sur = Círculo Horario

Polo Norte -Z- Polo Sur = Meridiano del lugar

n = Nadir

φ = Latitud

Variables astronómicas que se definen en el siguiente numeral

2.4.6 Declinación solar δ

Se define declinación solar, al ángulo que se forma en el centro de la tierra por la intersección de la línea de trayectoria del rayo solar y la línea del ecuador terrestre. Los valores diarios de la declinación solar pueden calcularse mediante otra fórmula obtenida por Spencer¹, con un error máximo de 0,0006 rad.

$$\delta = (0,006918 - 0,399912\text{Cos}\alpha + 0,070257\text{Sen}\alpha - 0,006758\text{Cos } 2\alpha + 0,00097\text{Sen}2\alpha - 0,002697\text{Cos}3\alpha + 0,00148 \text{ Sen}3\alpha) (180/\pi). \quad (20)$$

Siendo α :

$$\alpha = 2\pi (d_n - 1) / 365 \quad (\text{posición angular de giro de la tierra alrededor del sol})$$

d_n = día del año juliano. Valor numérico del día consecutivo del año desde 1 el primero de enero hasta 365 el 31 de diciembre...

2.4.7 Angulo horario (ω)

Es el ángulo formado en la esfera celeste en la intersección en el polo norte, entre el círculo máximo del meridiano del lugar que se traza imaginariamente entre el polo norte y polo sur y pasa verticalmente sobre el sitio de medida y el círculo máximo del meridiano que describe la trayectoria del sol en ese momento.

La precisión con que se calcula el ángulo horario, depende de la exactitud con que se determine el paso del sol sobre el lugar de observación, en el momento que se esté midiendo la intensidad de la radiación solar y para esto es necesario conocer la hora real del paso del sol, que es diferente de la hora local del país, porque la hora del país se mide con respecto a un meridiano de

referencia que para Colombia es el meridiano 75, por esto se define Tiempo Solar Verdadero (TSV) y Tiempo Solar Medio (TSM). El ángulo horario (W) se calcula en magnitud tiempo a partir del medio día solar así:

$$W = 12 - TSV \quad (21)$$

Donde TSV es el tiempo solar verdadero en el momento de la medida de radiación solar.

2.4.8 Tiempo Solar Verdadero (TSV)

El tiempo solar verdadero (TSV) o LAT (local apparent time, en ingles) es el tiempo real que determina el sol a su paso sobre un meridiano y lo define el ángulo horario (W) medido a partir del mediodía.

El tiempo solar no coincide con el tiempo local. Por lo tanto es necesario corregir el tiempo aplicando dos correcciones.

a- Corrección debida a la diferencia entre la longitud del meridiano del observador y el meridiano sobre el cual se basa la hora local estándar (En Colombia la hora estándar se basa en el meridiano 75 W). El sol toma cuatro minutos para realizar un desplazamiento aparente de 1 grado de longitud geográfica.

b- Corrección debida a las perturbaciones en la velocidad de rotación de la tierra.

El TSV se determina mediante la siguiente igualdad:

$$TSV = TSM + 4 (L_s - L_L) + Et \quad (22)$$

Donde:

TSM = Tiempo solar Medio, corresponde a la hora local

E_t = Ecuación de Tiempo de la ecuación

L_s = Longitud Geográfica del Meridiano de referencia del País (75o)

L_L = Longitud Geográfica del Meridiano del Lugar

El factor 4 es para convertir grados en arco a tiempo en minutos.

2.4.9 Ecuación del Tiempo (E_T)

El tiempo solar se determina con base a la rotación de la tierra sobre su eje polar y su revolución alrededor del sol. El giro sobre su eje polar se considera en 24 horas, pero en realidad no lo realiza en ese tiempo, sino que varía a lo largo del año por su desplazamiento elíptico alrededor del sol.

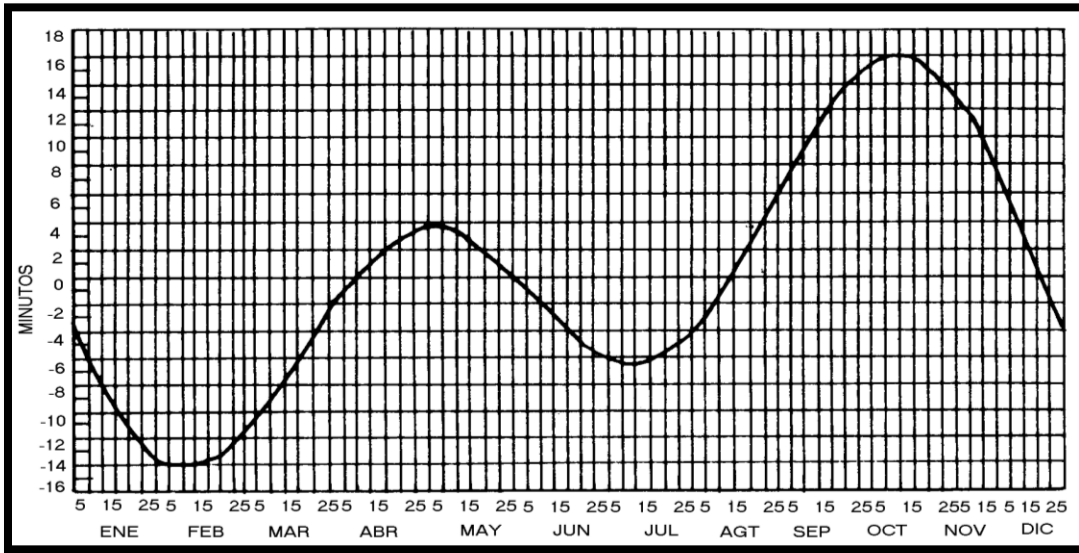
Las 24 horas de giro diario sería como si la tierra girara en forma circular alrededor del sol y no en forma elíptica. A esta diferencia de tiempo de giro se conoce como ecuación del tiempo (E_T) y tiene una variación diaria hasta un máximo de 16 minutos, Spencer también formula una ecuación para calcular diariamente la E_T en términos de serie de Fourier:

$$(E_T) = (0, 000075 + 0,001868 \text{ Cos}\alpha - 0,032077 \text{ Sen}\alpha - 0,014615 \text{ Cos } 2\alpha - 0,04089 \text{ Sen}2\alpha) \quad (229, 18)$$

(23)

El resultado viene expresado en minutos. La siguiente figura No 4 indica los valores diarios durante el año de la Ecuación del tiempo.

Tabla 4: Valoración anual de la ecuación del Tiempo



Fuente: Los autores

2.4.10 Irradiancia Difusa (I_d)

La radiación Difusa integrada por las transmitancia ya mencionadas, se calcula con el modelo que proviene de trabajos rigurosos elaborados por J.V. Dave y R.E. Bird, es el siguiente:

$$I_d = I_{dr} + I_{da} + I_{dm} \quad (24)$$

$$I_{dr} = 0.79 I_{sc} \cos \theta_z \tau_o \tau_g \tau_w \tau_{aa} 0.51 (1 - \tau_r) / (1 - m_a + m_a^{1.02}) \quad (25)$$

Donde τ_{aa} es la transmitancia de la radiación directa debida a la absorbancia del aerosol y se calcula por la ecuación siguiente:

$$\tau_{aa} = 1 - (1 - \omega_o) (1 - m_a + m_a^{1.06}) (1 - \tau_a) \quad (26)$$

ω_o es el single scattering albedo que está relacionado con la absorptividad de los aerosoles. Por tanto la transmitancia debida a la dispersión de aerosoles, será la razón entre la total de aerosoles y la debida solo por absorción. Así:

$$\tau_{as} = \tau_a / \tau_{aa} \quad (27)$$

La segunda componente difusa I_{da} se determina por la siguiente igualdad:

$$I_{da} = 0.79 I_{sc} \text{Cos } \theta_z \tau_o \tau_g \tau_w \tau_{aa} F_c (1 - \tau_{as}) / (1 - m_a + m_a^{1.02}) \quad (28)$$

Donde τ_{as} ya ha sido definida como la transmitancia solo debida a la dispersión por aerosoles y F_c es la razón entre la energía dispersada en la dirección hacia adelante y la energía dispersada en todas la direcciones.

La tercera componente de la difusa I_{dm} se determina por la siguiente igualdad:

$$I_{dm} = I_n \text{Cos } \theta_z (\tau_o \tau_r - \alpha_w) \rho_g \rho'_a / (1 - \rho_g \rho'_a) \quad (29)$$

Donde ρ_g es el albedo de la tierra, ρ'_a es el albedo del cielo despejado sin nubes y α_w es la transmitancia por vapor de agua.

2.5 LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Además de los *CFC* que disminuyen la capa de ozono, a la atmósfera llegan un sin número de partículas que en concentraciones elevadas representan un factor de contaminación, estos a diferencia de los *CFC* pueden ser de origen natural no solo de origen antropogénico (generados

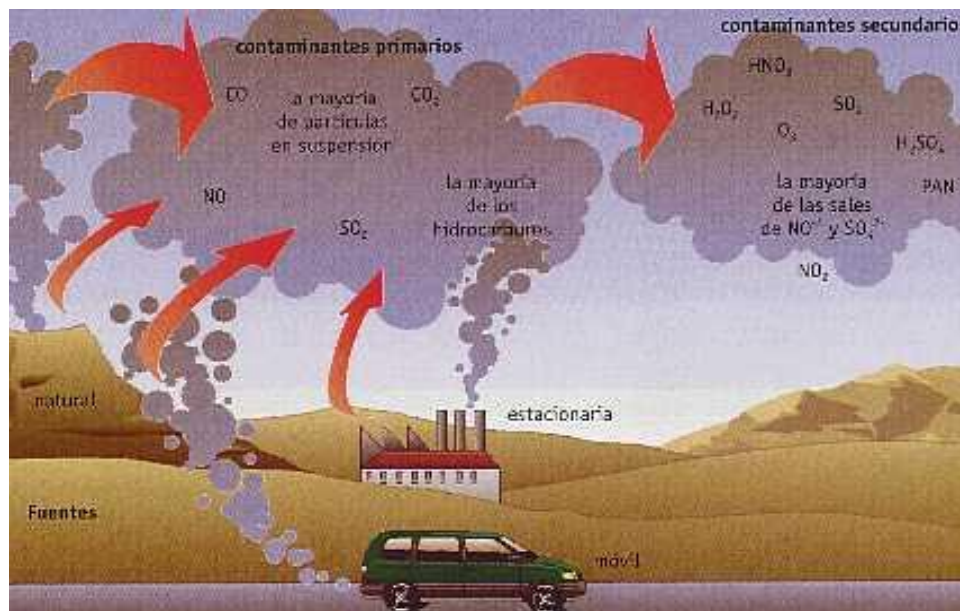
por acción del hombre), pueden ser además primarios cuando son directos o secundarios cuando son producto de la mezcla o reacción de contaminantes primarios (Ver Tabla 7).

2.5.1 Contaminantes primarios

A continuación se presenta una clasificación general de estos contaminantes:

- Material Particulado o partículas
- Compuestos que contienen azufre
- Monóxido de carbono
- Compuestos orgánicos
- Compuestos que contienen nitrógeno

Gráfico 3: Contaminantes atmosféricos



Fuente: <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?ID=139604>

2.5.2 Los aerosoles (Material Particulado o partículas)

Los términos aerosol y partícula se utilizan a veces indistintamente pues los aerosoles se definen como dispersiones de sólidos o líquidos en un medio gaseoso. Las palabras neblina, humo, emanación y polvo, se usan para indicar orígenes particulados. Las neblinas están compuestas por gotas de líquidos, en suspensión, los humos usualmente consisten en partículas de hollín producidas por combustión, las emanaciones son vapores condensados de sustancias tanto orgánicas como metálicas, y los polvos resultan de la rotura mecánica de la materia sólida.

Las partículas de tamaños comprendidos entre 1 y 10 micras tienden a formar suspensiones mecánicamente estables en el aire, por lo que reciben el nombre de «**materia en suspensión**», pudiendo ser trasladados a grandes distancias por la acción de los vientos. Las partículas mayores de 10 micras permanecen en suspensión en el aire durante períodos de tiempo relativamente cortos por lo que se las conoce como «**materia sedimentable**»; sus efectos son más acusados en las proximidades de las fuentes que las emiten. El tamaño de las partículas es un factor muy importante en la determinación tanto de los efectos que producen como de las áreas afectadas, ya que establece su tiempo de permanencia en la atmósfera y la facilidad con que se introducen en las vías respiratorias profundas.

La composición química varía mucho de unas partículas a otras, dependiendo fundamentalmente de su origen. Así las partículas de polvo procedentes del suelo contienen, principalmente, compuestos de calcio, aluminio y silicio. El humo procedente de la combustión del carbón, petróleo, madera y residuos domésticos contiene muchos compuestos orgánicos, al igual que los insecticidas y algunos productos procedentes de la fabricación de alimentos y de la industria

química. En la combustión del carbón y gasolinas se liberan metales pesados que pasan a formar parte de las partículas liberadas a la atmósfera, generalmente en forma de óxidos metálicos.

Las partículas pueden clasificarse, atendiendo a su tamaño y composición, en:

Tabla 5: Clasificación de las partículas

Denominación	Composición
Núcleos de Aitken	Partículas con menos de 1 micra de diámetro.
Partículas medias (en suspensión)	Partículas con un diámetro comprendido entre 1 y 10 micras.
Partículas sedimentables	Partículas con diámetro superior a 10 micras.
Polvos	Partículas sólidas de origen mineral o materia sólida dispersada por el aire.
Humos industriales	Partículas sólidas o líquidas debidas a la volatización de metales, seguida o no de su oxidación por el aire o condensación de vapores.
Humos de combustión	Humos debidos a proceso de combustión, constituidos por partículas de carbono y de hidrocarburos no quemados y cenizas volantes.

Fuente: Los autores

Las partículas también se clasifican como *viabiles* (capaces de vivir) o *inviabiles*. Algunos ejemplos de partículas viables son: bacterias, hongos, mohos y esporas. Las partículas inviables incluyen sustancias tales como compuestos orgánicos, metales, polvos y sal marina.

La contaminación del aire por partículas necesita serias atenciones por diversos motivos: (1) muchas partículas penetran en el sistema respiratorio con mayor efectividad que los contaminantes gaseosos; (2) algunas partículas se comportan sinérgicamente y aumentan los efectos tóxicos de otros contaminantes; (3) *la contaminación por partículas aumenta la turbidez atmosférica y reduce la visibilidad*; y (4) en la atmósfera se forman partículas a partir de algunos contaminantes gaseosos.

2.5.3 Fuentes De Partículas

Las partículas se forman de dos maneras: subdivisiones o roturas de fragmentos mayores de materia, y aglomeración o reunión de fragmentos pequeños incluyendo moléculas. El proceso de subdivisión es responsable de la formación de aerosoles de sal marina, la partícula atmosférica que se presenta en mayor cantidad (más del doble que cualquier otro material). Se calcula que mil millones de toneladas de este aerosol entran anualmente en la atmósfera a nivel mundial. Se centra en la ruptura de la película líquida que constituye la superficie de las burbujas de aire en el agua marina. Cada vez que una burbuja estalla, esta película se rompe en aproximadamente doscientos partículas diminutas. Además el estallido provoca que se forme un chorro de agua en el extremo inferior de la burbuja. El chorro se escinde y forma más partículas. El agua de las gotas se evapora rápidamente, dejando una fina suspensión de sal marina.

Otros procesos naturales que introducen materia particulada directamente en la atmósfera son el arrastre del polvo por el viento, la actividad volcánica y los incendios forestales. Las partículas en la atmósfera por esta vía se denominan primarias ya sean que procedan de fuentes naturales o antropogénicas. Como puede verse en los datos de la Tabla 3, el polvo es la de única de las tres que realiza una contribución notable a la contaminación por partículas.

Algunas materias gaseosas emitidas de forma natural reaccionan en la atmósfera para dar partículas secundarias. Estos procesos en conjunto constituyen la fuente principal de partículas atmosféricas. Tales reacciones que hacen entrar en juego a H_2S , NO_x , NH_3 y terpenos, contribuyen a la producción anual de 1105 millones de toneladas de partículas.

La principal fuente de contaminación antropogénica por partículas es la producción de aerosoles secundarios a partir de contaminantes gaseosos primarios. De estas conversiones resulta un total estimado en 204 millones de toneladas de partículas. Ello constituye aproximadamente el 20 por ciento de las partículas naturales producidas mediante el mismo proceso. La introducción directa de partículas (primarias) en la atmósfera a partir de fuentes antropogénicas representa 92 millones de toneladas al año.

Tabla 6. Emisiones globales de partículas procedentes de fuentes naturales y antropogénica.

FUENTE	PRODUCCIÓN (MILLONES DE TONELADAS/AÑO)
ANTROPOGÉNICAS	
Material particulado contaminantes	92

Partículas formadas a partir de contaminantes gaseosos	
Sulfato procedente de SO ₂	
Nitrato procedente de NO _x	145
Fotoquímica a partir de hidrocarburos	30
	25
NATURALES	
Polvo del suelo	
Partículas procedentes de emisiones gaseosas naturales	200
Sulfato a partir de H ₂ S	
Nitrato a partir de NO _x	204
Amoníaco a partir de NH ₃	432
Fotoquímica a partir de terpenos	269
Actividad volcánica (partículas pequeñas)	200
Incendios forestales	4
Sal marina	3
	1000
TOTAL	2608

Fuente: Los autores

2.5.4 Composición Química De Las Partículas: La composición química de los contaminantes en partículas varía mucho. Prácticamente, cualquier elemento o compuesto inorgánico, así como muchas sustancias orgánicas, pueden hallarse en forma de partículas si se muestrean volúmenes

de aire lo bastante grandes y se utilizan métodos analíticos suficientemente sensibles. La composición real depende mucho del origen de las partículas. Las partículas de polvo y de suelo contienen primariamente compuestos de calcio, aluminio y silicio, comunes en suelos y minerales. El humo procedente de la combustión del carbón, petróleo, madera y basuras contiene muchos compuestos orgánicos. Estos últimos también se hallan en los polvos insecticidas, así como en algunos productos liberados a partir de la fabricación de alimentos y la industria química. Partículas secundarias, que se forman en la atmósfera a partir de constituyentes inorgánicos, son con frecuencia sales inorgánicas de amoníaco, sulfatos o nitratos.

La diversidad en la composición de las partículas puede verse en los datos relativos a la contaminación por partículas a partir de una sola fuente, la combustión del carbón. Cuando se quema carbón a granel, la mayor parte de la materia mineral se deposita después de la combustión en forma de cenizas. Éstas se hallan compuestas primariamente por silicato alumínico constituyente común de la arcilla. Sin embargo, las modernas centrales de energía son alimentadas con carbón finamente pulverizado, y no en trozos. En tales condiciones, hasta el 80 por ciento de la ceniza es transportada por los gases de escape, finamente dividida. Parte de las cenizas suspendidas en el aire escapan a la atmósfera. Su composición a partir de gases de escape puede verse en la Tabla 4. Es razonable suponer que las cenizas escapadas de la atmósfera presentan una composición similar.

Tabla 7. Composición de las cenizas suspendidas en el aire (combustión del carbón).

COMPONENTE (% CALCULADO COMO)	PORCENTAJE DE CENIZAS EN EL AIRE
Carbono	0,35 – 36,2
Hierro (como Fe ₂ O ₃ o Fe ₃ O ₄)	2,0 -26,8
Magnesio (como MgO)	0,06 – 4,55
Calcio (como CaO)	0,12 – 14,53
Aluminio (como Al ₂ O ₃)	9,81 – 58,4
Azufre (como SO ₂)	0,12 – 24,33
Titanio (como TiO ₂)	0 – 2,8
Carbonato (CO ₃ ⁻²)	0 – 2,6
Silicio (como SiO ₂)	15,3 -63,6
Fósforo (como P ₂ O ₅)	0,05 – 45,2
Potasio (como K ₂ O)	2,8 – 3,0
Sodio (como Na ₂ O)	0,2 – 0,9
Indeterminado	0,08 -18,9

Fuente: MERCURIO Y METALES TÓXICOS EN CENIZAS PROVENIENTES DE PROCESOS DE COMBUSTIÓN E INCINERACIÓN, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Av. San Pablo 180 Col. Reynosa, México, D.F.

Además de sus componentes principales, el carbón contiene muchos elementos en formas de trazas. Los elementos traza se suelen definir como aquellos elementos presentes en la corteza

terrestre en una proporción del 0,1 por ciento (1000 ppm) o menos. Durante la formación del carbón los elementos tienden a concentrarse en éste en cierto grado. En la combustión, los elementos traza se liberan y entran a formar parte de la materia en partículas resultante del escape. En general, los elementos traza se convierten en sus óxidos y se distribuyen en cenizas suspendidas y de fondo, en una proporción que depende de sus propiedades físicas y químicas.

2.5.5 Tamaño De Las Partículas

El tamaño de las partículas se proporciona usualmente en términos de micrómetros, unidad equivalente a la millonésima parte del metro. El tamaño de las partículas oscila entre $0,0002\mu\text{m}$ hasta aproximadamente $5000\mu\text{m}$.

Existen relaciones entre el tamaño de los contaminantes en partículas y sus fuentes. Las partículas con un diámetro superior a $10\mu\text{m}$ provienen de procesos mecánicos como la erosión, el molido y la dispersión producidos por el viento, así como la pulverización de materias debida a vehículos y peatones. Las partículas entre 1 y $10\mu\text{m}$ de diámetro incluyen por lo común suelos locales, polvos de fabricación y productos de combustión de las industrias locales y, en las localidades adecuadas, sal marina. Las partículas de diámetro comprendido entre 0,1 y $1\mu\text{m}$ son primariamente productos de combustión y aerosoles fotoquímicos. Las partículas de menos de $0,1\mu\text{m}$ de diámetro no han sido bien identificadas desde el punto de vista químico. Parecen originarse casi por entero a partir de fuentes de combustión.

En la atmósfera, las partículas menores de $0,1\mu\text{m}$ muestran un comportamiento similar al de las moléculas. Su movimiento es al azar con frecuentes colisiones con las moléculas gaseosas. Además, chocan a menudo entre sí, se agrupan y forman agregados mayores en un proceso de-

nominado *coagulación*. Las partículas mayores de $1\mu\text{m}$ se comportan de manera muy distinta debido a que sufren una significativa deposición gravitacional. La tasa de coagulación de tales partículas es baja. Las partículas mayores de $10\mu\text{m}$ permanecen en suspensión en el aire durante períodos de tiempo relativamente cortos, como consecuencia de elevadas tasas de deposición gravitacional. La eliminación gravitacional de partículas se denomina *sedimentación*. Como resultado de los procesos de coagulación y sedimentación, la materia en partículas que permanece suspendida en la atmósfera durante prolongados períodos, se halla predominantemente en la gama de tamaños comprendida entre $0,1$ y $10\mu\text{m}$. el tamaño de las partículas es un factor muy importante en la determinación de los efectos de la contaminación por las mismas.

2.5.6 Destino De Las Partículas Atmosféricas

En última instancia, todas las partículas atmosféricas se depositan en la superficie terrestre. Los responsables principales son dos procesos de depuración, a saber, deposición en seco y precipitación húmeda. La deposición en seco tiene lugar como resultado de la sedimentación, *impacción* y *difusión*. La *impacción* se produce cuando las partículas transportadas por el viento inciden sobre un obstáculo depositándose. En el proceso de *difusión*, las partículas migran hacia una superficie y chocan con ella permaneciendo allí. De acuerdo con los cálculos, una cantidad no superior al 20 por ciento de toda la depuración de las partículas atmosféricas tiene lugar mediante deposición en seco.

El proceso más importante de depuración es la precipitación húmeda, la cual se divide en dos categorías según que el agente sean las nubes o la lluvia. En el primer caso, las partículas de las nubes sirven como núcleos sobre los que se condensa agua o se forma hielo. En el segundo, la

lluvia o la nieve que caen recogen partículas de atmósfera y las transportan hasta la superficie terrestre. Es el método más efectivo en la eliminación de partículas superiores a $1\mu\text{m}$. las menores son apartadas del camino de las gotas que caen por el viento. La lluvia, sin embargo lleva a cabo la eliminación de cantidades significativas de las partículas menores.

Se está desarrollando un nuevo factor relacionado con la eliminación de partículas mediante precipitación húmeda. Observaciones recientes efectuadas en diversas localidades, principalmente de Suecia y en los Estados Unidos nororientales, muestran que la precipitación se está haciendo cada vez más ácida. Ello parece ir unido a la presencia de contaminación por NO_x y SO_x en la atmósfera.

La mayoría de datos relacionados con la acidez de las precipitaciones acuosas vienen dados en términos de pH. Las propiedades de las soluciones ácidas se deben a la presencia en la disolución de iones hidrógeno, H^+ . La notación en términos de pH proporciona una forma adecuada de expresar la concentración de H^+ en una solución. Un pH de 6 corresponde a la presencia de 10^{-6} gramos de H^+ por litro de solución. De manera similar, un pH de 5 significa 10^{-5} gramos de H^+ por litro de solución, y así sucesivamente. Por tanto podemos ver que el cambio de una unidad en el valor del pH corresponde a una diferencia de diez veces la concentración de iones H^+ .

El dióxido de carbono disuelto en el agua de lluvia reacciona hasta formar ácido carbónico (H_2CO_3). Ello hace que el agua de lluvia sea ligeramente ácida, como lo indica su pH normal de 5,5. Las medidas tomadas en la zona nororiental de Estados Unidos muestran que los valores anuales de acidez por término medio y para el agua de lluvia, corresponden en la actualidad a un pH próximo a 4. Se han registrado valores comprendidos entre 2,1 y 5 en precipitaciones aisla-

das. Es difícil efectuar un cálculo total del problema del problema de la lluvia ácida en todos los Estados Unidos, para algunas regiones existen muy pocos datos disponibles. No obstante, la información que se posee parece indicar que la pluviosidad en otras regiones de Estados Unidos no es tan ácida como el que caracteriza al nordeste.

2.5.7 Efectos De Las Partículas Sobre Las Plantas

Las investigaciones referentes a los efectos de las partículas sobre la vegetación son relativamente escasas. La mayor parte de lo que se ha hecho se refiere a polvos específicos y no a las complejas mezclas presentes usualmente en la atmósfera. Estudios realizados en 1996 sobre el polvo de hornos de cemento ilustran algunos de los problemas relacionados con los efectos de las partículas sobre las plantas. Dicho polvo, al combinarse con niebla o lluvia ligera, formaba una gruesa costra en la superficie superior de las hojas, que no podía lavarse y sólo se eliminaba empleando la fuerza. Se halló que el polvo incrustado interfería con la fotosíntesis de la planta, impidiendo la penetración de la luz solar necesaria y perturbando el proceso de intercambio de CO₂ con la atmósfera. El crecimiento de tales plantas se vio inhibido.

Un posible efecto indirecto de las partículas depositadas sobre las plantas es el de que puedan contener compuestos químicos nocivos para los animales que las comen.

2.5.8 Efectos De Las Partículas Sobre El Hombre

Los contaminantes en partículas penetran en el cuerpo humano casi exclusivamente a través del sistema respiratorio. Y sus efectos inmediatos más importantes afectan el mismo. La intensidad

de estos efectos depende del grado de penetración de las partículas en el sistema, así como de la toxicidad de las mismas.

La extensión de la penetración en el sistema respiratorio se acepta en general que es función del tamaño de partículas. Esta dependencia es el resultado de las características anatómicas del sistema respiratorio del hombre. El sistema respiratorio se suele clasificar en superior (cavidad nasal, faringe y tráquea), e inferior (bronquios y pulmones). La tráquea se ramifica en los bronquios derecho e izquierdo. Cada uno de ellos se divide y subdivide por lo menos veinte veces; las unidades menores, los bronquiolos, se encuentran en la profundidad de los pulmones. Terminan en aproximadamente tres millones de sacos de aire conocidos con el nombre de alvéolos. Estos últimos constituyen las unidades pulmonares funcionales a través de sus membranas se intercambian el oxígeno y el dióxido de carbono con la corriente sanguínea. (Dockery, 1994)

En el tracto respiratorio superior, las partículas de más de $5,0\mu\text{m}$ de diámetro son filtradas del aire inhalado. Los pelos de conducto nasal forman la primera línea defensiva, pero las partículas también pueden ser atrapadas en la mucosa que cubre la cavidad nasal y la tráquea. Los contaminantes gaseosos solubles en agua, como el SO_2 , son eliminados casi totalmente por esta misma humedad de la parte superior del tracto respiratorio.

Las partículas de un diámetro inferior a $0,5\ \mu\text{m}$ pueden llegar a los mecanismos de defensa del tracto respiratorio superior y penetrar en los pulmones. Aquellas comprendidas en la gama de tamaños de $0,5$ a $5\mu\text{m}$ pueden depositarse hasta en los bronquiolos, pero pocas llegan a los alvéolos. Tales partículas son usualmente eliminadas al cabo de pocas horas por los cilios, estructuras finas en forma de pelos que cubren las paredes de bronquios y bronquiolos. El continuo mo-

vimiento ondulatorio de los cilios tiene el importante efecto de mover el mucus y las partículas atrapadas hacia la faringe, donde pueden ser eliminadas mediante deglución o expectoración.

(Martínez A. Romieu I, 1997)

Las partículas de un diámetro inferior a $0,5\mu\text{m}$ pueden llegar a los alvéolos e instalarse en ellos. La eliminación de estas partículas de tales áreas es mucho menos rápida y completa que de los conductos mayores, pues las membranas alveolares no tienen mucosas ni cilios que las cubran. El tiempo de residencia se mide en semanas, meses y años en el caso de algunas partículas. Así pues, las partículas de menor tamaño son las que penetran más profundamente en los pulmones y permanecen en ellos por más tiempo.

La materia particulada que entra y permanece en los pulmones puede ejercer un efecto tóxico de tres maneras distintas:

Partículas que son inertes por sí mismas pueden interferir con los mecanismos de limpieza del tracto respiratorio, impidiendo o retrasando la eliminación de otras partículas más nocivas. Las respuestas fisiológicas observadas incluyen un descenso en los movimientos filiares, así como del flujo del mucus en las ramificaciones bronquiales.

Las partículas pueden transportar adsorbidas o absorbidas moléculas irritantes de gas, lo que capacita a dichas moléculas para alcanzar y permanecer en las áreas sensibles de los pulmones. El proceso de fijación tiene lugar cuando una molécula choca contra la superficie de una partícula y no rebota, sino que se adhiere o fija. El proceso de fijación se produce de tres formas distin-

tas. Cuando la molécula que choca es físicamente atraída y mantenida en la superficie del particulado, se habla de *adsorción*. *Quemosorción* es el nombre dado a la fijación que implica interacción química entre la molécula que choca y la superficie de la partícula. Si la molécula que choca se disuelve en la partícula se trata de *absorción*. Los efectos del SO₂ y su conversión en H₂SO₄ constituyen importantes ejemplos de procesos de fijación.

Las partículas pueden ser intrínsecamente tóxicas y, como resultado, afectar de manera directa al cuerpo. Tales partículas raramente se encuentran en el aire a concentraciones elevadas. No obstante, muchas sustancias intrínsecamente tóxicas se hallan presentes en formas de trazas. Buena parte de la preocupación acerca de estas sustancias está relacionada con la posibilidad de que sus concentraciones aumenten hasta superar los niveles corrientes. Se ha expresado una preocupación concreta sobre diversos metales trazas.

Es un hecho bien establecido el que muchos de tales metales se hallen entre las partículas transportadas por el viento, procedentes de las fuentes de combustión a elevadas temperaturas, como plantas generadoras que usan carburantes fósiles, fundiciones metalúrgicas y altos hornos, incineradores municipales y automóviles. Muchos de estos metales se fijan preferentemente sobre partículas pequeñas, del tipo más difícil de eliminar con equipos convencionales de control, y que presentan los mayores riesgos a través de la inhalación.

Ocho metales que se encuentran en el aire están considerados como tóxicos; son: níquel, berilio, cadmio, estaño, antimonio, bismuto, plomo y mercurio. La toxicidad se determinó suminis-

trando pequeñas dosis por vía alimenticia de cada metal a ratas y ratones, a lo largo de toda su vida y en un ambiente controlado. Los criterios utilizados para indicar la toxicidad fueron retraso, disminución del tiempo de vida, cambios patológicos, tumores y principios de enfermedades crónicas. La Tabla 5 contiene más información sobre estos metales. (Caselli M, 1992)

2.5.9 Efectos De Las Partículas Sobre La Visibilidad

La disminución de visibilidad causada por la contaminación de aerosoles suspendidos en columna vertical de la atmósfera.

El mecanismo primario por el que se reduce la visibilidad es la dispersión de la luz. La atmósfera contaminada situada ente un observador y un objeto distante dispersa la luz que procede del sol y de varias partes del firmamento. Parte de la luz dispersa ilumina el aire situado entre el espectador y el objeto. Ello reduce el contraste entre el objeto y el fondo disminuyéndose la visibilidad. El conductor de un automóvil con el parabrisas sucio percibe un buen ejemplo del efecto de dispersión de la luz. La visibilidad a través del parabrisas es adecuada en la sombra; sin embargo, cuando la luz intensa del sol o de un vehículo que se aproxima de frente incide sobre un parabrisas sucio, la luz se dispersa en los ojos del conductor y la visibilidad disminuye mucho.

El efecto más importante sobre la visibilidad es el causado por las partículas de una gama intermedia de tamaños comprendida entre 0,1 y 1 μm de diámetro. Dispersan la luz visible de una manera muy eficaz, pues su diámetro se aproxima a la longitud de onda del espectro visible (de 0,4 a 0,8 μm). En las siguientes fotos se observan las condiciones de visibilidad en la Ciudad de

Bogotá, en la primera del día sin carro a las 9 am la segunda a las 2 PM. En la primera se observa turbiedad atmosférica, porque a esa hora todavía queda remanente del día anterior, en la segunda a las 2 pm se observa mejor visibilidad porque a esa hora ha bajado el material particulado de origen por combustión vehicular.

Gráfica 3: Día sin carro Bogotá



Fuente: Los Autores

Gráfica 4: Día normal en Bogotá



Fuente: Los autores

III DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Población y muestra

La ciudad de Manizales fundada en octubre de 1849, localizada en la región central del occidente colombiano a una altura de 2150 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual de 18 grados C, es capital del departamento de Caldas, que junto con los Departamentos de Risaralda y Quindío conforman el denominado eje cafetero de Colombia.

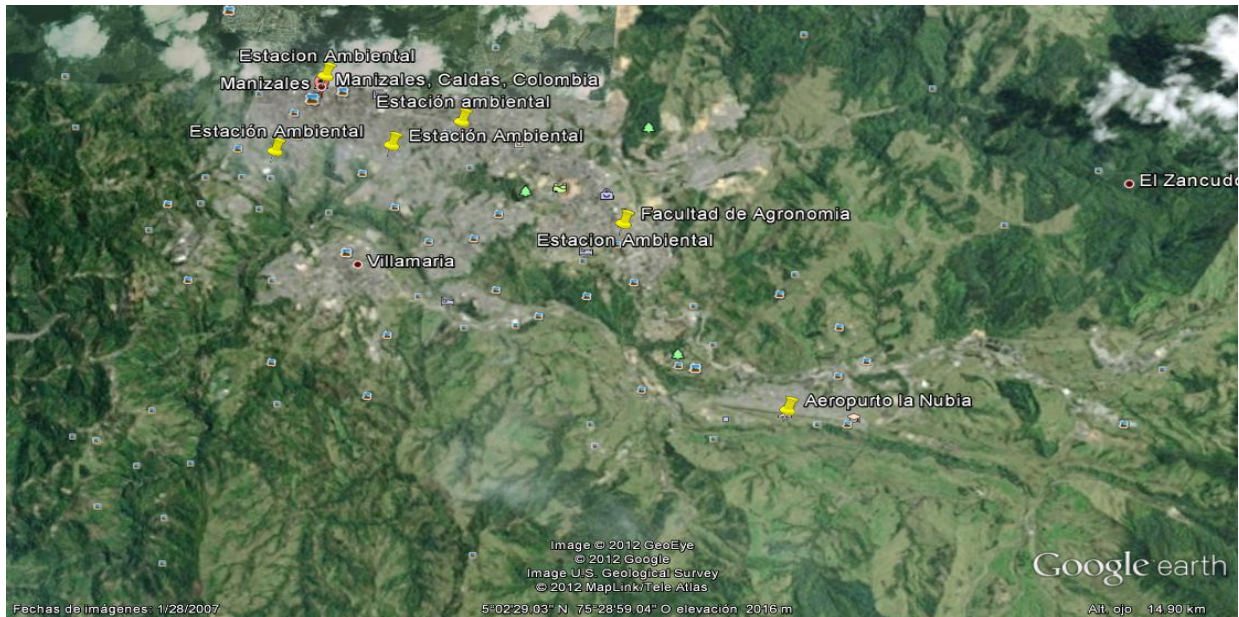
Ubicación geográfica privilegiada, agradable clima, diversos ecosistemas, nevados, bosques, montañas y valles, que en conjunto permiten ver los más bellos paisajes. La conformación urbana de la ciudad responde a la adaptación de una topografía bastante quebrada y abrupta crea una trama urbana de gran interés que conserva el encanto de los pueblos, con las ventajas de las grandes Ciudades como se observa en la Imagen No 1

Gráfico 5: Atmósfera de Manizales



Fuente: Panorama geográfico de la Ciudad de Manizales. Fuente www.viajeros.com

Gráfico 6: Localización de las estaciones meteorológicas instaladas la zona urbana de la ciudad de Manizales



Fuente: Imagen de la zona urbana con marcaciones de la ubicación de estaciones meteorológicas que opera el IDEAM y ambientales del programa de investigaciones de la Universidad Nacional (IDEA). Imagen tomada de Google Earth

Gráfico 7: Panorámica del Medio Ambiente Atmosférico del entorno de la Ciudad de Manizales y fumarola del volcán venado del Ruiz



Fuente: Imagen satelital de GOOGLE earth

3.2 Tipo de investigación

3.3 Diseño metodológico

El nuevo modelo que se propone es el calcular Turbiedad Atmosférica utilizando los datos de radiación solar global (RG), que se mide con piranómetros en las estaciones meteorológicas instaladas en el área urbana de la Ciudad de Manizales y para las estaciones donde no se mida radiación global, pero si se midan horas de sol, entonces se elabora un modelo para estimar la radiación solar global integrada en una hora en el área de un metro cuadrado (m²) en función de horas de brillo solar mediante el método de Angstrom modificado, mediante la siguiente igualdad:

3.4 Nuevo modelo físico-matemático

$$RG = I_n \text{ Sen } h + I_d \quad (30)$$

Donde:

RG es la radiación global”, I_d radiación difusa, medidas simultáneamente en la estación “”Arturo Mejía”” de la Federación de Cafeteros en el Municipio de Chinchiná Caldas.

El objetivo de los diferentes modelos completos o parciales que interpretan la radiación solar de banda ancha en un cielo despejado, es analizar y cuantificar en esas condiciones, la atenuación y distribución de sus diferentes formas de incidencia, directa, difusa y global que llega a la superficie después de cruzar la atmósfera terrestre.

Se procede a cumplir con una secuencia de ecuaciones matemáticas para encontrar el valor de Turbiedad Atmosférica β con medidas simultáneas de radiación solar global y difusa que se miden de forma continua en la estación agro meteorológica de CENICAFÉ en Chinchiná Caldas, que por su cercanía a la ciudad de Manizales refleje la carga de aerosoles en columna vertical de la atmósfera sobre la ciudad y su área de influencia en la zona cafetera de la región.

Tomando los parámetros del modelo de ångström para cálculo del coeficiente (β) de turbiedad atmosférica.

Una expresión analítica para la atenuación debida aerosoles fue propuesta por A. Ångström en la ecuación de turbidez, (A. Ångström [2]): de la forma

$$k_{a\lambda} = \beta \cdot \lambda^{-\alpha} \quad (31)$$

Donde β se le llama coeficiente de turbiedad, α se relaciona con la distribución del tamaño de las partículas del aerosol y λ la longitud de onda en micrómetros. El factor β varía de 0 a 0.5, y más que un simple coeficiente es un índice que representa la cantidad de aerosol presente en la atmósfera en la dirección vertical. Los valores de α están relacionados con el radio promedio de las partículas, variando de 4 a 0; cuando las partículas en suspensión son muy pequeñas, como las partículas de aire, α debería aproximarse a 4, por el contrario se aproximan a 0 cuando las partículas son muy grandes. Generalmente, α tiene un valor entre 0.5 y 2.5; comúnmente se emplea un valor de 1.3 como lo sugiere el propio Ångström

Matemáticamente la atenuación de la radiación solar puede expresarse en términos de los efectos de absorción y dispersión de los componentes atmosféricos responsables a través de la ley de Bouguer, llamada también ley de Lambert-Beer. En esta ley, la atenuación de la radiación es directamente proporcional al camino recorrido por la radiación en su paso por la Atmósfera (Iqbal [3]). De esta forma la irradiancia solar directa a una longitud de onda λ , que llega a la superficie terrestre es:

$$I_{n\lambda} = I_{on\lambda} e^{-k_{\lambda}m} \quad (32)$$

Donde:

$I_{n\lambda}$ es la irradiancia solar directa que incide en la superficie después de atravesar la atmósfera.

$I_{on\lambda}$ es la irradiancia solar extraterrestre a la longitud de onda, λ

k_{λ} es el coeficiente de atenuación o extinción de la radiación a la misma longitud de onda.

m es el camino óptico o masa óptica atravesada por la radiación en su camino por la atmósfera.

La atmósfera está constituida por varios componentes, es entonces necesario calcular el coeficiente de atenuación y la masa óptica debidos a cada proceso simple de atenuación por los componentes atmosféricos principales:

$$k_{\lambda}m = k_{r\lambda}m_r + k_{o\lambda}m_o + k_{w\lambda}m_w + k_{g\lambda}m_g + k_{a\lambda}m_a \quad (33)$$

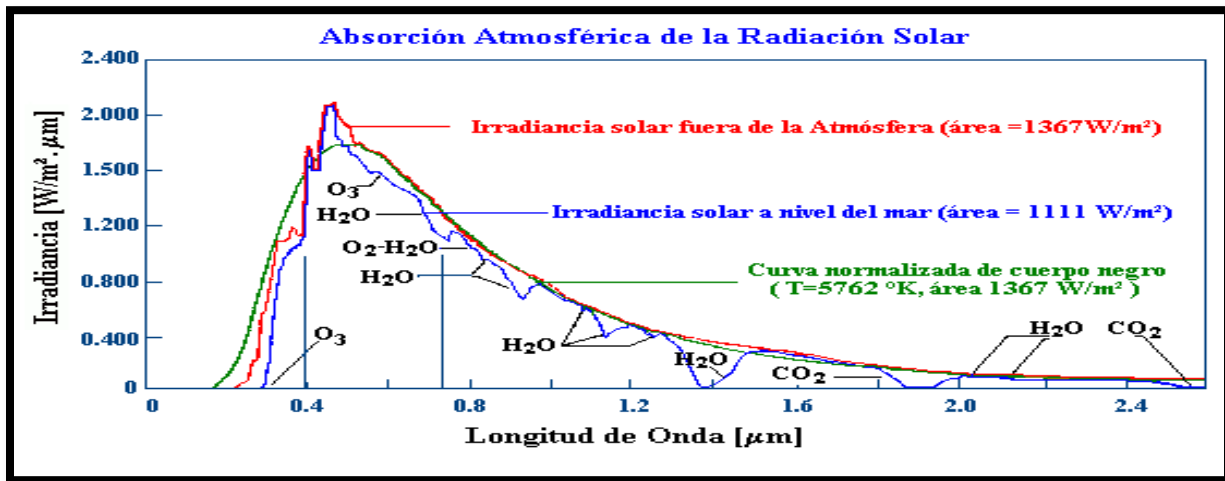
En esta última expresión, se tiene en cuenta el comportamiento de la radiación en su paso por la atmósfera terrestre y se considera que todos los procesos son linealmente independientes (ocurren sin traslapamiento) para cada longitud de onda. Los principales procesos de atenuación están representados así: Coeficiente de dispersión de Rayleigh ($k_{r\lambda}$), que es atenuación de radiación debida a choques con partículas del orden de la longitud de onda de la radiación inciden-

te; coeficiente de absorción de radiación debida al ozono ($k_{o\lambda}$), por la existencia en este compuesto en la atmósfera; coeficiente de la dispersión debida al vapor de agua ($k_{w\lambda}$) relacionada con la humedad relativa y la temperatura de la superficie; coeficiente de absorción debida a los gases uniformemente mezclados ($k_{g\lambda}$), cuya razón de mezcla permanece constante hasta 90 km. Aproximadamente y finalmente el coeficiente de dispersión por los aerosoles ($k_{a\lambda}$). Para Cada coeficiente de atenuación debe calcularse a su vez la masa óptica correspondiente (m).

3.5 Los aerosoles y turbiedad atmosférica

La siguiente imagen tomada del Atlas de Radiación solar de Colombia elaborado por el IDEAM y la UPME en el año 2006, corresponde al concepto de ancho espectro de la radiación solar y que es el que se aplica en el presente trabajo.

Tabla 8: Absorción Atmosférica de la Radiación Solar



Fuente: Los Autores

3.6 ESTIMACIÓN TEÓRICA DE IRRADIANCIA SOLAR DIRECTA (I_n)

La irradiancia solar directa en toda la banda del espectro solar se puede calcular teóricamente, por modelos a partir de diferentes variables meteorológicas y del contenido de aerosoles en condiciones de cielo despejado es decir sin nubes. Bird and Hulstrom [4] expresa la radiación solar directa (I_n) en función de las transmitancias de los principales constituyentes de la atmósfera.

$$I_n = 0.9751 E_0 I_{sc} \tau_r \tau_o \tau_g \tau_w \tau_a \quad (34)$$

Donde:

I_n = Radiación solar directa en toda La banda en W/m^2

0.9751 = Factor calculado debido intervalo ancho del espectro (0.3 – 3.0 μm), que indica que solamente llega un 97 % de radiación solar del total de toda la banda.

I_{sc} = Constante solar (1367 W/m^2)

E_o = Factor de corrección por excentricidad del giro de la tierra.

τ_r = Trasmitancia de radiación solar por dispersión de Rayleigh

τ_o = Trasmitancia de radiación solar por absorción del Ozono.

τ_g = Trasmitancia de radiación solar por gases uniformemente mezclados.

τ_w = Trasmitancia de radiación solar por vapor de agua.

τ_a = Trasmitancia de radiación solar por presencia de aerosoles.

Factor de corrección por excentricidad del giro de la tierra E_o se determina por la ecuación de Spencer: (Spencer J. W, [4]).

$$E_o = (R_o/R) = 1,00011 + 0,034221 \cos \alpha + 0,00128 \sin \alpha + 0,000719 \cos 2\alpha + 0,000077 \sin 2\alpha \quad (35)$$

Donde: α , es la posición angular de la tierra en su giro alrededor del sol para cualquier día del año, se determina así: $\alpha = 2\pi (dn - 1) / 365$, el dn es el día juliano del año.

R_o = Distancia promedio tierra – sol (1 U.A),

R = Distancia tierra sol para cualquier día del año.

τ_r Trasmítancia de la radiación debida a la dispersión de Rayleigh. (Iqbal [3]).

$$\tau_r = \text{Exp} [-0.0903 (m_a)^{0.84} (1.0 + (m_a)^{1.01})] \quad (36)$$

(m_a) Es la masa de aire modificada a la presión de la estación a cualquier altura sobre el nivel del mar, y se determina con la siguiente igualdad:

$$m_a = m_r (P / 1013.25) \quad (37)$$

m_r es la masa de aire relativa en función de la elevación solar, se determina por la siguiente igualdad:

$$m_r = [\cos\theta + 0.50572 (96.07995 - \theta)^{-1.6364}]^{-1} \quad (38)$$

Donde θ es el ángulo cenital.

τ_o trasmítancia de la radiación debido a la absorción por el ozono

$$\tau_o = 1 - [0.1611 U_3 (1 + 139.48 U_3)^{-0.3035} - 0.002715 U_3 (1 + 0.044 U_3 + 0.0003 U_3^2)^{-1}] \quad (3.6.5)$$

Donde:

$$U_3 = \frac{\Omega}{1000} \cdot m_r \quad (39)$$

Donde Ω es la columna total de ozono

τ_g . Trasmítancia debida a la absorción por gases uniformemente mezclados

$$\tau_g = e^{(-0.0127m_a^{0.26})} \quad (40)$$

τ_w Trasmítancia debida a la absorción por el vapor de agua

$$\tau_w = 1 - .4959U_1 \left[(1 - 79.034U_1)^{0.6828} + 6.385U_1 \right]^{-1} \quad (41)$$

Donde:

$$U_1 = w \cdot m_r \quad (42)$$

τ_a Trasmítancia de radiación debida a la atenuación por los aerosoles

$$\tau_a = \left[(0.12445\alpha - 0.0162) + (1.003 - 0.125\alpha) \right] e^{-\beta m_a (1.089\alpha + 0.5123)} \quad (43)$$

Donde β es el coeficiente de turbiedad atmosférica y se encuentra en el rango de 0.0 a 0.5 y α es el coeficiente del tamaño de las partículas del aerosol.

3.7 ESTIMACION TEORICA DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL (RG)

La irradiancia solar global (RG) se determina por las componentes directa y difusa que inciden sobre una superficie horizontal así:

$$RG = I_n \text{ Sen } h + I_d \quad (44)$$

Donde I_n es la irradiancia directa, $\text{Sen } h$ corresponde a la altura del sobre el horizonte al momento de la medida, I_d es la irradiancia difusa para todo el ancho de banda y se determina por tres contribuciones de dispersiones de la radiación solar en su paso por la atmósfera, la dispersión por aerosoles (I_{da}), dispersión de Rayleigh (I_{dr}) y la difusa debida a múltiple reflexiones entre la superficie de la tierra y la atmósfera (I_{dm}).

$$\text{Sen } h = \text{sen } \varphi \text{ sen } \theta + \text{cos } \varphi \text{ cos } \theta \text{ cos } W \quad (45)$$

Donde: φ es la declinación del sol para el día de medidas, θ latitud del lugar y W es el ángulo horario para el momento de medida.

3.7.1 Irradiancia Difusa (I_d): La radiación Difusa integrada por las transmitancia ya mencionadas, se calculan con el modelo que proviene de trabajos rigurosos elaborados por J.V. Dave y R.E. Bird, es el siguiente:

$$I_d = I_{dr} + I_{da} + I_{dm} \quad (46)$$

$$I_{dr} = 0.79 I_{sc} \text{Cos } \theta_z \tau_o \tau_g \tau_w \tau_{aa} 0.51 (1 - \tau_r) / (1 - m_a + m_a^{1.02}) \quad (47)$$

Donde τ_{aa} es la transmitancia de la radiación directa debida a la absorbanca del aerosol y se calcula por la ecuación siguiente:

$$\tau_{aa} = 1 - (1 - \omega_o) (1 - m_a + m_a^{1.06}) (1 - \tau_a) \quad (48)$$

ω_o es el “single scattering albedo” que está relacionado con la absortividad de los aerosoles. Por tanto la transmitancia debida a la dispersión de aerosoles, será la razón entre la total de aerosoles y la debida solo por absorción. Así:

$$\tau_{as} = \tau_a / \tau_{aa} \quad (49)$$

La segunda componente difusa I_{da} se determina por la siguiente igualdad:

$$I_{da} = 0.79 I_{sc} \cos \theta_z \tau_o \tau_g \tau_w \tau_{aa} F_c (1 - \tau_{as}) / (1 - m_a + m_a^{1.02}) \quad (50)$$

Donde τ_{as} ya ha sido definida como la transmitancia solo debida a la dispersión por aerosoles y F_c es la razón entre la energía dispersada en la dirección hacia adelante y la energía dispersada en todas la direcciones.

La tercera componente de la difusa I_{dm} se determina por la siguiente igualdad:

$$I_{dm} = I_n \cos \theta_z (\tau_o \tau_r - \alpha_w) \rho_g \rho'_a / (1 - \rho_g \rho'_a) \quad (51)$$

Donde ρ_g es el albedo de la tierra, ρ'_a es el albedo del cielo despejado sin nubes y α_w es la transmitancia por vapor de agua.

La siguiente Tabla corresponde al consolidado de datos de radiación global y radiación difusa que se mide de forma simultánea y de forma continua desde 2008, en la estación Agro meteorológica de CENICAFÉ. Los datos corresponden al año 2010 y que el Coordinador de la Sección de Agro climatología nos suministró los datos para el presente estudio.

Tabla 9: Consolidado de radiación global y difusa, estación Agrometeorológica CENICAFÉ

ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA CENICAFE CHINCHINA- CALDAS							
Altura 1310 mts							
Latitud 04 58 N							
Longitud 75 36 W							
						Radiación	
						Directa In	
						In(W/m ²)	Turbiedad
Mes	Rg(Wh/m ²)	Rd(Wh/m ²)	T°C	HR	Ozono	(Rg-Rd)/sen h	β
Ene	802	57,16	28	48	240	756	0,268032041
Feb.	848	34,35	28	48	240	830	0,20503203
Mar	843	141,8	28	48	240	716	0,220809482
Abr.	853	152,2	26	53	245	715	0,193154278
Mayo	839	76,17	26	53	245	778	0,164501151
Jun.	724	134	28	49	250	601	0,214091457
Jul.	788	72,78	28	48	260	729	0,19319
Ags	806	95	29	46	260	659	0,213135016
Sep.	922	127	28	48	265	806	0,217021101
Oct.	864	117,7	27	50	260	795	0,234335958
Nov.	860	112	27	50	255	765	0,223931574
Dic.	850	117	28	48	250	733	0,222933725

Fuente: Estación meteorológica Chinchiná Caldas

I DISEÑO TEÓRICO

3.4 Técnicas e instrumentos

3.4.1 Instrumentos de medida

Los instrumentos para medir radiación solar directa se denominan Pirheliómetros de banda ancha, que miden todo el ancho del espectro solar desde 0.290 hasta 2.8 μ m, que estén cuidadosamente calibrados, equipados con filtros de vidrio en la parte frontal del instrumento. (OMM 1978).

Radiación directa: La radiación solar directa se mide por medio de pirheliómetros, instrumentos cuya superficie receptora se dispone perpendicularmente a los rayos solares incidentes y se coloca sobre una montura ecuatorial que sigue el movimiento del sol, de esta forma siempre queda orientado de forma normal al rayo solar como se observa en la figura 1.

Gráfico8: Pirheliómetro



Fuente: Los autores

Radiación global : La radiación solar global se miden con Piranómetro que son instrumentos cuyo sensor es una termopila que convierte la radiación solar en una señal eléctrica de voltaje, protegida por una cúpula de vidrio, en la figura 2 muestra un Piranómetro de Eppley espectral de precisión PSP.

Gráfico 9: Piranómetro PSP



Fuente: Los Autores

Instrumentos auxiliares para medida de radiación solar y que serán llevados a Manizales, Micro voltímetro para medir mili voltajes de salida de las termopilas de los radiómetros, Termo higrómetro para medidas de temperatura y humedad del aire y GPS para medir coordenadas geográficas del lugar de medidas en la Ciudad de Manizales.

Gráfica 10: Microvoltímetro, Termo-higrómetro y GPS

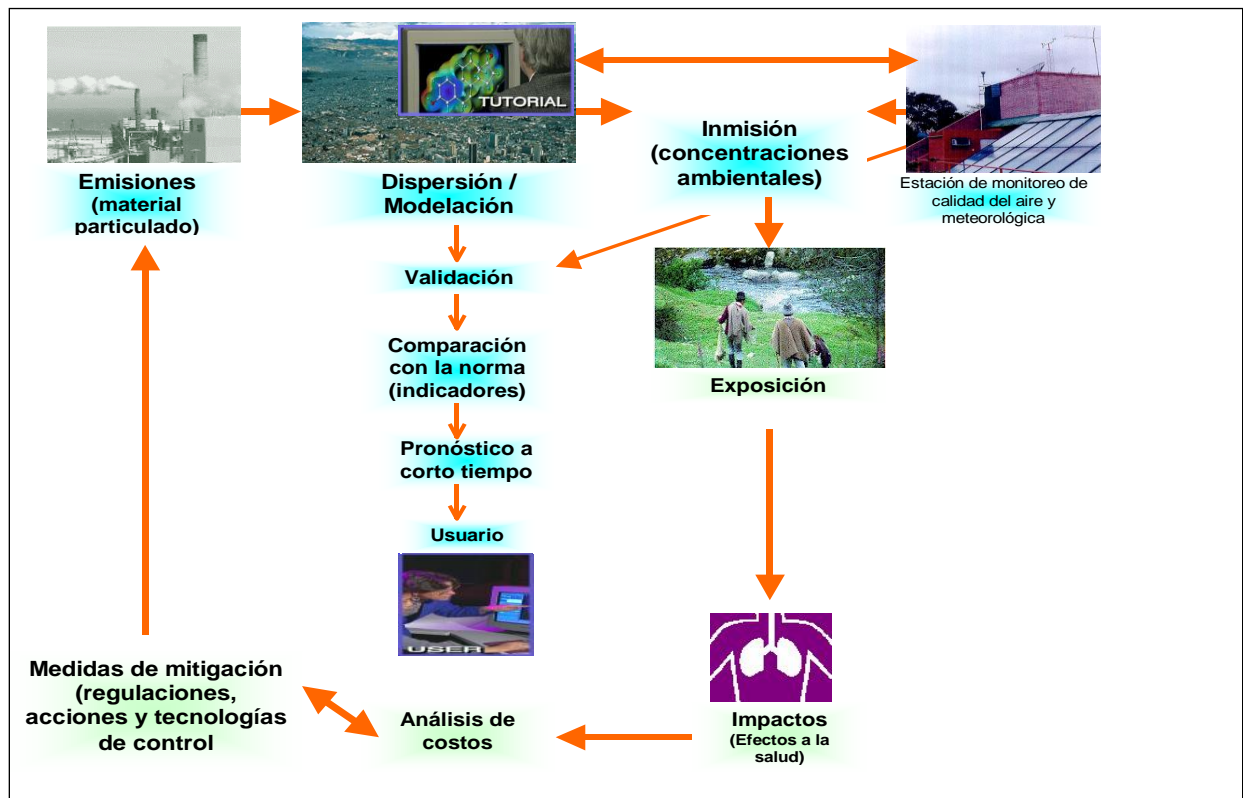


Fuente: Los Autores

En forma general, los aerosoles atmosféricos están sometidos a tres procesos: emisión, dispersión e inmisión. En la figura 13 se presenta la relación que hay entre estos, así como con otros componentes de un programa de calidad del aire.

La emisión es la expulsión del contaminante desde una fuente a la atmósfera. No sólo las fuentes industriales fijas en que la descarga está localizada en chimeneas (o conductos de ventilación) o las fuentes móviles como los autos, son ejemplos de fuentes de emisión, sino también, la construcción de caminos y obras viales en general, depósitos de combustibles y otros productos químicos (emisiones fugitivas), etc. Existen también fuentes naturales como los volcanes.

Gráfica 11: Componentes de un programa de calidad del aire que incluye los aerosoles atmosféricos



Fuente: Elaborada a partir de la gráfica introductoria del Curso del Banco Mundial, 2002.

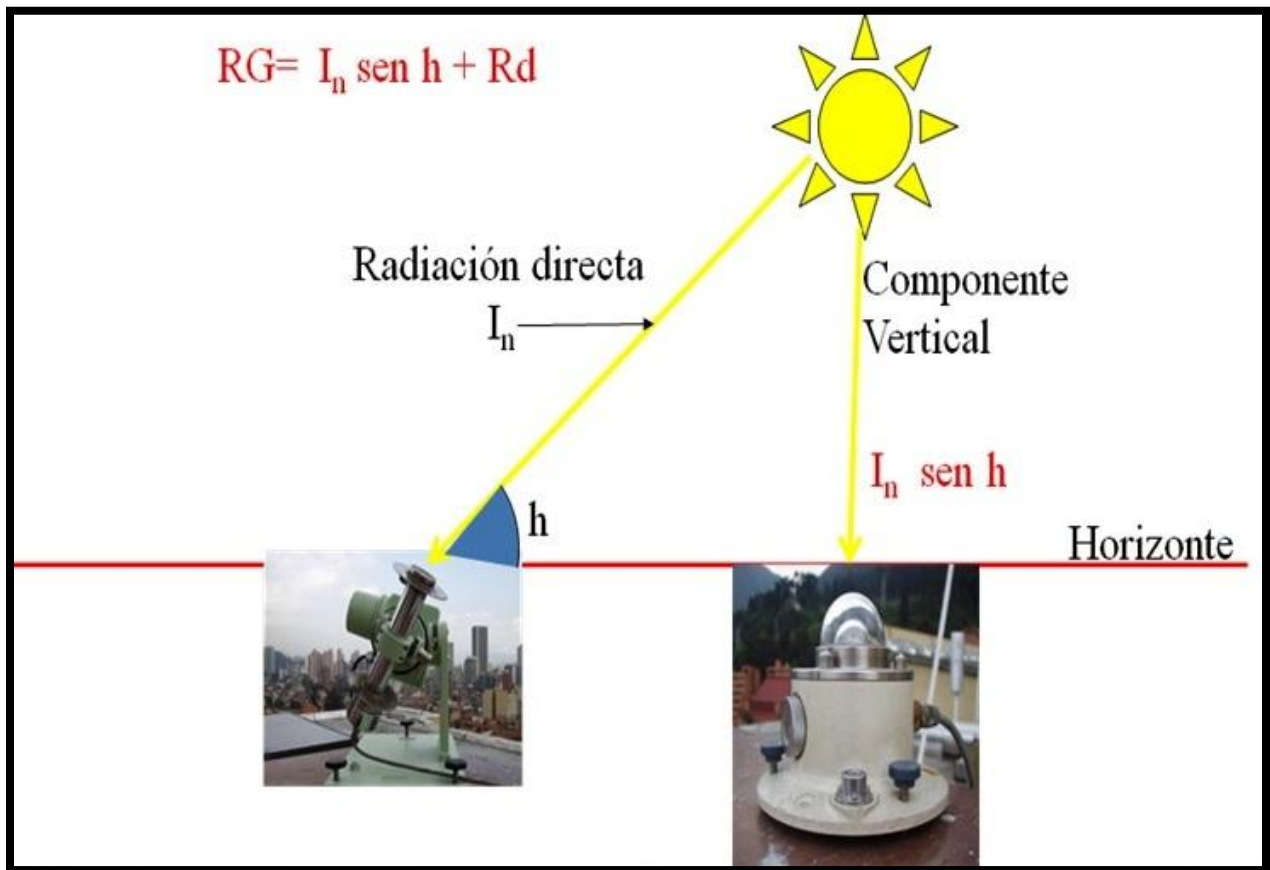
Con el marco de referencia de ruta en el recorrido de los aerosoles, sus impactos y mecanismos de control, nuestra ruta metodológica a seguir para llegar a la elaboración del nuevo método que se quiere encontrar es la siguiente:

Revisión rigurosa de los modelos existentes que han sido presentados en el marco teórico concretamente el “modelo de Angstrom” expresados en las primeras 5 ecuaciones, bien referenciadas en la bibliografía y recolectar todos los datos de las variables meteorológicas que se miden en las estaciones instaladas en la Ciudad.

Cuantificación en valores instantáneos y diarios según la variable que conforman cada uno de los modelos descritos en capítulo de marco y fundamentos teóricos.

Elaborar los cálculos del Coeficiente de β de Turbiedad con los datos de radiación solar global y difusa que se miden en la estación de CENICFE en Chinchiná Caldas y con ellas determinar la componente directa como se indica en siguiente imagen:

Gráfica 12: Relación de las variables y los instrumentos para el cálculo de la radiación Global



Fuente: Los Autores

IV ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

4.1 Resultados

Basados en el nuevo modelo y con base en la tabla de clasificación de los coeficientes de Turbiedad Atmosférica β sugerida por Angstrom, se obtiene:

$$RG = I_n \text{ Sen } h + I_d \quad (51)$$

Donde:

RG es la radiación global”, I_d radiación difusa, medidas simultáneamente en la estación Arturo Mejía de la Federación de Cafeteros en el Municipio de Chinchiná Caldas

Tabla 10: Clasificación de los coeficientes de Turbiedad Atmosférica β sugerida por Angstrom

Atmósfera	β	α	Visibilidad (Km)
Limpia	0,0	1,3	340
Clara	0,1	1,3	28
Turbia	0.2	1,3	11
Muy Turbia	0.4	1,3	Menor a 5

Fuente: 1Centro Atómico Bariloche. Comisión Nacional de Energía Atómica. San Carlos de Bariloche, Argentina

4.2 Procedimiento de cálculo.

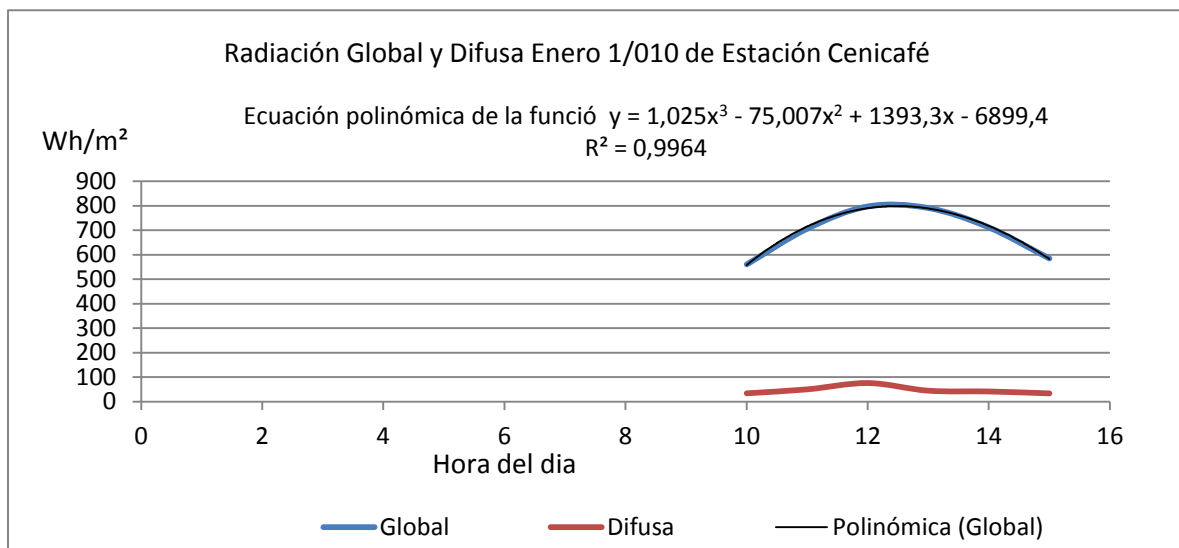
Paso 1

Como se ha mencionado, finalmente se adoptó realizar los cálculos de la Turbiedad Atmosférica con los datos de radiación solar global y difusa que son medidas de forma simultánea y de forma continua en la estación de CENICAFE en Chinchiná Caldas.

Paso 2

Con los datos horarios de estas variables se determinaron las curvas correspondientes a las horas de cielo despejado (sin nubes), como se aprecia en la figura 1 que corresponde a los datos del día primero del mes de enero de 2010.

Gráfica13: Radiación global y difusa-Enero 1 de 2010 Estación CENICAFÉ



Fuente: Gráfica elaborada por los autores con los datos medidos de radiación solar global de la Estación meteorológica del IDEAM

Paso3

Con la ecuación del polinomio se realiza la primera derivada y se iguala a cero para encontrar el valor máximo de irradiación y la hora en que se da ese valor.

Paso 4

Con el valor de la hora en que se da el máximo se determina el $\text{Sen } h$ con la Ecuación 4.3 del marco teórico.

Paso 5

Con el valor $\text{Sen } h$, se despeja I_n de la Ecuación 18 del marco teórico

Paso 6

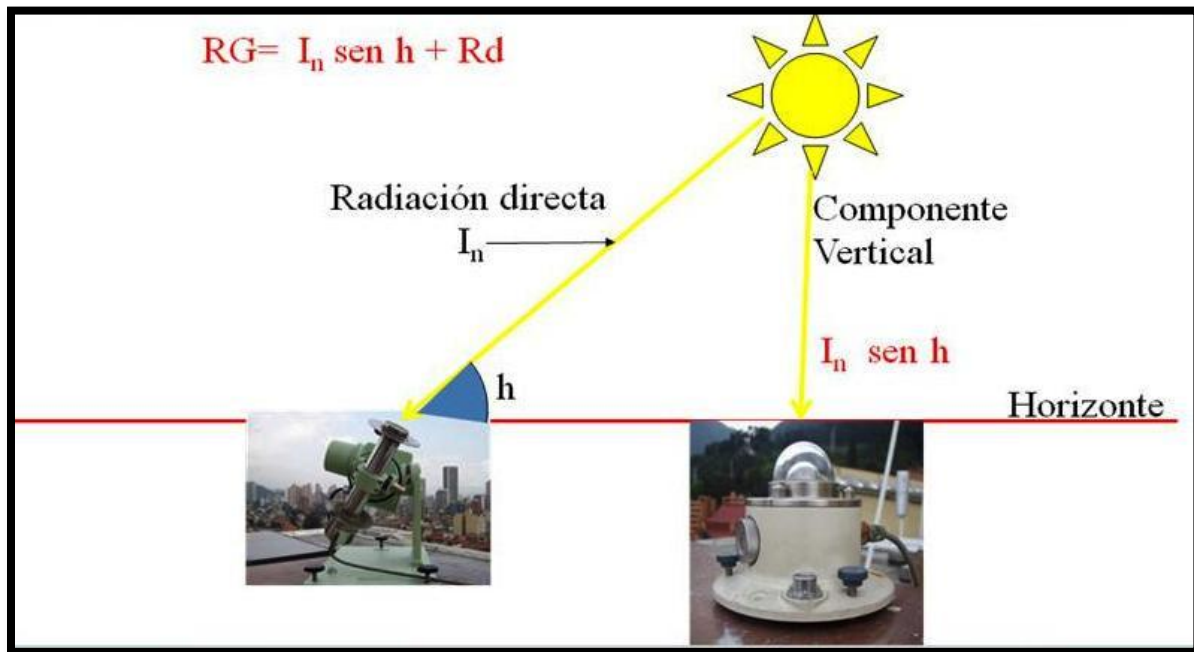
Con el valor I_n se Calcula el valor de β como se plantea en la ecuación 8 del marco teórico.

4.3 Resultados

Exitosamente se dedujo el modelo matemático para calcular Turbiedad atmosférica a partir de datos medidos de radiación solar global y radiación solar difusa. Aplicando las trayectorias de los rayos solares sobre una superficie normal al rayo solar (de forma perpendicular a la trayectoria) denominada Radiación Directa I_n y su componente vertical sobre una superficie horizontal que se denomina componente global.

El siguiente gráfico interpreta las trayectorias directa global y se presentan internamente fotos reales de los instrumentos de medida (Fotos y diseño del grafico es obra de los autores)

Gráfico 14: Relación de las variables y los instrumentos para el cálculo de la Radiación Global



Fuente: Los autores

Deducción de la formulación matemática

La deducción parte de la valoración conceptual dadas por la Organización Mundial de Meteorología para las componentes meteorológicas de radiación solar en su manual de normas y métodos de medidas de las variables meteorológicas (Manual No 8 1985) y se reduce a la siguiente igualdad:

$$R_g = I \text{ sen } h + R_d \quad (4.3)$$

Donde R_g = Radiación global sobre una superficie horizontal a la superficie terrestre.

I_n = Radiación directa y es la que llega sobre una superficie normal a la trayectoria del rayo solar.

$\text{Sen } h$ es la posición angular que forma la trayectoria del rayo solar, con respecto al horizonte geográfico y se denomina radiación global.

La ecuación matemática para cálculo de R_{dh} se encuentra en la anterior ecuación No 4.3 R_d es la componente difusa de la radiación solar y corresponde a las diferentes orientaciones que sigue el rayo, después de haber interactuado con los constituyentes atmosféricos, o sea que los rayos se dispersan en la atmosfera antes de llegar a la superficie terrestre y las ecuaciones para calculo analítico de la radiación difusa se encuentran a partir de las ecuaciones Nos 17 en adelante presentadas anteriormente.

Tabla de datos medidos de radiación global, difusa y demás variables meteorológicas necesarias para el cálculo de la turbiedad atmosférica.

Tabla 11: Los datos que se presentan han sido suministrados por la coordinación del grupo de trabajo de Agro meteorología de CENICAFÉ y corresponden a los datos del año 2010.

ESTACION CLIMATOLOGICA CENICAFE CHINCHINA-CALDAS							
Altura 1310 mts							
Latitud 04 58 N							
Longitud 75 36 W							
						Radiación	
						Directa I_n	
						$I_n(W/m^2)$	Turbiedad
Mes	$R_g(Wh/m^2)$	$R_d(Wh/m^2)$	T°C	HR	Ozono	$(R_g - R_d)/sen h$	β
Ene	802	57,16	28	48	240	756	0,268032041
Feb.	848	34,35	28	48	240	830	0,20503203
Mar	843	141,8	28	48	240	716	0,220809482

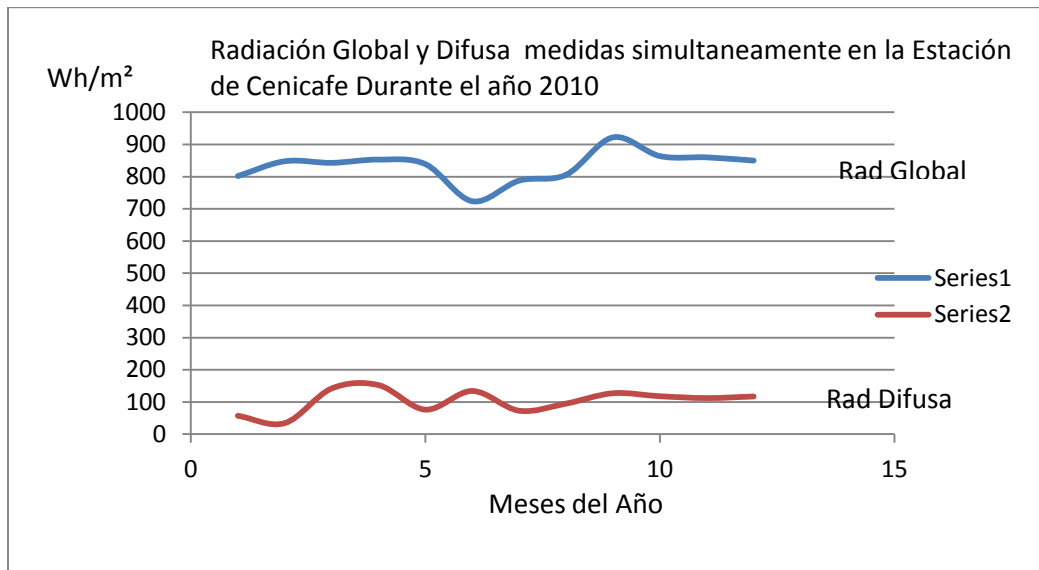
Abr.	853	152,2	26	53	245	715	0,193154278
May.	839	76,17	26	53	245	778	0,164501151
Jun.	724	134	28	49	250	601	0,214091457
Jul.	788	72,78	28	48	260	729	0,19319
Ags	806	95	29	46	260	659	0,213135016
Sep.	922	127	28	48	265	806	0,217021101
Oct.	864	117,7	27	50	260	795	0,234335958
Nov.	860	112	27	50	255	765	0,223931574
Dic.	850	117	28	48	250	733	0,222933725

Fuente: ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA CENICAFÉ CHINCHINA

4.3.1 Resultados de los cálculos

En el siguiente cuadro se presenta la distribución de los valores diarios de radiación global y difusa a lo largo del año de 2010. Medidas en la estación de CENICAFÉ.

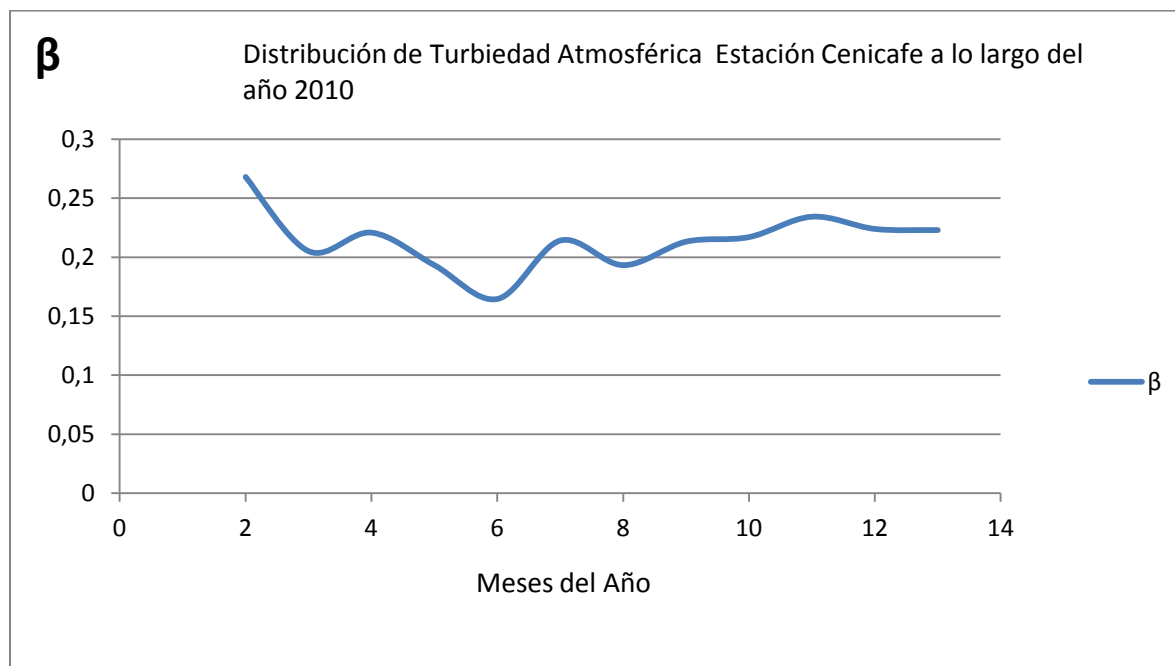
Gráfica 15: Radiación Global y Difusa medidas simultáneamente en la estación de CENICAFÉ durante el año 2010



Fuente: Los autores

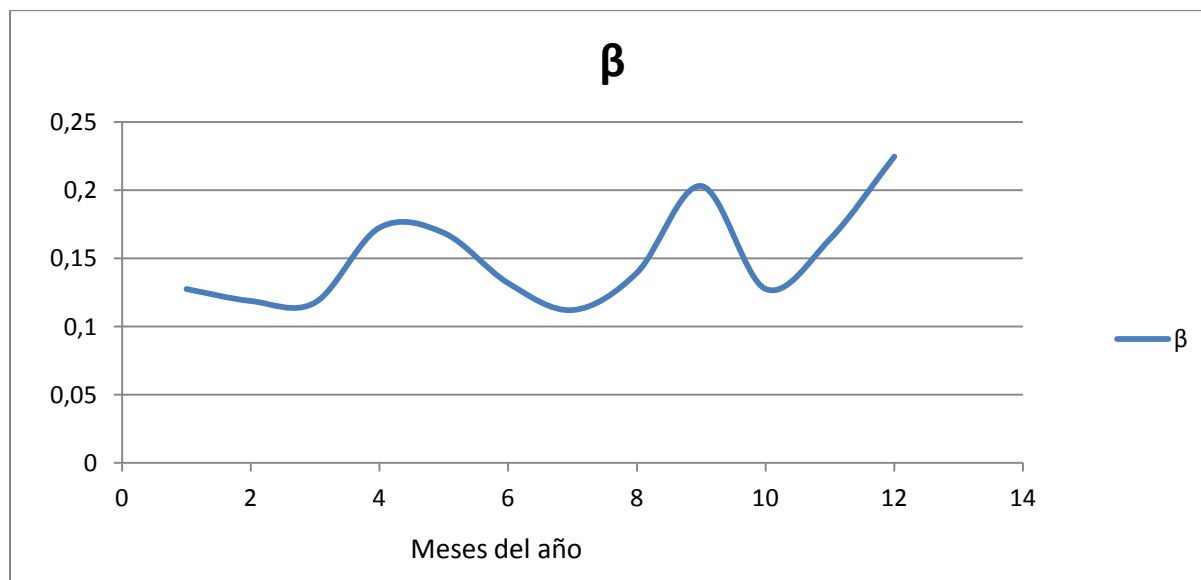
Y el siguiente gráfico presenta la distribución de la valoración del coeficiente de Turbiedad atmosférica a lo largo del año 2010. Los valores encontrados corresponden a la a las escalas de atmósfera clara y limpia sugerida por Ångström y que se encuentra especificada dentro del presente trabajo.

Gráfica 16: Distribución de turbiedad atmosférica estación CENICAFÉ a lo largo del 2010



Fuente: los autores

Gráfica 17: Distribución del coeficiente de Turbiedad β durante el año para la zona de estudio



Fuente: Los autores

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se aplicó y comprobó el nuevo método de cálculo físico-matemático para la valoración de la contaminación atmosférica por carga de aerosoles suspendidos en la atmósfera sobre la zona metropolitana de la ciudad de Manizales, a partir de datos solarimétricos de radiación directa, global y difusa simultáneamente con una serie de datos (2010-2012) tomados de la estación climatológica de CENICAFÉ-Chinchiná, seleccionando y filtrando una muestra del año 2010 (ANEXO 1) para el cálculo del coeficiente de turbiedad atmosférica β basados en la ecuación de Angstrom, que se calcularon con un Pirheliómetro que dispone de calibración internacional realizada en la Universidad Autónoma de México y se recalibró con pirheliómetro patrón PMO6 (anexo 2)

Se filtraron los datos de radiación solar, horas de brillo solar, humedad y temperatura del aire para el año 2010 de la estación climatológica de CENICAFÉ-Chinchiná, para días despejados, condición primordial para la aplicación del nuevo método de cálculo físico-matemático.

Los datos de la Tabla No. 15 muestran una secuencia simultánea de medición de radiación global y difusa que permitió definir las ecuaciones matemáticas que permiten calcular la turbiedad atmosférica

Los valores calculados del Coeficiente de Turbiedad Atmosférica β , para la Ciudad de Manizales corresponden a una atmósfera Clara, según la clasificación de Angstrom presentados en la tabla No 10.

Durante 2010 los meses de mayor turbiedad atmosférica en la zona metropolitana de la ciudad de Manizales son: Enero, febrero, marzo, junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre; por su parte, los meses con menor registro de turbiedad atmosférica fueron: Abril, mayo, julio.

Indica que Manizales es una de las Ciudades de Colombia con atmósfera limpia, compara por ejemplo con Bogotá que sus Índices β superan los valores de 0.35 indicando atmósfera Turbia y muy Turbia similar a Ciudad de México y Santiago de Chile.

5.2 Recomendaciones

Establecer una alianza o convenio con CENICAFÉ para extrapolar el modelo ajustado a los datos de radiación solar global, que miden en su Granja de investigaciones en Chinchiná y que son datos confiables ya que ellos calibran periódicamente sus instrumentos con la referencia Mundial de radiación Solar y sus datos son continuos durante el año.

Establecer igualmente una alianza o convenio con la universidad de nacional en Manizales, que opera una red de estaciones meteorológicas en la zona metropolitana de Manizales para cuantificar secuencialmente los valores de Turbiedad Atmosférica y de esta forma conformar una serie

de datos que indicará la tendencia a largo plazo de este contaminante atmosférico, y tomar las medidas necesarias en el corto plazo por parte de las Autoridades Ambientales del Municipio.

Considerar el nivel de eficiencia de los resultados obtenidos con el nuevo modelo físico – matemático para estimar el contenido total de aerosoles sobre la columna vertical aplicando el método de turbiedad atmosférica de Angstrom basado en datos solarimétricos en todo el espectro de banda, a partir de la trayectoria del rayo solar y su paso por la atmósfera.

Si consideramos que una persona adulta inhala en entre 13.000 y 15.000 litros de aire diarios, se debe considerar la turbiedad atmosférica como una variable e integrar el VAG (Vigilancia Atmosférica Global) y los SVMCA (Sistemas de Vigilancia y Monitoreo de la Calidad del Aire) para que dentro de los parámetros actuales de monitoreo se integren y se pueda hacer una prospectiva adecuada y eficiente de la calidad del aire, que en el caso de Manizales, se preserve la atmosfera limpia identificando a tiempo a través del monitoreo diario variaciones que puedan afectar la calidad de la atmosfera.

BIBLIOGRAFÍA

AQA. The UK national Air Quality Information Archive. 2002. Disponible en:

<http://www.aeat.co.uk/netcen/airqual/home.html>

Angstrom A, The Parameters of atmospheric Turbidity. Teilus 16(1), 64- 75 (1964)

Angstrom A. On the atmospheric transmission of sun radiation. Geografis. Annal. 2 and 3 130-159.

Banco de la republica. Biblioteca virtual Luis Ángel Arango. Sin título. 2002. Disponible en:

<http://www.banrep.gov.co/blaavirtual/letra-p/pacific1/cap10.htm>

Banco Mundial. Iniciativa del aire limpio. Gestión de la calidad del aire en las ciudades de América Latina. Curso de aprendizaje a distancia. Tercera edición. Del 9 de mayo al 27 de junio de 2002.

Barraza, Ninive. Modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos: comparación de desempeños en zona de ventanas, V región. Santiago de Chile, 1998. Disponible en:

<http://www2.ing.puc.cl/iiq/adm/academicos/profes/jorquera/ventanas.pdf>

Benavides, Henry. Sensores y principios técnicos utilizados en las estaciones de calidad del aire en Bogotá. Postgrado en meteorología. Junio de 2000

Bird and Hulstrom. Direct Insolation Models, - Solar Energy Research Institute SERI/ TR 335 - 334 Golden Co.

Bird and Hulstrom, Application of the Montecarlo Tecchniques to Insolation Characterization and Prediction, Solar Energy Research Institute SERI/ RR 36 -306

Botero, Edgar. Valoración energética de recursos naturales, minerales, agua y combustibles fósiles. Universidad de Zaragoza, Diciembre 2000. pág. 50-51. Disponible en:

[http://teide.cps.unizar.es/pub/publicir.nsf/b0cd3fbe758f9b865507/\\$FILE/cp0185.pdf](http://teide.cps.unizar.es/pub/publicir.nsf/b0cd3fbe758f9b865507/$FILE/cp0185.pdf)

Caselli Mauricio. La contaminación Atmosférica. Siglo veintiuno editores. Primera edición en español 1992.

CEPIS, OPS, OMS, curso: Conceptos básicos sobre meteorología de la contaminación del aire. 2002. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/meteoro/prologo.html>

Chacón C. Estimación de la Columna Total de Ozono en la banda de absorción de 9.6 μm para una Atmósfera Tropical. Bogotá Tesis de Maestría en Ciencias Físicas, Universidad Nacional de Colombia.

CICA. Centro de Información sobre Contaminación de Aire para la frontera de EEUU y México. Disponible en: <http://www.epa.gov/ttn/catc/cica/9904s.html>

C&T. Zona de Convergencia Intertropical. Trabajo realizado por: Nivaldo Silveira Ferreira. 2002. Disponible en: http://www.mct.gov.br/clima/espan/comunic_old/cinpe04.htm

DAMA, Departamento Administrativo del Medio Ambiente. Suministro de fotos por parte de funcionarios del Grupo de Calidad del Aire, Bogotá. 2000.

DAMA – DNP – FONADE. Corporación Misión Siglo XXI. Perfil ambiental de Santafé de Bogotá. Primera edición, 1996.

DAMA – INAMCO. Informe final del contrato 079/2000. Elaborar un Inventario de fuentes fijas de emisión de contaminantes a la atmósfera en la ciudad de Bogotá. Santa fe de Bogotá, Noviembre 30 de 2001.

DAPD. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN DISTRITAL. Segundo diagnostico de las restricciones y oportunidades de Bogotá. Subdirección de planeación económica y social. Bogotá, 1996.

_____, 2002. Página del Sistema de Información de Norma Urbana. Disponible en: <http://sinu.dapd.gov.co/>

Decreto No. 002 de 1982. Por el cual se reglamentan aspectos relacionados con emisiones atmosféricas. Ministerio de Salud. Bogotá, enero de 1982.

DETR. Department of the Environment, Transport and the Regions. Review and Assessment: Selection and Use of Dispersion Models. 2002.

Dockery DW, Pope III. Acute respiratory effect of particulate air pollution. Annu Rev Public Health 1994.

EPA. Environmental Protection Agency. Guía del usuario para el modelo de dispersión de complejo de fuente industrial (isc3). Volumen 1 - instrucciones para el usuario. EPA-454/B-95-003a. Septiembre de 1995. North Carolina, USA.

1995. User's guide for the industrial source complex (ISC3) dispersion models volume II - description of model algorithms. EPA-454/B-95-003a. North Carolina, USA.

2002a. ¿What Are the Six Common Air Pollutants? Disponible en:

<http://www.epa.gov/oar/urbanair/6poll.html>

2002b. Fuel Oil Combustion. Disponible en: <http://www.epa.gov>

[/ttn/chief/ap42/ch01/final/c01s03.pdf](http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01/final/c01s03.pdf)

2002c. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Volume I: Stationary Point and Area Sources. Quinta edición. Disponible en: <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/index.html>

2002d. Bituminous And Subbituminous Coal Combustion. Disponible en:
<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01/final/c01s03.pdf>

Eresmas. Heliofísica - Estudio del sol. 2002. Disponible en:
<http://idd008cq.eresmas.net/Pagina54.htm>

Gómez, Darío. Empleo de modelos para evaluar el vínculo entre la generación termoeléctrica y la contaminación atmosférica en Argentina. Comisión Nacional de Energía Atómica. Buenos Aires, 2002. Curso Banco Mundial, 2002

IDEAM, 2001. Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. El libro del Medio Ambiente en Colombia. 2a edición. IDEAM. Bogotá, agosto de 2001. Versión electrónica:
<http://www.ideam.gov.co/publica/index4.htm>

IDEAM – DAMA. Auditoria a la red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá. Convenio ínter administrativo. Bogotá, diciembre de 2002

IIE. Instituto de Investigaciones Eléctricas. División de Fuentes de Energía. Departamento de Sistemas de combustión. Estudio de la Micro meteorología del Valle de México. Tomo III: Me-

Metodología para la estimación de los flujos turbulentos en la capa superficial de la atmósfera. Diciembre de 1993.

IGAC. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Diccionario Geográfico de Colombia. Tomo 4. Bogotá, 1996.

Iqbal, M. an Introduction to Solar Radiation. Vancouver-Canada: Academic press, 377p, 1983.

Iqbal, M. Determination of ÅNGSTRÖM'S TURBIDITY COEFFICIENT FROM DIRECT TOTAL SOLAR IRRADIANCE MEASUREMENTS. 1986

JICA. Agencia de Cooperación Internacional del Japón The study on air pollution control plan in Bogotá city area. Bogotá, 1992

Jorquera, Héctor. Dispersión de Material Particulado en la Cuenca del Río Huasco – Chile. US-EPA. 2000.

Kasten F, A new table and approximate formula for relative optical air mass. Arch. Meteorological. Geophys. Bioklimatol. Ser B 14, 206 – 223 (1966)

K2-ingeniería, 2002. Disponible en: <http://tdc-e-mail.telefonica.net.co/~rmsa874/MODEL/Modelos.htm>

Lakes Environmental. Definitions – isc-aermod view (ISCST3, AERMOD, ISC-PRIME). 2002.

Disponible en: <http://support.weblakes.com/FAQ/definitions.html>

Lamap. Revised Introduction Manual on Radiation Instruments and Measurements. WMO/TD-Nº 1

49. Ginebra: WCRP Publications Series Nº 7, 134p, 1986.

Leckner B, The spectral distribution of solar radiation at the earths surface – elements of a model.

Sol Energy 20 (2), 143 – 150 (1978).

Martínez M., Alexander. Propuesta metodológica para la obtención de factores de emisión de partículas a partir de mediciones isocinéticas en calderas a base de carbón en Bogotá. Tesis para optar el título en Ingeniería ambiental y sanitaria. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 1998.

Organización Mundial de Meteorología (OMM), Nuestro Medio Ambiente Atmosférico, Secretaria General Ch-1211 Ginebra Suiza 1996.

PUCC. Pontificia Universidad Católica de Chile. Relieve, vientos y dispersión de contaminantes.

2002. Disponible en: http://www.puc.cl/sw_educ/contam/efect/efur09.htm

Resolución 1208 del 5 de septiembre de 2003, Por la cual se dictan normas sobre prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire.

DAMA. Bogotá, 2003.

Ruiz, Franklyn. Comportamiento promedio horario del viento en superficie para los aeropuertos internacionales del país. Nota técnica. IDEAM Noviembre de 1998.

SENAMHI, 2003. Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/ambiente/boletines/bol_05.htm.

Simbaqueva, O. Factores astronómicos y geográficos que afecta la radiación solar incidente sobre la superficie terrestre. Bogotá: Himat, 37p, 1990.

Solarte R., Iván. Contaminación atmosférica y enfermedades respiratorias en niños menores de 14 años en Santa Fe de Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana – DAMA. Bogotá, 1999.

Sozzi, Roberto y Ruiz, Franklin. Implementación de metodologías para la meteorología y la micrometeorología de dispersión de los contaminantes en el aire. IDEAM, Bogotá. Noviembre de 1998.

Spencer J. W, Fourier series representation of de position of the sun. Search 2 (5), 172 (1971)

SWISSCONTACT. Dispersión de la contaminación atmosférica causada por el tráfico vehicular.

48

Universidad de los Andes. Memorias del Seminario – Taller: Calidad del aire: Fundamentos, técnicas de medición y gerencia. Bogotá, Colombia. Febrero 28 al 2 de marzo de 2000.

UPME. Unidad de Planeación Minero Energética. Estadísticas Minero Energéticas 1997-2000. Bogotá, 2001.

Wark, Kenneth y Warner, Cecil. Contaminación del aire. Origen y Control. Versión en español. Editorial Limusa, México 1996.

Rangel M. Ernesto, Instituto de Hidrología Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT)
Primer Congreso de Meteorología en Colombia. 1985

ANEXOS

ANEXO A

Tabla de datos medidos.

Anexo A de la siguiente página, se presenta la de datos medidos en Febrero de 2013 y provienen de una tabla en Excel, donde se realizaron los cálculos correspondientes

Radiación registrada en CENICAFÉ - Chinchiná (1310 m)												
				Glob	Difusa						Glob	Difusa
				QRg	QRd						QRg	QRd
Año	Me	Dí	Hor	Wh/m	Wh/m		Año	Mes	Día	Hor	Wh/m	Wh/m
	s	a	a	²	²					a	²	²
2010	1	1	7				2010	2	1	7		
2010	1	1	8	105	14,96		2010	2	1	8	95	11,57
2010	1	1	9	369,7	27,22		2010	2	1	9	366,5	26,69
2010	1	1	10	560,3	33,48		2010	2	1	10	571,8	29,2

2010	1	1	11	706,4	49,83		201 0	2	1	11	738,8	33,08
2010	1	1	12	797,5	75,68		201 0	2	1	12	833	33,92
2010	1	1	13	791,1	44,3		201 0	2	1	13	848	34,35
2010	1	1	14	711,6	41,06		201 0	2	1	14	772,2	38,32
2010	1	1	15	584,6	33,18		201 0	2	1	15	410,7	128,4
2010	1	1	16	389,5	27,71		201 0	2	1	16	260,3	173,4
2010	1	1	17	178,3	39,5		201 0	2	1	17	162,4	87,9
2010	1	1	18	5,244			201 0	2	1	18	11,29	4,637
2010	1	2	7				201 0	2	2	7		
2010	1	2	8	101,5	54,73		201 0	2	2	8	100	11,7
2010	1	2	9	315,9	76,12		201 0	2	2	9	367,6	27,28
2010	1	2	10	551,2	50,16		201	2	2	10	549,3	41,76

							0					
2010	1	2	11	705,9	45,05		201	2	2	11	731,5	43,31
							0					
2010	1	2	12	802	57,16		201	2	2	12	822	48,75
							0					
2010	1	2	13	791,4	52,66		201	2	2	13	837	46,93
							0					
2010	1	2	14	714,4	40,42		201	2	2	14	778,5	38,73
							0					
2010	1	2	15	590,5	28,67		201	2	2	15	647,1	38,73
							0					
2010	1	2	16	409,3	15		201	2	2	16	450,4	40,55
							0					
2010	1	2	17	176,9	1,367		201	2	2	17	183,8	42,94
							0					
2010	1	2	18				201	2	2	18	25,33	15,66
							0					
2010	1	3	7				201	2	3	7		
							0					
2010	1	3	8	108,9	43,44		201	2	3	8	102,8	23,85
							0					
2010	1	3	9	354,2	46,56		201	2	3	9	340,3	45,16
							0					

2010	1	3	10	555,8	43		201	2	3	10	541,8	62,13
							0					
2010	1	3	11	735,6	69,15		201	2	3	11	718,5	93,5
							0					
2010	1	3	12	798,4	87,6		201	2	3	12	774,9	135,8
							0					
2010	1	3	13	770,5	67,64		201	2	3	13	795,6	156,8
							0					
2010	1	3	14	717,7	36,08		201	2	3	14	725,8	120,8
							0					
2010	1	3	15	596,3	29,59		201	2	3	15	577,1	103,7
							0					
2010	1	3	16	401	27,01		201	2	3	16	437,8	65,81
							0					
2010	1	3	17	190,6	15,78		201	2	3	17	210,1	26,31
							0					
2010	1	3	18				201	2	3	18		
							0					
2010	1	4	7				201	2	4	7		
							0					
2010	1	4	8	127,9	49,77		201	2	4	8	45,61	31,58
							0					
2010	1	4	9	351,6	36,98		201	2	4	9	310,7	135,6

							0					
2010	1	4	10	539,7	49,72		201	2	4	10	520,5	143,6
							0					
2010	1	4	11	694,3	74,49		201	2	4	11	717,1	198,8
							0					
2010	1	4	12	721,9	68,82		201	2	4	12	543	262
							0					
2010	1	4	13	772,1	58,26		201	2	4	13	420,8	279,1
							0					
2010	1	4	14	708,6	49,99		201	2	4	14	435,7	275,9
							0					
2010	1	4	15	588,8	41,74		201	2	4	15	494,3	231,2
							0					
2010	1	4	16	369,2	57,22		201	2	4	16	313,4	125,5
							0					
2010	1	4	17	105	34,98		201	2	4	17	179,8	70,65
							0					
2010	1	4	18				201	2	4	18	25,02	14,17
							0					
2010	1	5	7				201	2	5	7		
							0					
2010	1	5	8	100,5	36,86		201	2	5	8	44,7	31,01
							0					

2010	1	5	9	338,6	50,6		201	2	5	9	147,1	97,8
							0					
2010	1	5	10	539,6	57,25		201	2	5	10	126	99,8
							0					
2010	1	5	11	596,7	88,4		201	2	5	11	406,4	159,7
							0					
2010	1	5	12	805	116,9		201	2	5	12	889	126,4
							0					
2010	1	5	13	785,3	68,22		201	2	5	13	454,8	232
							0					
2010	1	5	14	622,9	111,7		201	2	5	14	492,9	190,1
							0					
2010	1	5	15	410,7	137,4		201	2	5	15	406,8	151,1
							0					
2010	1	5	16	157,2	114,8		201	2	5	16	412,8	87,3
							0					
2010	1	5	17	189	96		201	2	5	17	221,5	38,4
							0					
2010	1	5	18	9,5	4,941		201	2	5	18		
							0					
2010	1	6	7				201	2	6	7		
							0					
2010	1	6	8	92,3	23,05		201	2	6	8	24,92	17,17

							0					
2010	1	6	9	344,3	43,23		201	2	6	9	150	113,8
							0					
2010	1	6	10	532,5	56,76		201	2	6	10	253,7	186,1
							0					
2010	1	6	11	684,9	66,12		201	2	6	11	116	88,4
							0					
2010	1	6	12	759,2	76,37		201	2	6	12	358,9	208,3
							0					
2010	1	6	13	767,1	77,53		201	2	6	13	548,2	279,4
							0					
2010	1	6	14	705	81,3		201	2	6	14	428,1	255,2
							0					
2010	1	6	15	512	171,3		201	2	6	15	270,5	165,8
							0					
2010	1	6	16	321,9	157,7		201	2	6	16	104,7	65,43
							0					
2010	1	6	17	177,4	86,6		201	2	6	17	121,6	88,7
							0					
2010	1	6	18	0,905			201	2	6	18	34,7	24,8
							0					
2010	1	7	7				201	2	7	7		
							0					

2010	1	7	8	87,8	25,77		201	2	7	8	54,55	37,82
							0					
2010	1	7	9	337,2	51,28		201	2	7	9	184,3	124,5
							0					
2010	1	7	10	526,5	75,49		201	2	7	10	296,5	159,6
							0					
2010	1	7	11	678,9	73,82		201	2	7	11	638,6	203,3
							0					
2010	1	7	12	755,2	87,3		201	2	7	12	830	157,1
							0					
2010	1	7	13	754,8	86,2		201	2	7	13	795	136,1
							0					
2010	1	7	14	687,5	72,87		201	2	7	14	677,5	153,4
							0					
2010	1	7	15	624,2	121,6		201	2	7	15	650,7	151,6
							0					
2010	1	7	16	411,7	115,6		201	2	7	16	396,1	99,6
							0					
2010	1	7	17	162,4	24,95		201	2	7	17	174,9	48,66
							0					
2010	1	7	18				201	2	7	18	17,93	7,615
							0					
2010	1	8	7				201	2	8	7		

							0					
2010	1	8	8	61,2	48,59		201	2	8	8	48,31	31,15
							0					
2010	1	8	9	139,5	94,6		201	2	8	9	198,9	138,7
							0					
2010	1	8	10	374,1	142,1		201	2	8	10	529,3	172,9
							0					
2010	1	8	11	614,5	193,1		201	2	8	11	752,9	182,4
							0					
2010	1	8	12	676,1	174,8		201	2	8	12	614,6	212,4
							0					
2010	1	8	13	669,7	141,6		201	2	8	13	704,6	223,2
							0					
2010	1	8	14	327,4	187,1		201	2	8	14	414,4	192,8
							0					
2010	1	8	15	451,4	194,8		201	2	8	15	331,3	155,6
							0					
2010	1	8	16	412,5	155,8		201	2	8	16	318,1	163,6
							0					
2010	1	8	17	145,8	48,17		201	2	8	17	140,5	80,5
							0					
2010	1	8	18	4,254			201	2	8	18	18,84	11,09
							0					

2010	1	9	7	8,98	4,791		201	2	9	7		
							0					
2010	1	9	8	108,5	42,65		201	2	9	8	39,35	28,88
							0					
2010	1	9	9	294,2	85		201	2	9	9	99,7	78,89
							0					
2010	1	9	10	525,2	94,4		201	2	9	10	103,1	78,26
							0					
2010	1	9	11	662,6	118,9		201	2	9	11	59,33	42,98
							0					
2010	1	9	12	682,1	170,4		201	2	9	12	53,01	39,56
							0					
2010	1	9	13	614,5	269,3		201	2	9	13	76,18	59,55
							0					
2010	1	9	14	575,7	275,6		201	2	9	14	258,4	197,9
							0					
2010	1	9	15	368,6	213,4		201	2	9	15	119,9	87,4
							0					
2010	1	9	16	248,2	139,3		201	2	9	16	113,6	88
							0					
2010	1	9	17	82,2	58,63		201	2	9	17	38,62	27,02
							0					
2010	1	9	18				201	2	9	18		

							0						
2010	1	10	7				201	2	10	7			
							0						
2010	1	10	8	45,42	33,21		201	2	10	8	134,9	44,6	
							0						
2010	1	10	9	339,6	100,8		201	2	10	9	215,1	108,9	
							0						
2010	1	10	10	427,3	145,7		201	2	10	10	521,7	79,43	
							0						
2010	1	10	11	278	219,7		201	2	10	11	716,3	109,1	
							0						
2010	1	10	12	331,6	238,9		201	2	10	12	697,2	171,3	
							0						
2010	1	10	13	611,2	221,7		201	2	10	13	572	179,6	
							0						
2010	1	10	14	754,8	147,7		201	2	10	14	366,8	235,6	
							0						
2010	1	10	15	491,8	146,8		201	2	10	15	408,7	213,8	
							0						
2010	1	10	16	336,8	101,3		201	2	10	16	450	92,1	
							0						
2010	1	10	17	185,5	80,6		201	2	10	17	187,7	59,65	
							0						

2010	1	10	18	13,38	4,99		201	2	10	18		
							0					
2010	1	11	7				201	2	11	7		
							0					
2010	1	11	8	103,4	38,09		201	2	11	8	34,35	24,19
							0					
2010	1	11	9	354,3	50,65		201	2	11	9	231,8	138,6
							0					
2010	1	11	10	479,7	104,7		201	2	11	10	458,9	133,5
							0					
2010	1	11	11	585,9	149,3		201	2	11	11	609,1	128,5
							0					
2010	1	11	12	529,6	188,1		201	2	11	12	686,1	176,9
							0					
2010	1	11	13	717,5	158,5		201	2	11	13	813	210
							0					
2010	1	11	14	589,9	183,2		201	2	11	14	537,2	250,6
							0					
2010	1	11	15	468,3	141		201	2	11	15	481,7	156,5
							0					
2010	1	11	16	336	66,64		201	2	11	16	399,9	115,5
							0					
2010	1	11	17	220,6	47,41		201	2	11	17	194	54,39

							0					
2010	1	11	18				201	2	11	18		
							0					
2010	1	12	7				201	2	12	7		
							0					
2010	1	12	8	73,63	26,49		201	2	12	8	107	57,26
							0					
2010	1	12	9	332,8	82,6		201	2	12	9	133,4	90,4
							0					
2010	1	12	10	549,6	61,11		201	2	12	10	335,6	135,4
							0					
2010	1	12	11	690,7	84,4		201	2	12	11	555,7	155,4
							0					
2010	1	12	12	742,7	133,1		201	2	12	12	772,9	203,6
							0					
2010	1	12	13	784,2	96,9		201	2	12	13	754,1	211,6
							0					
2010	1	12	14	732	89,4		201	2	12	14	665,2	180,6
							0					
2010	1	12	15	594,4	59,21		201	2	12	15	564,9	131
							0					
2010	1	12	16	418,7	47,65		201	2	12	16	228,7	82,8
							0					

2010	1	12	17	195,4	54,74		201	2	12	17	214,1	81,1
							0					
2010	1	12	18	20,98	12,44		201	2	12	18		
							0					
2010	1	13	7				201	2	13	7		
							0					
2010	1	13	8	87,5	26,75		201	2	13	8	110,2	23,93
							0					
2010	1	13	9	337,7	48,48		201	2	13	9	355,5	49,27
							0					
2010	1	13	10	526,6	62,54		201	2	13	10	566,4	64,12
							0					
2010	1	13	11	685,1	78,63		201	2	13	11	758,4	68,52
							0					
2010	1	13	12	771,1	79,72		201	2	13	12	761,5	145,8
							0					
2010	1	13	13	779,6	76,58		201	2	13	13	576,4	294,2
							0					
2010	1	13	14	713	66,71		201	2	13	14	650	216
							0					
2010	1	13	15	586,8	56,95		201	2	13	15	547,5	148,8
							0					
2010	1	13	16	397,5	41,94		201	2	13	16	369	102

							0					
2010	1	13	17	183,1	25,82		201	2	13	17	101,3	61,29
							0					
2010	1	13	18	3,917			201	2	13	18	19,37	8,77
							0					
2010	1	14	7				201	2	14	7		
							0					
2010	1	14	8	89,7	33,97		201	2	14	8		
							0					
2010	1	14	9	332,5	61,65		201	2	14	9	97,4	74,08
							0					
2010	1	14	10	515	72,56		201	2	14	10	309,2	204,6
							0					
2010	1	14	11	701,5	100,4		201	2	14	11	477,5	283,2
							0					
2010	1	14	12	802	109,5		201	2	14	12	373,7	231,1
							0					
2010	1	14	13	725,1	249,1		201	2	14	13	250,2	192,1
							0					
2010	1	14	14	601,6	291,4		201	2	14	14	124,1	97
							0					
2010	1	14	15	626,4	254		201	2	14	15	230,7	173,7
							0					

2010	1	14	16	386,3	151,4		201	2	14	16	204,6	153,1
							0					
2010	1	14	17	195,8	52,71		201	2	14	17	86,9	63,81
							0					
2010	1	14	18	13,1	3,845		201	2	14	18	6,459	0,819
							0					
2010	1	15	7				201	2	15	7		
							0					
2010	1	15	8	75,39	43,75		201	2	15	8	58,4	29,36
							0					
2010	1	15	9	190,1	139,2		201	2	15	9	183,7	127,8
							0					
2010	1	15	10	497,9	90,8		201	2	15	10	555,4	119,8
							0					
2010	1	15	11	694,8	76,96		201	2	15	11	727,1	97,7
							0					
2010	1	15	12	781	74,88		201	2	15	12	831	119,8
							0					
2010	1	15	13	795,3	63,54		201	2	15	13	747	214,3
							0					
2010	1	15	14	724,5	54,99		201	2	15	14	589,3	266,3
							0					
2010	1	15	15	628	108,1		201	2	15	15	530	203,1

							0						
2010	1	15	16	425,9	85,1		201	2	15	16	300,8	151,5	
							0						
2010	1	15	17	180,8	28,57		201	2	15	17	144,2	59,18	
							0						
2010	1	15	18				201	2	15	18	53,38	32,58	
							0						
2010	1	16	7				201	2	16	7			
							0						
2010	1	16	8	70,12	50,51		201	2	16	8	39,56	27,12	
							0						
2010	1	16	9	256,8	99,2		201	2	16	9	50,65	36,2	
							0						
2010	1	16	10	426,1	114,3		201	2	16	10	298,3	194,9	
							0						
2010	1	16	11	618,3	125,2		201	2	16	11	408,7	282,6	
							0						
2010	1	16	12	765,5	121,3		201	2	16	12	355,9	273,6	
							0						
2010	1	16	13	757,2	266,3		201	2	16	13	452	287,8	
							0						
2010	1	16	14	573,4	265,7		201	2	16	14	597,6	301,1	
							0						

2010	1	16	15	534,8	229,8		201	2	16	15	670,7	243,8
							0					
2010	1	16	16	347,5	131,1		201	2	16	16	421,5	171,3
							0					
2010	1	16	17	78,58	54,97		201	2	16	17	111,4	73,67
							0					
2010	1	16	18				201	2	16	18	28,86	19,71
							0					
2010	1	17	7				201	2	17	7		
							0					
2010	1	17	8	71,02	46,03		201	2	17	8	67,42	49,13
							0					
2010	1	17	9	323,4	101,4		201	2	17	9	270,7	135,6
							0					
2010	1	17	10	535,1	64,6		201	2	17	10	526	165,2
							0					
2010	1	17	11	603,2	107,1		201	2	17	11	623,8	193,2
							0					
2010	1	17	12	718	122,1		201	2	17	12	694	165,3
							0					
2010	1	17	13	714,4	162,1		201	2	17	13	793,9	167,4
							0					
2010	1	17	14	631	207,3		201	2	17	14	805	154,1

							0					
2010	1	17	15	620,1	126,4		201	2	17	15	678,8	153
							0					
2010	1	17	16	422,5	91,7		201	2	17	16	434	133,4
							0					
2010	1	17	17	185,2	36,72		201	2	17	17	130	57,99
							0					
2010	1	17	18	8,75			201	2	17	18	15,39	5,104
							0					
2010	1	18	7				201	2	18	7		
							0					
2010	1	18	8	77,16	43,56		201	2	18	8	47,13	24,99
							0					
2010	1	18	9	359	39,51		201	2	18	9	289,8	103,7
							0					
2010	1	18	10	543,2	45,84		201	2	18	10	354,6	125,6
							0					
2010	1	18	11	736,8	90,3		201	2	18	11	737,6	168,7
							0					
2010	1	18	12	784,9	119		201	2	18	12	718	200,7
							0					
2010	1	18	13	716,7	195,5		201	2	18	13	447	212,9
							0					

2010	1	18	14	686,7	205,6		201	2	18	14	309,4	181,7
							0					
2010	1	18	15	571,2	132,9		201	2	18	15	548,1	208,5
							0					
2010	1	18	16	426,5	61,07		201	2	18	16	484,3	130,4
							0					
2010	1	18	17	214,8	71,37		201	2	18	17	273,6	83
							0					
2010	1	18	18	15,27	2,061		201	2	18	18	24,67	9,39
							0					
2010	1	19	7				201	2	19	7		
							0					
2010	1	19	8	35,14	24,28		201	2	19	8	91,6	51,9
							0					
2010	1	19	9	291,9	62,66		201	2	19	9	234,1	127
							0					
2010	1	19	10	498,8	140,7		201	2	19	10	324,9	186,8
							0					
2010	1	19	11	547,1	167,7		201	2	19	11	370,6	230,2
							0					
2010	1	19	12	497,3	196,6		201	2	19	12	359,7	230,8
							0					
2010	1	19	13	540,5	207,2		201	2	19	13	259,8	189,3

							0					
2010	1	19	14	591,3	276,1		201	2	19	14	249,8	177,6
							0					
2010	1	19	15	362,4	208,3		201	2	19	15	360,3	200,3
							0					
2010	1	19	16	244,1	128,4		201	2	19	16	310,8	140
							0					
2010	1	19	17	207,8	40,5		201	2	19	17	208,9	85,7
							0					
2010	1	19	18				201	2	19	18	17,6	5,624
							0					
2010	1	20	7				201	2	20	7		
							0					
2010	1	20	8	79,86	13,93		201	2	20	8	89,2	53,78
							0					
2010	1	20	9	349,7	29,78		201	2	20	9	224,6	145,6
							0					
2010	1	20	10	540	38,68		201	2	20	10	357,7	198,5
							0					
2010	1	20	11	724,3	70,5		201	2	20	11	338,2	215,9
							0					
2010	1	20	12	813	139,3		201	2	20	12	476,7	290,6
							0					

2010	1	20	13	860	160,3		201	2	20	13	299,4	225,1
							0					
2010	1	20	14	602,4	152,6		201	2	20	14	365,2	228,5
							0					
2010	1	20	15	271,1	133,9		201	2	20	15	480	261,2
							0					
2010	1	20	16	220,1	133,5		201	2	20	16	191,5	136
							0					
2010	1	20	17	134,1	32,13		201	2	20	17	73,74	52,02
							0					
2010	1	20	18	11,81	1,204		201	2	20	18	4,846	
							0					
2010	1	21	7				201	2	21	7		
							0					
2010	1	21	8	92,2	33,24		201	2	21	8	25,82	9,77
							0					
2010	1	21	9	356,7	57,69		201	2	21	9	32,38	21,4
							0					
2010	1	21	10	533	51,59		201	2	21	10	413	185,5
							0					
2010	1	21	11	694,8	67,61		201	2	21	11	566,3	188,7
							0					
2010	1	21	12	775	96,5		201	2	21	12	832	158,3

							0					
2010	1	21	13	742,6	145,1		201	2	21	13	752,1	223,2
							0					
2010	1	21	14	671,5	156,7		201	2	21	14	458,4	265,6
							0					
2010	1	21	15	577,6	79,18		201	2	21	15	177,1	136,6
							0					
2010	1	21	16	199,2	78,95		201	2	21	16	163,8	109,3
							0					
2010	1	21	17	108,9	43,36		201	2	21	17	136,6	76,28
							0					
2010	1	21	18				201	2	21	18	7,471	0,384
							0					
2010	1	22	7				201	2	22	7		
							0					
2010	1	22	8	24,06	17,04		201	2	22	8	79,21	58,06
							0					
2010	1	22	9	57,99	46,11		201	2	22	9	164,5	117,3
							0					
2010	1	22	10	92,9	74,62		201	2	22	10	509,8	239,8
							0					
2010	1	22	11	210,3	174		201	2	22	11	665,7	183,6
							0					

2010	1	22	12	262,3	212,3		201	2	22	12	603,1	281
							0					
2010	1	22	13	277,7	221,2		201	2	22	13	761	227,1
							0					
2010	1	22	14	188,3	153,6		201	2	22	14	521	195,2
							0					
2010	1	22	15	225,3	178,5		201	2	22	15	644,1	163,4
							0					
2010	1	22	16	267,9	157,7		201	2	22	16	388,6	117,8
							0					
2010	1	22	17	206	77,99		201	2	22	17	213,3	76,22
							0					
2010	1	22	18	21,43	10,05		201	2	22	18	38,21	17,65
							0					
2010	1	23	7				201	2	23	7		
							0					
2010	1	23	8	45,27	34,02		201	2	23	8	29,58	19,59
							0					
2010	1	23	9	186,8	107,4		201	2	23	9	107,9	83,3
							0					
2010	1	23	10	461,9	191,6		201	2	23	10	357,5	202,4
							0					
2010	1	23	11	657,1	123,7		201	2	23	11	434,5	256,2

							0						
2010	1	23	12	615,2	165,4		201	2	23	12	366,4	255,3	
							0						
2010	1	23	13	697,2	208,9		201	2	23	13	193,8	148,6	
							0						
2010	1	23	14	659,9	248,1		201	2	23	14	17,4	8,15	
							0						
2010	1	23	15	348,6	152,7		201	2	23	15	124,7	96,7	
							0						
2010	1	23	16				201	2	23	16	54,57	35,1	
							0						
2010	1	23	17	54,35	42,21		201	2	23	17	53,94	36,8	
							0						
2010	1	23	18	24,29	13,33		201	2	23	18	17,62	4,379	
							0						
2010	1	24	7				201	2	24	7			
							0						
2010	1	24	8	81,4	52,13		201	2	24	8	135,2	37,6	
							0						
2010	1	24	9	181,7	97,6		201	2	24	9	343,8	92,3	
							0						
2010	1	24	10	501,4	84,1		201	2	24	10	471,3	123,6	
							0						

2010	1	24	11	676,5	89,7		201	2	24	11	733,5	132,7
							0					
2010	1	24	12	649,8	159,9		201	2	24	12	798,7	140,1
							0					
2010	1	24	13	800	95		201	2	24	13	804	171,9
							0					
2010	1	24	14	579,7	160,3		201	2	24	14	636,5	183,6
							0					
2010	1	24	15	302,5	212,9		201	2	24	15	607,1	207,7
							0					
2010	1	24	16	231,1	119,1		201	2	24	16	254,6	146,7
							0					
2010	1	24	17	67,86	45,21		201	2	24	17	121,2	83
							0					
2010	1	24	18				201	2	24	18	21,5	11,98
							0					
2010	1	25	7				201	2	25	7		
							0					
2010	1	25	8	68,26	54,33		201	2	25	8	73,24	51,03
							0					
2010	1	25	9	166,1	115,1		201	2	25	9	124,6	96,6
							0					
2010	1	25	10	486,2	191,1		201	2	25	10	338,2	224

							0					
2010	1	25	11	248,7	150,6		201	2	25	11	449	265
							0					
2010	1	25	12	241,8	170,4		201	2	25	12	717,3	287,6
							0					
2010	1	25	13	614,4	339,3		201	2	25	13	680,8	283
							0					
2010	1	25	14	333,5	248,4		201	2	25	14	739,4	179,8
							0					
2010	1	25	15	265	205,2		201	2	25	15	515,5	212,8
							0					
2010	1	25	16	372,5	194,5		201	2	25	16	142	73,95
							0					
2010	1	25	17	156,5	98,3		201	2	25	17	251,6	67,28
							0					
2010	1	25	18	14,42	7,149		201	2	25	18	32,67	14,76
							0					
2010	1	26	7				201	2	26	7		
							0					
2010	1	26	8	58,69	43,8		201	2	26	8	31,5	20,63
							0					
2010	1	26	9	122,6	100,7		201	2	26	9	106,9	77,39
							0					

2010	1	26	10	411	225,5		201	2	26	10	427	212,7
							0					
2010	1	26	11	427	234,7		201	2	26	11	648,1	256,4
							0					
2010	1	26	12	253,4	191,2		201	2	26	12	422,8	257,8
							0					
2010	1	26	13	378,1	273,9		201	2	26	13	190,1	136,8
							0					
2010	1	26	14	345	252,6		201	2	26	14	92,2	68,27
							0					
2010	1	26	15	101,1	78,2		201	2	26	15	171,5	125,1
							0					
2010	1	26	16	114,9	93,2		201	2	26	16	2,011	
							0					
2010	1	26	17	83,1	66,92		201	2	26	17	45,38	30,49
							0					
2010	1	26	18				201	2	26	18	15,83	9,36
							0					
2010	1	27	7				201	2	27	7		
							0					
2010	1	27	8	84,9	19,88		201	2	27	8	70,72	52,8
							0					
2010	1	27	9	355,7	58,7		201	2	27	9	105,4	79,21

							0					
2010	1	27	10	533,2	115,5		201	2	27	10	225	163,1
							0					
2010	1	27	11	720,2	179,9		201	2	27	11	399,8	277,1
							0					
2010	1	27	12	833	104,1		201	2	27	12	834	150,8
							0					
2010	1	27	13	826	87,7		201	2	27	13	840	161
							0					
2010	1	27	14	756,9	133,3		201	2	27	14	724,2	147
							0					
2010	1	27	15	471,1	198,5		201	2	27	15	710,2	149,6
							0					
2010	1	27	16	246	119,6		201	2	27	16	510,2	112,1
							0					
2010	1	27	17	17	10,04		201	2	27	17	271,9	69,78
							0					
2010	1	27	18				201	2	27	18	37,26	22,19
							0					
2010	1	28	7				201	2	28	7		
							0					
2010	1	28	8	55,03	42,63		201	2	28	8	102,2	27,67
							0					

2010	1	28	9	207,3	70,28		201	2	28	9	372,6	61,65
							0					
2010	1	28	10	509	72,09		201	2	28	10	606	78,55
							0					
2010	1	28	11	644,7	125,8		201	2	28	11	746,7	144
							0					
2010	1	28	12	682,1	199,7		201	2	28	12	769,3	137
							0					
2010	1	28	13	778,2	78,42		201	2	28	13	859	104,9
							0					
2010	1	28	14	741	87,4		201	2	28	14	819	89,9
							0					
2010	1	28	15	552	136,6		201	2	28	15	687,1	108,6
							0					
2010	1	28	16	254,2	104,6		201	2	28	16	398,6	112,1
							0					
2010	1	28	17	21,25	12,44		201	2	28	17	118,2	56,2
							0					
2010	1	28	18				201	2	28	18	24,42	9,23
							0					
2010	1	29	7									
2010	1	29	8	61,1	29,28							
2010	1	29	9	369,3	140,5							

2010	1	29	10	386,1	179,8								
2010	1	29	11	711,6	183,6								
2010	1	29	12	484,8	204,3								
2010	1	29	13	726,8	202,1								
2010	1	29	14	611,1	236,2								
2010	1	29	15	487,8	219,8								
2010	1	29	16	177,7	99,2								
2010	1	29	17										
2010	1	29	18										
2010	1	30	7										
2010	1	30	8	86,9	63,5								
2010	1	30	9	222,1	156,4								
2010	1	30	10	442,5	149,9								
2010	1	30	11	737,1	83,8								
2010	1	30	12	836	79,69								
2010	1	30	13	817	90,5								
2010	1	30	14	628	194,3								
2010	1	30	15	481,3	157,9								
2010	1	30	16	260,9	160,1								
2010	1	30	17	86,1	67,17								
2010	1	30	18	4,823									
2010	1	31	7										
2010	1	31	8	93	18,85								

2010	1	31	9	354,1	38,21								
2010	1	31	10	556,1	53,67								
2010	1	31	11	728,4	53,27								
2010	1	31	12	817	65,24								
2010	1	31	13	588,6	247,8								
2010	1	31	14	722,5	152,6								
2010	1	31	15	652	67,45								
2010	1	31	16	435,8	73,52								
2010	1	31	17	102,6	45,69								
2010	1	31	18	34,44	24,15								
2010	3	1	7				201	4	1	7			
							0						
2010	3	1	8	130,4	56,13		201	4	1	8	136,4	73,67	
							0						
2010	3	1	9	391,7	81,1		201	4	1	9	353,9	59,03	
							0						
2010	3	1	10	499,5	162,2		201	4	1	10	604,5	154,4	
							0						
2010	3	1	11	461,2	249,7		201	4	1	11	865	122,9	
							0						
2010	3	1	12	745,6	221,4		201	4	1	12	913	125,4	
							0						

2010	3	1	13	669,2	253,4		201 0	4	1	13	901	116
2010	3	1	14	370,3	245,8		201 0	4	1	14	695,9	125
2010	3	1	15	195	148,3		201 0	4	1	15	71,38	46,23
2010	3	1	16	108,2	83,3		201 0	4	1	16	51,32	34,54
2010	3	1	17	115,5	79,34		201 0	4	1	17	74,48	51,35
2010	3	1	18				201 0	4	1	18	4,414	
2010	3	2	7				201 0	4	2	7		
2010	3	2	8	95,9	66,84		201 0	4	2	8	80,2	54,01
2010	3	2	9	244	146,3		201 0	4	2	9	377	120,2
2010	3	2	10	553,8	226,7		201 0	4	2	10	669,3	173,9
2010	3	2	11	298	187,8		201 0	4	2	11	871	196,9
2010	3	2	12	770,1	309,8		201	4	2	12	936	212,6

							0					
2010	3	2	13	441,6	264,9		201	4	2	13	911	193,4
							0					
2010	3	2	14	372,8	217,1		201	4	2	14	749,2	225
							0					
2010	3	2	15	175,7	127,6		201	4	2	15	515,5	219,2
							0					
2010	3	2	16	66,3	45,57		201	4	2	16	314,6	171,1
							0					
2010	3	2	17	65,1	44,74		201	4	2	17	35,59	19,09
							0					
2010	3	2	18	39,13	25,81		201	4	2	18		
							0					
2010	3	3	7				201	4	3	7	11,75	3,816
							0					
2010	3	3	8	91,7	56,67		201	4	3	8	116,8	81,3
							0					
2010	3	3	9	429,6	138,9		201	4	3	9	235,2	151,8
							0					
2010	3	3	10	395,6	146,5		201	4	3	10	405,6	244,3
							0					
2010	3	3	11	531,2	263,1		201	4	3	11	640,4	260,6
							0					

2010	3	3	12	684,9	242,1		201 0	4	3	12	526,8	253,9
2010	3	3	13	777,2	219,2		201 0	4	3	13	472,6	258,1
2010	3	3	14	294,4	185,3		201 0	4	3	14	597,6	245,3
2010	3	3	15	283,1	202,7		201 0	4	3	15	590,9	201,3
2010	3	3	16	205,6	143,3		201 0	4	3	16	431,1	149,8
2010	3	3	17	87,4	56,4		201 0	4	3	17	182,1	85,6
2010	3	3	18				201 0	4	3	18	17,36	6,606
2010	3	4	7				201 0	4	4	7	18,84	9,77
2010	3	4	8	112,1	66,42		201 0	4	4	8	96,7	69,58
2010	3	4	9	364,3	121,1		201 0	4	4	9	180,7	132,3
2010	3	4	10	545,2	150,1		201 0	4	4	10	391	260
2010	3	4	11	559,7	237,2		201	4	4	11	533,5	337,9

							0					
2010	3	4	12	748,3	241,4		201	4	4	12	565,7	329,6
							0					
2010	3	4	13	584,2	238,2		201	4	4	13	159,5	117,3
							0					
2010	3	4	14	806	220,2		201	4	4	14	29,85	18,37
							0					
2010	3	4	15	652,3	195,8		201	4	4	15	25,11	14,11
							0					
2010	3	4	16	429,6	133,5		201	4	4	16	41	26,69
							0					
2010	3	4	17	255	23,53		201	4	4	17	6,141	
							0					
2010	3	4	18	31,12	12,96		201	4	4	18		
							0					
2010	3	5	7				201	4	5	7		
							0					
2010	3	5	8	123,5	42,17		201	4	5	8	27,7	17,61
							0					
2010	3	5	9	371,7	59,08		201	4	5	9	133,5	99,2
							0					
2010	3	5	10	601,1	93,4		201	4	5	10	286	204
							0					

2010	3	5	11	731	152,8		201	4	5	11	488,8	297,4
							0					
2010	3	5	12	843	141,8		201	4	5	12	457,3	286,3
							0					
2010	3	5	13	726	172,8		201	4	5	13	399,9	275,9
							0					
2010	3	5	14	391,8	219,8		201	4	5	14	520,8	272,4
							0					
2010	3	5	15	581,3	164,7		201	4	5	15	524,5	208,5
							0					
2010	3	5	16	489,1	127,8		201	4	5	16	372,9	166
							0					
2010	3	5	17	203,5	56,26		201	4	5	17	148,3	38,65
							0					
2010	3	5	18	10,12			201	4	5	18		
							0					
2010	3	6	7				201	4	6	7		
							0					
2010	3	6	8	135,2	31,01		201	4	6	8	40,66	27,57
							0					
2010	3	6	9	406,8	48,8		201	4	6	9	143	107,5
							0					
2010	3	6	10	508,2	114,7		201	4	6	10	192,5	144,7

							0						
2010	3	6	11	537,9	222,1		201	4	6	11	388,6	271,7	
							0						
2010	3	6	12	674,7	258		201	4	6	12	363,1	258,1	
							0						
2010	3	6	13	841	266,9		201	4	6	13	255	183,5	
							0						
2010	3	6	14	500,2	258,3		201	4	6	14	210,8	156,7	
							0						
2010	3	6	15	500,4	190		201	4	6	15	207,2	152,7	
							0						
2010	3	6	16	489,4	134,1		201	4	6	16	23,79	12,2	
							0						
2010	3	6	17	210,3	52,86		201	4	6	17			
							0						
2010	3	6	18	10,47			201	4	6	18			
							0						
2010	3	7	7				201	4	7	7			
							0						
2010	3	7	8	134	75,02		201	4	7	8	15,46	7,935	
							0						
2010	3	7	9	306,1	138,6		201	4	7	9	111	81,2	
							0						

2010	3	7	10	521,3	160		201	4	7	10	309,1	224,9
							0					
2010	3	7	11	710,9	157,3		201	4	7	11	645,2	351
							0					
2010	3	7	12	687,7	240,3		201	4	7	12	650,7	278,3
							0					
2010	3	7	13	705,8	263,7		201	4	7	13	798,3	188
							0					
2010	3	7	14	368,7	212,5		201	4	7	14	606,5	230,7
							0					
2010	3	7	15	258,7	140,8		201	4	7	15	514,7	190,6
							0					
2010	3	7	16	462,6	131,2		201	4	7	16	499,8	114,9
							0					
2010	3	7	17	247,3	83,4		201	4	7	17	81,2	27,47
							0					
2010	3	7	18	28,39	8,6		201	4	7	18		
							0					
2010	3	8	7				201	4	8	7		
							0					
2010	3	8	8	78,32	55,59		201	4	8	8		
							0					
2010	3	8	9	378,8	89,5		201	4	8	9	51,2	34,55

							0					
2010	3	8	10	594,9	160,7		201	4	8	10	130,5	95,9
							0					
2010	3	8	11	706	248,7		201	4	8	11	177,7	133,6
							0					
2010	3	8	12	518,8	238		201	4	8	12	373,5	262,2
							0					
2010	3	8	13	523,8	265,8		201	4	8	13	446,3	258,8
							0					
2010	3	8	14	827	254,7		201	4	8	14	650,1	232,5
							0					
2010	3	8	15	318,3	183,3		201	4	8	15	734,7	192,9
							0					
2010	3	8	16	203,9	113,6		201	4	8	16	250,1	132
							0					
2010	3	8	17	167,2	78,22		201	4	8	17	105,8	70,93
							0					
2010	3	8	18	21,34	6,807		201	4	8	18	10,45	1,838
							0					
2010	3	9	7				201	4	9	7	1,031	
							0					
2010	3	9	8	75,72	51,07		201	4	9	8	73,13	52,5
							0					

2010	3	9	9	239,2	142		201	4	9	9	167,6	124,3
							0					
2010	3	9	10	651,5	150,6		201	4	9	10	347,4	218,1
							0					
2010	3	9	11	688,2	213,1		201	4	9	11	711,8	212,8
							0					
2010	3	9	12	391,9	235,1		201	4	9	12	784,1	236,2
							0					
2010	3	9	13	220,3	161,1		201	4	9	13	439,8	220,1
							0					
2010	3	9	14	239,4	181,6		201	4	9	14	105,9	74,16
							0					
2010	3	9	15	500,5	218,9		201	4	9	15	119	89,4
							0					
2010	3	9	16	440,9	146,5		201	4	9	16	97,6	72,54
							0					
2010	3	9	17	246,9	53,28		201	4	9	17	10,52	3,277
							0					
2010	3	9	18	12,6			201	4	9	18		
							0					
2010	3	10	7	5,35			201	4	10	7		
							0					
2010	3	10	8	84,3	59,57		201	4	10	8	20,83	11,99

							0						
2010	3	10	9	200,7	124,9		201	4	10	9	157,6	115,9	
							0						
2010	3	10	10	619,7	100,4		201	4	10	10	459,5	188,5	
							0						
2010	3	10	11	755,3	176,5		201	4	10	11	443,8	223,9	
							0						
2010	3	10	12	468,9	209,1		201	4	10	12	553,9	282,4	
							0						
2010	3	10	13	576,9	248,2		201	4	10	13	509,2	238,7	
							0						
2010	3	10	14	345,1	199,8		201	4	10	14	350,4	225,5	
							0						
2010	3	10	15	508,3	216,4		201	4	10	15	463,6	251,5	
							0						
2010	3	10	16	90,4	65,58		201	4	10	16	262,9	156,5	
							0						
2010	3	10	17	23,56	13,58		201	4	10	17	99,4	63,09	
							0						
2010	3	10	18				201	4	10	18	9,28	0,932	
							0						
2010	3	11	7				201	4	11	7			
							0						

2010	3	11	8	59,23	39,54		201	4	11	8	31,41	19,57
							0					
2010	3	11	9	424,5	125,7		201	4	11	9	175,4	134,9
							0					
2010	3	11	10	589,8	123,9		201	4	11	10	310,9	194
							0					
2010	3	11	11	543,7	210,1		201	4	11	11	604,2	266,9
							0					
2010	3	11	12	906	184,4		201	4	11	12	676	372,5
							0					
2010	3	11	13	686	194,1		201	4	11	13	644,5	369,8
							0					
2010	3	11	14	821	172,6		201	4	11	14	109,7	76,96
							0					
2010	3	11	15	390,3	175,3		201	4	11	15	120,5	86
							0					
2010	3	11	16	392,7	149,7		201	4	11	16	103,3	75,04
							0					
2010	3	11	17	147	57,98		201	4	11	17	6,18	
							0					
2010	3	11	18	42,63	10,11		201	4	11	18		
							0					
2010	3	12	7				201	4	12	7	9,74	4,027

							0					
2010	3	12	8	104,5	61,02		201	4	12	8	89,4	65,96
							0					
2010	3	12	9	340,5	117,2		201	4	12	9	287,3	174,7
							0					
2010	3	12	10	459,9	152,2		201	4	12	10	495,9	275,4
							0					
2010	3	12	11	767,2	184,6		201	4	12	11	526	328
							0					
2010	3	12	12	818	186,4		201	4	12	12	853	152,2
							0					
2010	3	12	13	762,6	170		201	4	12	13	649,2	186,9
							0					
2010	3	12	14	865	174,4		201	4	12	14	635,2	207,7
							0					
2010	3	12	15	568,9	171,9		201	4	12	15	462	177,8
							0					
2010	3	12	16	285,3	138		201	4	12	16	130,3	83,9
							0					
2010	3	12	17	258,5	99,3		201	4	12	17	157,8	95,2
							0					
2010	3	12	18	53,18	21,04		201	4	12	18	39,52	26,87
							0					

2010	3	13	7				201	4	13	7	8,13	2,361
							0					
2010	3	13	8	46,55	32,29		201	4	13	8	183,1	82,5
							0					
2010	3	13	9	113,5	84,6		201	4	13	9	348,8	166,8
							0					
2010	3	13	10	514,7	265,4		201	4	13	10	235,6	174,2
							0					
2010	3	13	11	483,8	227,8		201	4	13	11	445	224,3
							0					
2010	3	13	12	745,9	246		201	4	13	12	757,8	254,9
							0					
2010	3	13	13	803	223,9		201	4	13	13	684,2	182,8
							0					
2010	3	13	14	753,1	224,7		201	4	13	14	262,5	123,7
							0					
2010	3	13	15	466,2	138		201	4	13	15	41,9	28,53
							0					
2010	3	13	16	523,9	75,86		201	4	13	16	47,7	29,49
							0					
2010	3	13	17	200,6	36,17		201	4	13	17	24,06	15,59
							0					
2010	3	13	18	22,66			201	4	13	18	8,02	3,798

							0						
2010	3	14	7	4,164			201	4	14	7			
							0						
2010	3	14	8	139,8	70,37		201	4	14	8	72,83	49,86	
							0						
2010	3	14	9	374,5	106,1		201	4	14	9	132	97,8	
							0						
2010	3	14	10	475,2	134,4		201	4	14	10	268,2	180,9	
							0						
2010	3	14	11	564	172,2		201	4	14	11	646,9	237,2	
							0						
2010	3	14	12	641,9	211,5		201	4	14	12	705,5	223,4	
							0						
2010	3	14	13	772,3	198,2		201	4	14	13	771	217,7	
							0						
2010	3	14	14	859	156,7		201	4	14	14	843	35,17	
							0						
2010	3	14	15	586,6	171,8		201	4	14	15	684,7	20,28	
							0						
2010	3	14	16	361,9	152,3		201	4	14	16	493,5	22,21	
							0						
2010	3	14	17	68,97	41,44		201	4	14	17	93,8	4,936	
							0						

2010	3	14	18	14,23	3,266		201	4	14	18		
							0					
2010	3	15	7				201	4	15	7	9,95	3,723
							0					
2010	3	15	8	121,8	62,05		201	4	15	8	136,3	94,5
							0					
2010	3	15	9	241,9	117,1		201	4	15	9	280,5	194,7
							0					
2010	3	15	10	340,7	130,5		201	4	15	10	191,2	144,2
							0					
2010	3	15	11	653	207		201	4	15	11	11,71	4,34
							0					
2010	3	15	12	666,5	215,4		201	4	15	12	54,64	37,49
							0					
2010	3	15	13	820	199,3		201	4	15	13	183,4	136,1
							0					
2010	3	15	14	692,2	211,6		201	4	15	14	152,7	112,8
							0					
2010	3	15	15	464,3	227,5		201	4	15	15	132	96,2
							0					
2010	3	15	16	211,8	128,6		201	4	15	16	43,26	28,24
							0					
2010	3	15	17	102,4	63,66		201	4	15	17	10,27	2,317

							0						
2010	3	15	18	10,92			201	4	15	18			
							0						
2010	3	16	7				201	4	16	7	17,1	8,27	
							0						
2010	3	16	8	78,21	48,74		201	4	16	8	97,9	71,35	
							0						
2010	3	16	9	192,4	126,8		201	4	16	9	113,7	84,3	
							0						
2010	3	16	10	346,4	219,3		201	4	16	10	238,2	177,3	
							0						
2010	3	16	11	584,3	270,4		201	4	16	11	366,7	247,8	
							0						
2010	3	16	12	497,5	297,6		201	4	16	12	490,3	287,4	
							0						
2010	3	16	13	577,8	313,1		201	4	16	13	542,5	303,2	
							0						
2010	3	16	14	526	218,4		201	4	16	14	718,6	248,3	
							0						
2010	3	16	15	624,9	176,2		201	4	16	15	536,3	204,7	
							0						
2010	3	16	16	204,8	134,6		201	4	16	16	257,6	146,3	
							0						

2010	3	16	17	31,84	17,16		201	4	16	17	74,24	46,44
							0					
2010	3	16	18				201	4	16	18	31,08	14,7
							0					
2010	3	17	7				201	4	17	7		
							0					
2010	3	17	8	34,48	21,61		201	4	17	8	30,41	21,78
							0					
2010	3	17	9	71,35	51,18		201	4	17	9	236,5	158,4
							0					
2010	3	17	10	121,4	89,9		201	4	17	10	563	270,1
							0					
2010	3	17	11	156,4	114,5		201	4	17	11	668	260,2
							0					
2010	3	17	12	169,5	125,5		201	4	17	12	854	246,1
							0					
2010	3	17	13	91,4	65		201	4	17	13	807	263,6
							0					
2010	3	17	14	33,74	21,57		201	4	17	14	309,7	214,9
							0					
2010	3	17	15	19,47	10,19		201	4	17	15	184,9	135,9
							0					
2010	3	17	16	84,9	62,29		201	4	17	16	303,3	134

							0					
2010	3	17	17	46,45	31,5		201	4	17	17	138,5	82,6
							0					
2010	3	17	18				201	4	17	18		
							0					
2010	3	18	7				201	4	18	7	13,18	5,737
							0					
2010	3	18	8	55,9	39,21		201	4	18	8	126,1	85,6
							0					
2010	3	18	9	151,6	114,4		201	4	18	9	419,6	89,6
							0					
2010	3	18	10	334,7	195,7		201	4	18	10	634,7	114,9
							0					
2010	3	18	11	889	140,3		201	4	18	11	735,3	184,6
							0					
2010	3	18	12	926	193,3		201	4	18	12	661,9	180,8
							0					
2010	3	18	13	483,6	280,4		201	4	18	13	607,7	256,5
							0					
2010	3	18	14	302,9	224,7		201	4	18	14	597	262,2
							0					
2010	3	18	15	129,9	94,3		201	4	18	15	560,9	177,9
							0					

2010	3	18	16	192,7	140,5		201 0	4	18	16	260,7	114,3
2010	3	18	17	204,5	113		201 0	4	18	17	42,24	15,14
2010	3	18	18	58,2	21,55		201 0	4	18	18	34,6	17,97
2010	3	19	7				201 0	4	19	7		
2010	3	19	8	173	55,78		201 0	4	19	8		
2010	3	19	9	315,1	127,2		201 0	4	19	9	56,19	39,66
2010	3	19	10	327,1	199,1		201 0	4	19	10	53,32	36,55
2010	3	19	11	609,2	239,7		201 0	4	19	11	119,7	88,8
2010	3	19	12	832	198,8		201 0	4	19	12	159,9	118,2
2010	3	19	13	979	306,8		201 0	4	19	13	173,2	127,3
2010	3	19	14	632,1	214,4		201 0	4	19	14	126,7	92,2
2010	3	19	15	325,2	93,1		201	4	19	15	74,54	50,85

							0					
2010	3	19	16	138,5	45,41		201	4	19	16	45	29,04
							0					
2010	3	19	17	239,8	21,26		201	4	19	17	54,82	37,43
							0					
2010	3	19	18	37,28			201	4	19	18		
							0					
2010	3	20	7	4,04			201	4	20	7		
							0					
2010	3	20	8	117,9	69,22		201	4	20	8	121,7	78,42
							0					
2010	3	20	9	264,2	157,3		201	4	20	9	466	62,25
							0					
2010	3	20	10	462,2	222,3		201	4	20	10	676,1	44,3
							0					
2010	3	20	11	449,4	254,2		201	4	20	11	818	134,2
							0					
2010	3	20	12	163,6	122		201	4	20	12	810	143,6
							0					
2010	3	20	13	151,2	112		201	4	20	13	909	147,4
							0					
2010	3	20	14	246,7	186,5		201	4	20	14	748,9	179,7
							0					

2010	3	20	15	202,3	151,9		201	4	20	15	570,2	159,7
							0					
2010	3	20	16	235,6	162,1		201	4	20	16	499,8	109,6
							0					
2010	3	20	17	115,2	78,52		201	4	20	17	105,2	29,84
							0					
2010	3	20	18	25,86	11,56		201	4	20	18		
							0					
2010	3	21	7	1,749			201	4	21	7	16,89	9,14
							0					
2010	3	21	8	141,1	26,66		201	4	21	8	172,9	120,3
							0					
2010	3	21	9	448,1	75,26		201	4	21	9	394,2	138,1
							0					
2010	3	21	10	627,6	61,19		201	4	21	10	694,1	138,2
							0					
2010	3	21	11	783,6	116,2		201	4	21	11	667	205,6
							0					
2010	3	21	12	725,2	220,4		201	4	21	12	914	132,8
							0					
2010	3	21	13	937	194,1		201	4	21	13	880	65,52
							0					
2010	3	21	14	804	213		201	4	21	14	820	74,86

							0					
2010	3	21	15	218,7	127,8		201	4	21	15	666,8	70,77
							0					
2010	3	21	16	206,2	120,8		201	4	21	16	459,6	58,87
							0					
2010	3	21	17	144,6	50,57		201	4	21	17	224,4	42,22
							0					
2010	3	21	18	22,04			201	4	21	18	61,46	25,2
							0					
2010	3	22	7				201	4	22	7	16,14	8,01
							0					
2010	3	22	8	207,3	11,05		201	4	22	8	72,57	48,84
							0					
2010	3	22	9	452,5	22,25		201	4	22	9	365	172
							0					
2010	3	22	10	670,7	45,11		201	4	22	10	658,1	82,6
							0					
2010	3	22	11	855	117,9		201	4	22	11	814	99,8
							0					
2010	3	22	12	655,5	237,3		201	4	22	12	882	74,75
							0					
2010	3	22	13	719,4	232,6		201	4	22	13	915	62,31
							0					

2010	3	22	14	582,5	200,1		201 0	4	22	14	824	50,12
2010	3	22	15	513,8	160,8		201 0	4	22	15	579	102,9
2010	3	22	16	191,2	133,7		201 0	4	22	16	536,3	91
2010	3	22	17	238,8	78,24		201 0	4	22	17	214,3	55,67
2010	3	22	18	26,16			201 0	4	22	18	12,83	
2010	3	23	7	4,182			201 0	4	23	7	11,16	3,886
2010	3	23	8	165,7	21,44		201 0	4	23	8	194,7	155,9
2010	3	23	9	430,2	37,36		201 0	4	23	9	416,7	241,1
2010	3	23	10	655,2	97,3		201 0	4	23	10	668	98,3
2010	3	23	11	799,2	142,6		201 0	4	23	11	883	128,2
2010	3	23	12	810	168,8		201 0	4	23	12	584,2	225,8
2010	3	23	13	916	77,94		201	4	23	13	424,9	226,5

							0					
2010	3	23	14	818	80,2		201	4	23	14	714,8	222
							0					
2010	3	23	15	690	80,4		201	4	23	15	616,6	177
							0					
2010	3	23	16	468,7	76,47		201	4	23	16	333,1	143,1
							0					
2010	3	23	17	249,8	64,13		201	4	23	17	126,4	64,06
							0					
2010	3	23	18	37,91	8,89		201	4	23	18	4,322	
							0					
2010	3	24	7	15,9	7,309		201	4	24	7		
							0					
2010	3	24	8	211,3	73,75		201	4	24	8	8,55	3,267
							0					
2010	3	24	9	377,2	75,12		201	4	24	9	99	70,16
							0					
2010	3	24	10	619,1	95,1		201	4	24	10	359,9	193,4
							0					
2010	3	24	11	831	138,6		201	4	24	11	466,4	205,8
							0					
2010	3	24	12	890	161,7		201	4	24	12	511,6	262,7
							0					

2010	3	24	13	930	142,5		201 0	4	24	13	484	229,9
2010	3	24	14	806	126,1		201 0	4	24	14	596	226,7
2010	3	24	15	676	103,1		201 0	4	24	15	366,6	204,5
2010	3	24	16	514,1	109,9		201 0	4	24	16	268,6	155
2010	3	24	17	222,4	62,94		201 0	4	24	17	47,27	29,64
2010	3	24	18	26,75	1,225		201 0	4	24	18	17,27	7,876
2010	3	25	7				201 0	4	25	7		
2010	3	25	8	59,4	41,54		201 0	4	25	8	96,3	68,63
2010	3	25	9	247,8	130,2		201 0	4	25	9	191,4	142,1
2010	3	25	10	449,6	133,9		201 0	4	25	10	358,1	226,2
2010	3	25	11	487,6	206,7		201 0	4	25	11	240,6	157
2010	3	25	12	421,2	276,8		201	4	25	12	367,3	252,7

							0					
2010	3	25	13	701,5	272,5		201	4	25	13	335,9	241,3
							0					
2010	3	25	14	513,8	266,5		201	4	25	14	299,6	158,1
							0					
2010	3	25	15	415	213,8		201	4	25	15	398,1	178,3
							0					
2010	3	25	16	200,6	130,7		201	4	25	16	475,4	159,2
							0					
2010	3	25	17	128,3	81,7		201	4	25	17	155,6	67,55
							0					
2010	3	25	18	1,652			201	4	25	18	18,42	1,643
							0					
2010	3	26	7				201	4	26	7		
							0					
2010	3	26	8	85,5	58,85		201	4	26	8	48,94	33,12
							0					
2010	3	26	9	179,2	124		201	4	26	9	166,2	120,5
							0					
2010	3	26	10	430,9	224,7		201	4	26	10	101,9	73,49
							0					
2010	3	26	11	745,6	303,9		201	4	26	11	104,8	73,55
							0					

2010	3	26	12	563,9	291,7		201	4	26	12	110	78,78
							0					
2010	3	26	13	579,8	303,2		201	4	26	13	140	104,4
							0					
2010	3	26	14	214,2	163,8		201	4	26	14	120,8	90,2
							0					
2010	3	26	15	175,3	116,8		201	4	26	15	116,1	84,5
							0					
2010	3	26	16	49,44	35,44		201	4	26	16	56,75	38,08
							0					
2010	3	26	17	29,52	19,79		201	4	26	17	96,1	69,17
							0					
2010	3	26	18				201	4	26	18	49,66	31,48
							0					
2010	3	27	7	9,34	1,623		201	4	27	7		
							0					
2010	3	27	8	159,7	46,95		201	4	27	8	138,1	66,16
							0					
2010	3	27	9	393	87		201	4	27	9	246,1	84,2
							0					
2010	3	27	10	561,9	125,1		201	4	27	10	740,7	411,6
							0					
2010	3	27	11	708,7	179,4		201	4	27	11	491,1	205,3

							0					
2010	3	27	12	827	152,6		201	4	27	12	327,3	234,1
							0					
2010	3	27	13	891	133,7		201	4	27	13	432,3	300,8
							0					
2010	3	27	14	815	160,6		201	4	27	14	397	244,6
							0					
2010	3	27	15	527,5	221,5		201	4	27	15	32,5	19,19
							0					
2010	3	27	16	68,65	38,29		201	4	27	16	113,8	87,8
							0					
2010	3	27	17	22,44	11,38		201	4	27	17	74,97	53,3
							0					
2010	3	27	18	3,793			201	4	27	18		
							0					
2010	3	28	7				201	4	28	7		
							0					
2010	3	28	8	120,7	81		201	4	28	8	24,95	16,65
							0					
2010	3	28	9	258	158,5		201	4	28	9	159,3	119
							0					
2010	3	28	10	509,6	230,1		201	4	28	10	169,6	130,3
							0					

2010	3	28	11	542,6	269,7		201	4	28	11	227,8	171
							0					
2010	3	28	12	523,7	300,2		201	4	28	12	247,1	191,6
							0					
2010	3	28	13	433,2	290,9		201	4	28	13	269,5	198,8
							0					
2010	3	28	14	320,5	232,6		201	4	28	14	664,3	311,4
							0					
2010	3	28	15	275	201		201	4	28	15	261,4	190,2
							0					
2010	3	28	16	192,5	142,1		201	4	28	16	173	129,2
							0					
2010	3	28	17	104,3	74,58		201	4	28	17	58,6	42,57
							0					
2010	3	28	18	6,856			201	4	28	18		
							0					
2010	3	29	7				201	4	29	7		
							0					
2010	3	29	8	19,54	11,16		201	4	29	8	72,58	52,27
							0					
2010	3	29	9	282,1	174		201	4	29	9	146,4	111,9
							0					
2010	3	29	10	394,3	229,8		201	4	29	10	200,8	155,3

							0					
2010	3	29	11	581,9	280,3		201	4	29	11	237,4	179,1
							0					
2010	3	29	12	582,1	315,5		201	4	29	12	331,8	241,9
							0					
2010	3	29	13	213,2	128,4		201	4	29	13	254,7	198,7
							0					
2010	3	29	14	30,46	19,11		201	4	29	14	220,4	170,6
							0					
2010	3	29	15	17,41	10,75		201	4	29	15	267,5	177,8
							0					
2010	3	29	16	48,83	34,68		201	4	29	16	262,9	176,3
							0					
2010	3	29	17	39,38	27,58		201	4	29	17	106,8	77,47
							0					
2010	3	29	18				201	4	29	18		
							0					
2010	3	30	7				201	4	30	7	15,98	7,581
							0					
2010	3	30	8	41,94	27,92		201	4	30	8	121,8	88,8
							0					
2010	3	30	9	157,8	103,2		201	4	30	9	324,6	170,2
							0					

2010	3	30	10	358,4	170,6		201	4	30	10	563,3	234,5
							0					
2010	3	30	11	456,8	245		201	4	30	11	400,4	254
							0					
2010	3	30	12	466,6	280,1		201	4	30	12	137,4	97
							0					
2010	3	30	13	386,4	252,1		201	4	30	13	300,5	230,5
							0					
2010	3	30	14	373,4	248,8		201	4	30	14	533	292,9
							0					
2010	3	30	15	212,8	156,3		201	4	30	15	408	232,5
							0					
2010	3	30	16	141,3	93,9		201	4	30	16	39,95	24,73
							0					
2010	3	30	17	21,54	9,78		201	4	30	17	18,32	9,33
							0					
2010	3	30	18				201	4	30	18		
							0					
2010	3	31	7	7,708	0,874							
2010	3	31	8	109,5	65,57							
2010	3	31	9	272,8	157							
2010	3	31	10	393	194,3							
2010	3	31	11	660,2	251,4							

2010	3	31	12	349,1	241,6							
2010	3	31	13	239,8	175,1							
2010	3	31	14	495,8	242,5							
2010	3	31	15	171	125,1							
2010	3	31	16	115	81,2							
2010	3	31	17	26,73	14,41							
2010	3	31	18									
2010	5	1	7	21,61	13,24		201	6	1	7	13,67	8,24
							0					
2010	5	1	8	155,2	87,9		201	6	1	8	124,7	107,5
							0					
2010	5	1	9	416,7	94,6		201	6	1	9	228	176,6
							0					
2010	5	1	10	641,7	91,9		201	6	1	10	395,1	264,8
							0					
2010	5	1	11	443,3	150,2		201	6	1	11	539,7	295,1
							0					
2010	5	1	12	690,1	237,3		201	6	1	12	382,3	243,4
							0					
2010	5	1	13	122,3	86,1		201	6	1	13	113,5	90,5
							0					
2010	5	1	14	388,1	224,6		201	6	1	14	123,2	99,4

							0					
2010	5	1	15	139,4	106,6		201	6	1	15	153,7	119,8
							0					
2010	5	1	16	123,9	94		201	6	1	16	134,5	104
							0					
2010	5	1	17	93,7	70,5		201	6	1	17	118,4	76,77
							0					
2010	5	1	18	2,934			201	6	1	18	26,47	18,11
							0					
2010	5	2	7				201	6	2	7		
							0					
2010	5	2	8	51,4	36,91		201	6	2	8	36,83	27,44
							0					
2010	5	2	9	188,9	137,7		201	6	2	9	183,4	139,2
							0					
2010	5	2	10	454,5	252,3		201	6	2	10	673,7	171
							0					
2010	5	2	11	594,8	288,3		201	6	2	11	282,3	136,9
							0					
2010	5	2	12	527,9	296,9		201	6	2	12	182	145,7
							0					
2010	5	2	13	701,9	290,8		201	6	2	13	341	220,6
							0					

2010	5	2	14	591,1	302,2		201 0	6	2	14	530,4	238,6
2010	5	2	15	360,3	207,8		201 0	6	2	15	529,2	236
2010	5	2	16	140,1	84,4		201 0	6	2	16	88,3	45,31
2010	5	2	17	21,69	11,77		201 0	6	2	17	28,96	21,1
2010	5	2	18				201 0	6	2	18	6,323	1,818
2010	5	3	7				201 0	6	3	7		
2010	5	3	8	37,41	25,25		201 0	6	3	8	113,4	91
2010	5	3	9	91,9	68,43		201 0	6	3	9	211,2	154,9
2010	5	3	10	297,7	219,6		201 0	6	3	10	336,4	197,7
2010	5	3	11	164,9	124,8		201 0	6	3	11	693,8	279,5
2010	5	3	12	175,7	134		201 0	6	3	12	743,6	338,5
2010	5	3	13	207,1	158,3		201	6	3	13	467,5	297

							0					
2010	5	3	14	173,1	136,9		201	6	3	14	269,3	203,9
							0					
2010	5	3	15	276,5	206,9		201	6	3	15	188,4	143,5
							0					
2010	5	3	16	118,2	88,9		201	6	3	16	141,9	98,5
							0					
2010	5	3	17	18,41	8,19		201	6	3	17	84,3	61,3
							0					
2010	5	3	18				201	6	3	18	23,99	11,05
							0					
2010	5	4	7				201	6	4	7		
							0					
2010	5	4	8	49,07	34,6		201	6	4	8	34,3	21,13
							0					
2010	5	4	9	98,2	74,96		201	6	4	9	220,1	98,6
							0					
2010	5	4	10	225,5	176		201	6	4	10	327,5	162
							0					
2010	5	4	11	454,7	327,9		201	6	4	11	714,5	148,3
							0					
2010	5	4	12	451,2	303,7		201	6	4	12	424,8	180,3
							0					

2010	5	4	13	316,2	241,1		201 0	6	4	13	287,6	231,1
2010	5	4	14	300,5	218,8		201 0	6	4	14	371,6	275
2010	5	4	15	288,6	134,9		201 0	6	4	15	408,1	198,1
2010	5	4	16	499,9	95,1		201 0	6	4	16	296,5	125,5
2010	5	4	17	210,1	60,92		201 0	6	4	17	51,41	37,74
2010	5	4	18	1,833			201 0	6	4	18	15,88	9,01
2010	5	5	7				201 0	6	5	7		
2010	5	5	8	64,67	47,88		201 0	6	5	8	45,73	34,67
2010	5	5	9	222,3	167,7		201 0	6	5	9	254,6	105,1
2010	5	5	10	340,3	247,7		201 0	6	5	10	478	202,2
2010	5	5	11	576,1	225,6		201 0	6	5	11	913	188,5
2010	5	5	12	784,7	155,1		201	6	5	12	815	47,71

							0						
2010	5	5	13	826	182,2		201	6	5	13	776,3	39,46	
							0						
2010	5	5	14	842	166,8		201	6	5	14	753,1	65,82	
							0						
2010	5	5	15	286,6	94,8		201	6	5	15	660,8	27,17	
							0						
2010	5	5	16				201	6	5	16	473,5	24,7	
							0						
2010	5	5	17				201	6	5	17	221,9	5,392	
							0						
2010	5	5	18				201	6	5	18	14,22	2,886	
							0						
2010	5	6	7	7,92	1,357		201	6	6	7	4,736	0,836	
							0						
2010	5	6	8	84,1	62,05		201	6	6	8	116,1	26,58	
							0						
2010	5	6	9	188,5	137,3		201	6	6	9	436,7	28,82	
							0						
2010	5	6	10	317,4	209,3		201	6	6	10	636,3	118,8	
							0						
2010	5	6	11	552	282,3		201	6	6	11	850	209,3	
							0						

2010	5	6	12	479,5	310,7		201 0	6	6	12	423,8	273,9
2010	5	6	13	769,1	284,3		201 0	6	6	13	208,8	147,4
2010	5	6	14	351,6	204,2		201 0	6	6	14	4,995	0,814
2010	5	6	15	299,1	191,2		201 0	6	6	15	46,07	39,3
2010	5	6	16	259,6	181,9		201 0	6	6	16	155,1	54,8
2010	5	6	17	126	61,52		201 0	6	6	17	195,4	53,84
2010	5	6	18				201 0	6	6	18	17,97	3,413
2010	5	7	7				201 0	6	7	7	20,05	13,53
2010	5	7	8	155,6	43,12		201 0	6	7	8	77,85	59,74
2010	5	7	9	462,9	34,13		201 0	6	7	9	343,9	141,7
2010	5	7	10	656,5	58,23		201 0	6	7	10	556,6	114,6
2010	5	7	11	667,7	108,9		201	6	7	11	546,9	193,4

							0					
2010	5	7	12	608,1	187,2		201	6	7	12	484,5	208,2
							0					
2010	5	7	13	497,1	244,9		201	6	7	13	346,3	219,4
							0					
2010	5	7	14	557,1	230,1		201	6	7	14	419	227,1
							0					
2010	5	7	15	395	177,9		201	6	7	15	649,4	192,8
							0					
2010	5	7	16	326,7	129,6		201	6	7	16	214,6	90
							0					
2010	5	7	17	192,7	85		201	6	7	17	249,5	78,57
							0					
2010	5	7	18	7,897			201	6	7	18	17,5	5,087
							0					
2010	5	8	7				201	6	8	7	9,17	5,829
							0					
2010	5	8	8	123	57,38		201	6	8	8	41,96	34,65
							0					
2010	5	8	9	450,6	46,2		201	6	8	9	221,7	135,8
							0					
2010	5	8	10	649	72,13		201	6	8	10	342,1	214,1
							0					

2010	5	8	11	844	136,5		201	6	8	11	503,8	264,6
							0					
2010	5	8	12	532,5	266,6		201	6	8	12	412,4	237,6
							0					
2010	5	8	13	274,7	207,2		201	6	8	13	293,7	230,9
							0					
2010	5	8	14	324,1	233,4		201	6	8	14	318,4	210
							0					
2010	5	8	15	509,8	213		201	6	8	15	161,7	102,8
							0					
2010	5	8	16	275,4	155,7		201	6	8	16	229	129,8
							0					
2010	5	8	17	223,6	102,5		201	6	8	17	40,08	22,96
							0					
2010	5	8	18	9,22	1,242		201	6	8	18		
							0					
2010	5	9	7	2,991			201	6	9	7		
							0					
2010	5	9	8	162,8	94,2		201	6	9	8	8,04	4,738
							0					
2010	5	9	9	457,7	50,81		201	6	9	9	375,7	161
							0					
2010	5	9	10	658,2	54,97		201	6	9	10	433	170,7

							0					
2010	5	9	11	785,5	235,5		201	6	9	11	589	265,6
							0					
2010	5	9	12	937	285,4		201	6	9	12	816	307
							0					
2010	5	9	13	314,5	214,7		201	6	9	13	573,7	238,9
							0					
2010	5	9	14	232	170,8		201	6	9	14	714,1	237,4
							0					
2010	5	9	15	292,2	118,6		201	6	9	15	84,2	64,16
							0					
2010	5	9	16	469,4	40,05		201	6	9	16	329,5	139
							0					
2010	5	9	17	244,1	26,84		201	6	9	17	120,6	76,84
							0					
2010	5	9	18	29,75	2,202		201	6	9	18	41,02	23,49
							0					
2010	5	10	7	18,65	12,11		201	6	10	7		
							0					
2010	5	10	8	112,9	84,1		201	6	10	8	47,84	37,77
							0					
2010	5	10	9	291	154,5		201	6	10	9	165,9	136,3
							0					

2010	5	10	10	621,5	190,9		201 0	6	10	10	290,6	230,2
2010	5	10	11	794,9	232,8		201 0	6	10	11	157,3	115,3
2010	5	10	12	755	272,5		201 0	6	10	12	40,25	28,87
2010	5	10	13	652,3	319		201 0	6	10	13	68,17	54,5
2010	5	10	14	426,7	165,5		201 0	6	10	14	317,9	212,4
2010	5	10	15	9,35	3,646		201 0	6	10	15	169,8	141,5
2010	5	10	16	64,62	48,11		201 0	6	10	16	219,9	111,5
2010	5	10	17	45,76	34,57		201 0	6	10	17	295,3	67,92
2010	5	10	18				201 0	6	10	18	36,38	12,05
2010	5	11	7	25,45	17,71		201 0	6	11	7		
2010	5	11	8	131,9	92,7		201 0	6	11	8	123,1	115,8
2010	5	11	9	362,5	145,5		201	6	11	9	429,2	150,8

							0						
2010	5	11	10	518,2	172,1		201	6	11	10	436,4	181,2	
							0						
2010	5	11	11	579,8	221,3		201	6	11	11	774,6	57,21	
							0						
2010	5	11	12	850	203,9		201	6	11	12	823	68,64	
							0						
2010	5	11	13	630	258,4		201	6	11	13	851	114,3	
							0						
2010	5	11	14	265,4	195,2		201	6	11	14	681,6	182	
							0						
2010	5	11	15	330,4	203,8		201	6	11	15	127,8	94,2	
							0						
2010	5	11	16	146,9	94,6		201	6	11	16	78,39	60,43	
							0						
2010	5	11	17	57,75	43,21		201	6	11	17	85,8	42,98	
							0						
2010	5	11	18				201	6	11	18	8,03		
							0						
2010	5	12	7	2,951			201	6	12	7	16,48	10,28	
							0						
2010	5	12	8	90,7	69,39		201	6	12	8	78,3	62,19	
							0						

2010	5	12	9	214,4	153,6		201	6	12	9	164,2	100,7
							0					
2010	5	12	10	405,2	260,3		201	6	12	10	644,6	129,9
							0					
2010	5	12	11	594,3	319,9		201	6	12	11	773,8	183,7
							0					
2010	5	12	12	527,1	330,3		201	6	12	12	270,1	200,2
							0					
2010	5	12	13	278,8	191,5		201	6	12	13	107,1	88,1
							0					
2010	5	12	14	193,5	140,6		201	6	12	14	109,3	85,7
							0					
2010	5	12	15	97,3	73,59		201	6	12	15	181,1	130,7
							0					
2010	5	12	16	272	153,5		201	6	12	16	403,7	180,8
							0					
2010	5	12	17	99,5	66,2		201	6	12	17	257,5	50,31
							0					
2010	5	12	18				201	6	12	18	17,66	
							0					
2010	5	13	7				201	6	13	7	18,9	11,91
							0					
2010	5	13	8	180,4	14,68		201	6	13	8	95,8	74,94

							0						
2010	5	13	9	456,7	22,96		201	6	13	9	434,8	194	
							0						
2010	5	13	10	644,9	49,57		201	6	13	10	87,3	68,97	
							0						
2010	5	13	11	870	142,7		201	6	13	11	559,6	183,3	
							0						
2010	5	13	12	827	220,1		201	6	13	12	627,8	308,1	
							0						
2010	5	13	13	855	236,9		201	6	13	13	577,4	284,5	
							0						
2010	5	13	14	627,5	259,6		201	6	13	14	272	212,7	
							0						
2010	5	13	15	231,2	169,5		201	6	13	15	274,8	125,4	
							0						
2010	5	13	16	174,2	110,9		201	6	13	16	366,2	157,8	
							0						
2010	5	13	17	127,7	59,35		201	6	13	17	142,7	63,53	
							0						
2010	5	13	18	16,61			201	6	13	18	22,31	7,823	
							0						
2010	5	14	7				201	6	14	7			
							0						

2010	5	14	8	99,7	69,15		201	6	14	8	35,88	27,44
							0					
2010	5	14	9	176,5	123,8		201	6	14	9	217	146,5
							0					
2010	5	14	10	358,6	154,7		201	6	14	10	383,1	164
							0					
2010	5	14	11	746,1	170,3		201	6	14	11	244,3	196,8
							0					
2010	5	14	12	457,6	277,5		201	6	14	12	359	277,9
							0					
2010	5	14	13	645,8	260,2		201	6	14	13	738	306,6
							0					
2010	5	14	14	811	198,3		201	6	14	14	442,9	297,5
							0					
2010	5	14	15	604	134,8		201	6	14	15	362,6	229,8
							0					
2010	5	14	16	422	94,4		201	6	14	16	144,3	94,5
							0					
2010	5	14	17	225,4	53,57		201	6	14	17	18,17	10,68
							0					
2010	5	14	18	41,32	21,35		201	6	14	18	8,44	2,267
							0					
2010	5	15	7				201	6	15	7	1,476	

							0					
2010	5	15	8	152,8	63,49		201	6	15	8	80,5	63,13
							0					
2010	5	15	9	407,8	78,53		201	6	15	9	178,1	129,9
							0					
2010	5	15	10	669	35,71		201	6	15	10	351	234,6
							0					
2010	5	15	11	839	76,17		201	6	15	11	344,7	210,5
							0					
2010	5	15	12	783,6	54,65		201	6	15	12	536,4	230,9
							0					
2010	5	15	13	821	136,4		201	6	15	13	620,7	276
							0					
2010	5	15	14	637	182,1		201	6	15	14	327,3	206,2
							0					
2010	5	15	15	563,7	146,4		201	6	15	15	299,4	209
							0					
2010	5	15	16	349,5	75,74		201	6	15	16	174,4	132,8
							0					
2010	5	15	17	200,1	71,9		201	6	15	17	58,13	45,57
							0					
2010	5	15	18	27,12	13,19		201	6	15	18	6,607	1,28
							0					

2010	5	16	7				201	6	16	7		
							0					
2010	5	16	8	104,1	77,99		201	6	16	8	73,35	59,4
							0					
2010	5	16	9	257	103,8		201	6	16	9	197,7	157,3
							0					
2010	5	16	10	695,2	109,3		201	6	16	10	318,5	237,9
							0					
2010	5	16	11	502,6	219,1		201	6	16	11	253,9	202,9
							0					
2010	5	16	12	800	188,8		201	6	16	12	112,6	92,3
							0					
2010	5	16	13	575,4	202,7		201	6	16	13	205,8	164,1
							0					
2010	5	16	14	723,4	198,7		201	6	16	14	548,8	279,1
							0					
2010	5	16	15	287,5	146,7		201	6	16	15	361,1	202,4
							0					
2010	5	16	16	340,6	71,95		201	6	16	16	12,43	7,209
							0					
2010	5	16	17	164	24,39		201	6	16	17	34,36	24,78
							0					
2010	5	16	18	53,07	20,35		201	6	16	18		

							0					
2010	5	17	7	5,965	2,399		201	6	17	7	22,09	15,6
							0					
2010	5	17	8	27,64	19,02		201	6	17	8	26,95	20,2
							0					
2010	5	17	9	189,5	134,2		201	6	17	9	129,5	99
							0					
2010	5	17	10	581,9	81,4		201	6	17	10	433,6	225,2
							0					
2010	5	17	11	796,4	20,13		201	6	17	11	562,4	294,9
							0					
2010	5	17	12	859	20,78		201	6	17	12	603	287,1
							0					
2010	5	17	13	865	26		201	6	17	13	380,1	256,8
							0					
2010	5	17	14	745	82,2		201	6	17	14	561,4	226,1
							0					
2010	5	17	15	469,9	161,3		201	6	17	15	702,2	129
							0					
2010	5	17	16	452,7	59,64		201	6	17	16	355,8	101,5
							0					
2010	5	17	17	281	100,7		201	6	17	17	233,3	73,89
							0					

2010	5	17	18	20,81	1,307		201	6	17	18	58,18	21,21
							0					
2010	5	18	7	26,41	16,95		201	6	18	7		
							0					
2010	5	18	8	193,4	125,3		201	6	18	8	46,14	35,85
							0					
2010	5	18	9	420,4	142,5		201	6	18	9	113,9	90,9
							0					
2010	5	18	10	641,8	151,3		201	6	18	10	335,1	197,9
							0					
2010	5	18	11	444	187,7		201	6	18	11	273,8	206,8
							0					
2010	5	18	12	650,5	239,5		201	6	18	12	378,3	264,3
							0					
2010	5	18	13	591	237,6		201	6	18	13	260,3	196,2
							0					
2010	5	18	14	200,4	143,1		201	6	18	14	564,7	259,2
							0					
2010	5	18	15	300,9	176,4		201	6	18	15	55,69	37,41
							0					
2010	5	18	16	165,3	112,2		201	6	18	16	211,7	148,4
							0					
2010	5	18	17	54,82	42,49		201	6	18	17	172,5	104,5

							0					
2010	5	18	18				201	6	18	18	31,13	13,09
							0					
2010	5	19	7				201	6	19	7	5,27	1,281
							0					
2010	5	19	8	39,34	30,19		201	6	19	8	103,8	80,4
							0					
2010	5	19	9	292,9	146,1		201	6	19	9	223,1	141,8
							0					
2010	5	19	10	359,3	245,6		201	6	19	10	343	203,3
							0					
2010	5	19	11	578,3	297,8		201	6	19	11	263,2	163,9
							0					
2010	5	19	12	539,7	301,6		201	6	19	12	109,6	80,9
							0					
2010	5	19	13	303,3	219,5		201	6	19	13	321,5	197,2
							0					
2010	5	19	14	137,5	94,1		201	6	19	14	563,7	260,3
							0					
2010	5	19	15	32,78	25,89		201	6	19	15	218,8	143,1
							0					
2010	5	19	16	32,56	27,96		201	6	19	16	40,93	31,01
							0					

2010	5	19	17	52,92	41,52		201	6	19	17	60,06	48,67
							0					
2010	5	19	18	22,96	14,89		201	6	19	18		
							0					
2010	5	20	7				201	6	20	7		
							0					
2010	5	20	8	71,59	56,62		201	6	20	8	20,15	14,1
							0					
2010	5	20	9	169,6	135,4		201	6	20	9	84,3	69,08
							0					
2010	5	20	10	261,1	205,3		201	6	20	10	134,4	109,8
							0					
2010	5	20	11	371	234		201	6	20	11	213,3	175,9
							0					
2010	5	20	12	317,7	248,5		201	6	20	12	202,4	166,3
							0					
2010	5	20	13	603,5	287,9		201	6	20	13	227,4	187,8
							0					
2010	5	20	14	808	209,2		201	6	20	14	202,7	167,4
							0					
2010	5	20	15	639,3	148,7		201	6	20	15	308,8	241,8
							0					
2010	5	20	16	532,2	106,7		201	6	20	16	99,3	76,25

							0					
2010	5	20	17	268,7	80,8		201	6	20	17	34,21	23,69
							0					
2010	5	20	18	26,85	6,438		201	6	20	18	1,549	
							0					
2010	5	21	7	11,67	6,35		201	6	21	7		
							0					
2010	5	21	8	117,6	89,1		201	6	21	8	105,1	124,1
							0					
2010	5	21	9	268,7	196,6		201	6	21	9	327,6	194,9
							0					
2010	5	21	10	364,2	281		201	6	21	10	307,1	176,5
							0					
2010	5	21	11	445,9	326,2		201	6	21	11	541,3	215,1
							0					
2010	5	21	12	226,3	173,9		201	6	21	12	510,8	223,2
							0					
2010	5	21	13	218,1	170,5		201	6	21	13	382,1	233,6
							0					
2010	5	21	14	217,7	173,8		201	6	21	14	182,5	149,7
							0					
2010	5	21	15	232,2	174,2		201	6	21	15	177,5	145,8
							0					

2010	5	21	16	118,8	91,6		201	6	21	16	135	109,4
							0					
2010	5	21	17	70,3	52,25		201	6	21	17	164,8	113,9
							0					
2010	5	21	18				201	6	21	18	16,48	2,251
							0					
2010	5	22	7				201	6	22	7	16,11	11,51
							0					
2010	5	22	8	150,2	117,8		201	6	22	8	92	75,85
							0					
2010	5	22	9	479,4	168,8		201	6	22	9	293,8	157,4
							0					
2010	5	22	10	253,5	158,9		201	6	22	10	306,3	182,7
							0					
2010	5	22	11	338,3	256,4		201	6	22	11	275,8	186,5
							0					
2010	5	22	12	395,1	277		201	6	22	12	271,4	218,4
							0					
2010	5	22	13	238,3	178,7		201	6	22	13	492,6	276,7
							0					
2010	5	22	14	570,7	290,3		201	6	22	14	550,4	262,9
							0					
2010	5	22	15	448,7	237,4		201	6	22	15	246,1	182,8

							0					
2010	5	22	16	106,8	82,2		201	6	22	16	199,2	145,1
							0					
2010	5	22	17	57,41	41,15		201	6	22	17	248,4	88,4
							0					
2010	5	22	18	3,411			201	6	22	18	75,88	36,53
							0					
2010	5	23	7	12,9	7,466		201	6	23	7		
							0					
2010	5	23	8	172,5	135,9		201	6	23	8	98,4	86,4
							0					
2010	5	23	9	230	177,1		201	6	23	9	211,5	137,6
							0					
2010	5	23	10	361,1	209,7		201	6	23	10	477	221,9
							0					
2010	5	23	11	478,2	254,3		201	6	23	11	698,9	156,9
							0					
2010	5	23	12	594,9	311,6		201	6	23	12	603,4	213,9
							0					
2010	5	23	13	230,3	146,8		201	6	23	13	424,4	221,8
							0					
2010	5	23	14	150,6	117,5		201	6	23	14	735,1	117
							0					

2010	5	23	15	291,8	197,7		201	6	23	15	569,4	169,9
							0					
2010	5	23	16	349,7	139,8		201	6	23	16	124	92,9
							0					
2010	5	23	17	282,9	117,6		201	6	23	17	43,81	16,66
							0					
2010	5	23	18	14,92	4,735		201	6	23	18		
							0					
2010	5	24	7	7,219	2,263		201	6	24	7		
							0					
2010	5	24	8	199,6	152,9		201	6	24	8	4,706	0,879
							0					
2010	5	24	9	429	169,8		201	6	24	9	30,69	22,52
							0					
2010	5	24	10	498,9	158,1		201	6	24	10	145,8	116,3
							0					
2010	5	24	11	467,4	182,6		201	6	24	11	492,6	301,7
							0					
2010	5	24	12	564,9	254,5		201	6	24	12	659,6	236,8
							0					
2010	5	24	13	695,2	316,5		201	6	24	13	723,7	134
							0					
2010	5	24	14	426,8	258,2		201	6	24	14	555,8	237,3

							0					
2010	5	24	15	151,5	109,8		201	6	24	15	657,6	148,8
							0					
2010	5	24	16	68,09	47,95		201	6	24	16	480,6	59,01
							0					
2010	5	24	17	16,52	10,38		201	6	24	17	219,3	7,04
							0					
2010	5	24	18				201	6	24	18		
							0					
2010	5	25	7	9,06	4,206		201	6	25	7		
							0					
2010	5	25	8	170,5	142,5		201	6	25	8	91,1	80,2
							0					
2010	5	25	9	450,5	176		201	6	25	9	285,2	139,7
							0					
2010	5	25	10	561,4	137,6		201	6	25	10	378	225,3
							0					
2010	5	25	11	781,7	154,2		201	6	25	11	440,6	255,4
							0					
2010	5	25	12	510	200,6		201	6	25	12	694,8	292,9
							0					
2010	5	25	13	318,6	138,6		201	6	25	13	379,7	261,7
							0					

2010	5	25	14	168,6	125,3		201	6	25	14	194	151,3
							0					
2010	5	25	15	257,7	181,6		201	6	25	15	320,7	197
							0					
2010	5	25	16	353,9	103,2		201	6	25	16	315	161,7
							0					
2010	5	25	17	162,5	30,31		201	6	25	17	66,99	46,76
							0					
2010	5	25	18				201	6	25	18	14,72	8,44
							0					
2010	5	26	7	20,57	12,61		201	6	26	7		
							0					
2010	5	26	8	103,6	79,95		201	6	26	8	83,4	68,12
							0					
2010	5	26	9	142,7	112,2		201	6	26	9	381,5	62,21
							0					
2010	5	26	10	528,9	247,9		201	6	26	10	519,7	127
							0					
2010	5	26	11	136,3	80,5		201	6	26	11	225,1	176,7
							0					
2010	5	26	12	61,2	47,4		201	6	26	12	361,7	277,9
							0					
2010	5	26	13	194,5	150,8		201	6	26	13	670,4	276,3

							0					
2010	5	26	14	198	160,6		201	6	26	14	567,7	219,9
							0					
2010	5	26	15	112,2	91,3		201	6	26	15	655,1	170,7
							0					
2010	5	26	16	123,2	98,8		201	6	26	16	107,1	78,19
							0					
2010	5	26	17	95,7	71,19		201	6	26	17	112,5	48,84
							0					
2010	5	26	18	17,36	8,45		201	6	26	18	19,14	5,127
							0					
2010	5	27	7				201	6	27	7		
							0					
2010	5	27	8	17,23	10,7		201	6	27	8	112	88,1
							0					
2010	5	27	9	89,5	69,93		201	6	27	9	373,1	92,2
							0					
2010	5	27	10	165,9	131,6		201	6	27	10	461,2	182,3
							0					
2010	5	27	11	201,6	159,9		201	6	27	11	341,4	161,3
							0					
2010	5	27	12	420,3	304,2		201	6	27	12	160,5	127,1
							0					

2010	5	27	13	216	173,2		201	6	27	13	331,3	260,3
							0					
2010	5	27	14	365,2	256,9		201	6	27	14	241,5	168,6
							0					
2010	5	27	15	500,1	284		201	6	27	15	291,4	148
							0					
2010	5	27	16	247,7	182		201	6	27	16	75,69	51,05
							0					
2010	5	27	17	67,51	49,9		201	6	27	17	15,17	8,84
							0					
2010	5	27	18	4,152			201	6	27	18		
							0					
2010	5	28	7	7,407	3,034		201	6	28	7	16,86	11,18
							0					
2010	5	28	8	76,11	60,9		201	6	28	8	95,3	76,08
							0					
2010	5	28	9	179,1	142,4		201	6	28	9	363,9	154,4
							0					
2010	5	28	10	280,5	214,3		201	6	28	10	715,9	139,8
							0					
2010	5	28	11	430,8	291,2		201	6	28	11	322,1	204,6
							0					
2010	5	28	12	543,3	337,2		201	6	28	12	194,7	153,6

							0					
2010	5	28	13	349,4	216,9		201	6	28	13	338,1	195,5
							0					
2010	5	28	14	570,7	233,4		201	6	28	14	640,5	226,7
							0					
2010	5	28	15	627	166,5		201	6	28	15	550,5	203,4
							0					
2010	5	28	16	329,8	135,4		201	6	28	16	290,3	143
							0					
2010	5	28	17	187,6	98		201	6	28	17	115,2	63,64
							0					
2010	5	28	18	33,1	9,51		201	6	28	18	21,1	12,63
							0					
2010	5	29	7	4,741	0,418		201	6	29	7	11,3	6,865
							0					
2010	5	29	8	102,5	76,42		201	6	29	8	156,7	168,5
							0					
2010	5	29	9	284,4	129,1		201	6	29	9	344,7	228,9
							0					
2010	5	29	10	473	169,5		201	6	29	10	403,1	220,7
							0					
2010	5	29	11	724,2	139,3		201	6	29	11	696,5	347,8
							0					

2010	5	29	12	813	129,5		201	6	29	12	516,7	267,4
							0					
2010	5	29	13	727,5	193		201	6	29	13	564	286,8
							0					
2010	5	29	14	648,4	263,6		201	6	29	14	55,97	38,27
							0					
2010	5	29	15	558,4	199,2		201	6	29	15	38,29	28,61
							0					
2010	5	29	16	486,8	93		201	6	29	16	85,1	70,82
							0					
2010	5	29	17	304	73,03		201	6	29	17	143,9	90,6
							0					
2010	5	29	18	96	62,05		201	6	29	18	5,452	0,293
							0					
2010	5	30	7	12,16	7,474		201	6	30	7		
							0					
2010	5	30	8	135,8	102,6		201	6	30	8	57,86	78,11
							0					
2010	5	30	9	306,1	87,8		201	6	30	9	388,5	242,9
							0					
2010	5	30	10	639,1	41,91		201	6	30	10	480,9	248
							0					
2010	5	30	11	684,5	143,5		201	6	30	11	633,3	284,5

							0						
2010	5	30	12	646,9	120,7		201	6	30	12	199,7	161,4	
							0						
2010	5	30	13	796,9	64,65		201	6	30	13	267,2	212,8	
							0						
2010	5	30	14	269	167,8		201	6	30	14	345,6	248,9	
							0						
2010	5	30	15	207,5	130,8		201	6	30	15	266,6	206,5	
							0						
2010	5	30	16	304,4	148,7		201	6	30	16	170,3	136,3	
							0						
2010	5	30	17	128,5	76,06		201	6	30	17	66,34	49,98	
							0						
2010	5	30	18				201	6	30	18	20,6	10,9	
							0						
2010	5	31	7										
2010	5	31	8	32,19	23,7								
2010	5	31	9	203,9	148,4								
2010	5	31	10	533,2	255,4								
2010	5	31	11	449,9	294,7								
2010	5	31	12	338,7	253,1								
2010	5	31	13	250,6	194,2								
2010	5	31	14	307,9	235,4								

2010	5	31	15	289,1	199,6							
2010	5	31	16	410,5	181,7							
2010	5	31	17	124,3	62,49							
2010	5	31	18	1,263								

Fuente: Estación Climatológica CENICAFÉ-Chinchiná

ANEXO B

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN INTERNACIONAL-MEXICO



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

INSTITUTO DE GEOFISICA

CIUDAD UNIVERSITARIA

DELEGACION DE COYACAPAN

CODIGO 54815 MEXICO, D.F.

CERTIFICACIÓN DEL FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL PIRHeliómetro Marca Eppley, con Número de Serie 8088E4.

De acuerdo con el reporte que se adjunta en hojas separadas, el Observatorio de Radiación Solar, Centro Radiométrico Regional (CRR) de la AR-IV (OMM), certifica que:

El Factor de Calibración o Constante de Respuesta Instrumental que se obtuvo durante la calibración del pirheliómetro, marca Eppley y número de serie 8088E4, es el siguiente:

$$C_n = 8.85 \mu V/(W/m^2)$$

Esta "Constante" del referido pirheliómetro se obtuvo de acuerdo con el procedimiento que para el efecto recomienda la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Este procedimiento consiste en realizar mediciones simultáneas con el pirheliómetro en cuestión y el pirheliómetro del CRR, HF-29223 de Referencia Regional (AR-IV, OMM). De esta manera la calibración se realiza transfiriendo la escala de Referencia Radiométrica Mundial (WRR por sus siglas en inglés) al pirheliómetro por medio de la "Constante" obtenida. La presente calibración se realizó durante los días 27, 28 y 29 de noviembre de 2006.

La presente se extiende de buena fé, para los efectos que el usuario determine, el día

19 de febrero de 2007.

Atentamente,

Dr. Agustín Muñoz V.
Coordinador responsable
ORS-CRR

ANEXO C

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN 'PMO6-PATRON MUNDIAL OMM

Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos World Radiation Center		pmod wrc	
Calibration Certificate			
No. 2011-A-07			
Calibration Item	Pyrheliometer		
	Manufacturer	PMOD/WRC	
	Type	PMO6-CC	
	Serial Number	0815	
Customer			
Calibration Mark	Label 2011-A-07		
Period of Calibration	25 days from 5. November 2010 to 18. August 2011		
	Davos Dorf, 23 November 2011		
			
	C. Thomann In charge of calibration	Dr. W. Finsterle Head WRC section solar radiometry	
	<i>PMOD/WRC follows the requirements for the competence of testing and calibration laboratories according to ISO/IEC 17025. PMOD/WRC is a designated institute of the Swiss Federal Office of Metrology, the Swiss signatory of the CIPM MRA (International Committee for Weights and Measures - Mutual Recognition Arrangement).</i>		
	<i>Calibration certificates without signature are not valid. This calibration certificate shall not be reproduced except in full, without the written approval of the Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos and World Radiation Center.</i>		
Dorfstrasse 33, CH-7260 Davos Dorf Phone +41 81 417 51 11, Fax +41 81 417 51 00 www.pmodwrc.ch			
			Page 1 of 3

Certificate No. 2011-A-07

Calibration procedure

This pyrheliometer was compared with the reference radiometer PMO5 of the World Radiation Center (WRC) using the Sun as source. The reference radiometer is periodically calibrated against the World Standard Group (WSG), maintained at the WRC Davos. The readings are referred to the World Radiometric Reference (WRR) as stated in the WMO Technical Regulations. The originally estimated uncertainty of the WRR relative to SI is $\pm 0.3\%$.

The comparison with the sun as source was performed at PMOD/WRC Davos with a timing corresponding to 90 sec reference and 90 sec measurement phase.

During the comparisons, the instrument received direct solar radiation with intensities ranging from 670 W/m^2 to 1076 W/m^2 , with a mean of 945 W/m^2 . The ambient air temperature ranged from $-13.1 \text{ }^\circ\text{C}$ to $23.8 \text{ }^\circ\text{C}$, with a mean of $5.0 \text{ }^\circ\text{C}$. The calibration factor and the single measurements standard deviation (σ) are based on 2135 individual measurements.

Calibration results

Calibration constant: $C = 51045.4 \text{ 1/m}^2$

Uncertainty: $u = \pm 31.7 \text{ 1/m}^2$

The reported expanded uncertainty of measurements is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor $k=2$, which for a normal distribution corresponds to a coverage probability of approximately 95%.

The Irradiance S is computed in the following way: $S = C * (P_c - P_o)$

S: Total solar irradiance [W/m^2]

P_c: Electrical power dissipated in the cavity during the closed phase [W]. It is interpolated from the closed measurements recorded just before and just after the corresponding open phase.

P_o: Electrical power dissipated in the cavity during the open phase [W]

C: Calibration factor [$1/\text{m}^2$]. It is essentially the inverse of the area of the precision aperture and includes corrections for the deviations from ideal behaviour. C is determined by comparing the instrument with a radiometer directly traceable to the World Radiometric Reference realized by the World Standard Group at PMOD/WRC.

Certificate No. 2011-A-07

Calibrations Remarks

Reference: WRR represented by the absolute pyrheliometer: PMO5
WRR-Factor of PMO5: 0.999052
(from the last International Pyrheliometer Comparison, IPC-2010)

Temperature dependence of the electrical measurements:

The electronic components used for the measure of the current and voltage have offsets and gains which are temperature dependent. These need to be taken into account to determine the effective power dissipated in the cavity in the following way:

$$P = (a_U + ta_U \cdot \theta + (b_U + tb_U \cdot \theta) \cdot U_H) \cdot (a_I + ta_I \cdot \theta + (b_I + tb_I \cdot \theta) \cdot U_I) / R_N$$

where U_H , U_I are the output voltage across the heater and normal resistor (R_N) and θ is the temperature of the amplifiers [$^{\circ}\text{C}$].

The electrical calibration was performed at 5 different ambient temperatures from -7.6°C to 51.3°C . Each *digital* output voltage was compared with the corresponding signal at the cavity heater at 6 voltages evenly distributed over the output range 1.588 V to 4.008 V of the U and I channels. The measurements resulted in:

$a_U = -1.69451\text{e-}05 \text{ V}$	$ta_U = 1.14091\text{e-}06 \text{ V/}^{\circ}\text{C}$
$a_I = -5.02538\text{e-}05 \text{ V}$	$ta_I = 8.19570\text{e-}07 \text{ V/}^{\circ}\text{C}$
$b_U = 0.201915$	$tb_U = 3.64153\text{e-}06 \text{ 1/}^{\circ}\text{C}$
$b_I = 0.201924$	$tb_I = 3.67285\text{e-}06 \text{ 1/}^{\circ}\text{C}$

The digital output voltages were determined by performing a linear interpolation through the three reference voltages, which have the values:

$V_{\text{ref1}} = 0.0 \text{ V}$
$V_{\text{ref2}} = 5.0 \text{ V}$
$V_{\text{ref3}} = 10.0 \text{ V}$

Comments

Instrument Condition: The calibration item was received fully functional and did not show any erratic behavior or irregularities during calibration.

INTERNATIONAL
STANDARD

**ISO
9846**

First edition
1993-12-01

**Solar energy — Calibration of a
pyranometer using a pyrheliometer**

Énergie solaire — Étalonnage d'un pyranomètre utilisant un pyréliomètre



Reference number
ISO 9846:1993(E)