

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - SENAMHI
CENTRO DE CAPACITACION

SNMH
551.510.42
S42_a



**CURSO INTERNACIONAL: "ASPECTOS FISICOS, QUIMICOS,
METEOROLOGICOS Y MODELACIÓN DE LA
CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA"**

DEL 12 DE JUNIO AL 7 DE JULIO DE 1995

MEMORIA EXPLICATIVA

SNMH
551+510,42
S42_a

Lima - Perú



Téléphone: National (022) 730 81 11
International + 41 22 730 81 11
Télégrammes: METEOMOND GENÈVE
Télex: 41 41 99 OMM CH
Facsimilé: 41 22 734 23 26

SECRETARIAT
GENÈVE - Suisse

41, Giuseppe-Motta
Case postale N° 2300
CH - 1211 Genève 2

Nuestra ref.: 24.025/E/NTAIII-3
Sur ref.: 0513 SENAMHI/CDC/95

Coronel José M. Ames Ruiz
Representante Permanente del Perú
ante la OMM
Servicio Nacional de Meteorología e
Hidrología (SENAMHI)
Jr. Cahuide 805, 4° Piso
LIMA 11
Perú

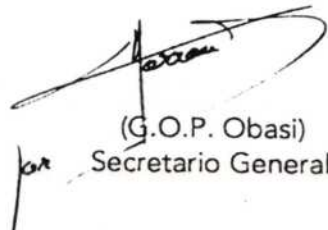
GINEBRA, 17 de agosto de 1995

Estimado Coronel Ames Ruiz:

Me es grato acusar recibo con reconocimiento de su carta de 18 de julio de 1995, con la que acompaña el informe del Curso internacional "Aspectos físicos, químicos, meteorológicos y modelación de la contaminación atmosférica", celebrado en Lima del 12 de junio al 7 de julio de 1995.

Me ha complacido sobremanera conocer la realización con éxito de esta actividad, y la entusiasta participación de los asistentes y del principal conferenciante, Dr. F. Tampieri de Italia. El curso habrá contribuido sin duda a conocer mejor este importante tema en Perú.

Con los mejores deseos, le saluda muy atentamente,


(G.O.P. Obasi)
Secretario General

copias: Dr. F. Tampieri, Bolonia

003806



Instituto para el Estudio de los
Fenómenos Físicos y Químicos
de la Alta y Baja Atmósfera
Bologna - Italia



Servicio Nacional
de Meteorología e
Hidrología



Organización Meteorológica
Mundial - OMM

CURSO INTERNACIONAL
ASPECTOS FISICOS, QUIMICOS,
METEOROLOGICOS Y MODELACION
DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

Del 12 de junio al 07 de julio de 1995

Lima - Perú

OFICIO 063/CDC/95 (22595)

CURSO INTERNACIONAL
ASPECTOS FISICOS, QUIMICOS, METEOROLOGICOS Y
MODELACION DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

12 de Junio - 7 de Julio de 1995
Lima - Perú

MEMORIA EXPLICATIVA

1. OBJETIVOS GENERALES

Conocer los aspectos meteorológicos de la contaminación del aire, los procesos de transporte, difusión, física, química de la atmósfera, en las zonas urbanas y rurales; orientados al desarrollo de tecnologías apropiadas para el manejo y conservación del medio ambiente y los recursos clima y agua.

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.1 Revisión de los conceptos básicos de meteorología dinámica en la mesoescala y física de nubes.
- 2.2 Conocer la teoría de la capa límite atmosférica, las circulaciones locales, ondas de superficie, el efecto de montaña sobre las nubes y una introducción a los modelos para la evaluación de diferentes fenómenos relevantes.
- 2.3 Evaluar la turbulencia atmosférica con especial referencia en la capa límite sobre barreras orográficas. Observaciones recientes y modelos.
- 2.4 Conocer la dispersión de los contaminantes en la capa límite atmosférica. Las dos aproximaciones fundamentales: la ecuación de advección y difusión (Euleriana) versus la descripción Estocástica (Lagrangiana). Observaciones de la dispersión en diferentes zonas y experimentos de laboratorio. Una revisión de las principales aproximaciones para el modelamiento de la dispersión. Modelos climatológicos de la dispersión.

3. DIRIGIDO A:

Ingenieros meteorólogos y profesionales afines, directamente relacionados con la contaminación y preservación del medio ambiente, que realizan las instituciones públicas y

privadas. Se exigió que los participantes tengan una sólida formación en matemáticas y estadística avanzada, meteorología y programas computacionales, con una experiencia mínima de un año y con posibilidades de realizar programas de monitoreo e investigación en el campo de las ciencias de la atmósfera y de la contaminación del medio ambiente.

4. TEMARIO:

CAPITULO 1: Los Contaminantes Atmosféricos

- 1.1 El sistema de la contaminación de la atmósfera
- 1.2 Contaminantes atmosféricos gaseosos: Clasificación de los contaminantes. La composición de la atmósfera limpia. Compuestos de azufre (S). Compuestos con el nitrógeno (N). Compuestos con el carbono (C). compuestos con los halógenos (Flúor y Cloro).
- 1.3 Partículas atmosféricos aerosoles: La distribución de partículas contaminantes. Niveles de concentración de contaminantes.
- 1.5 Química de la contaminación del aire : Química de la atmósfera. Reacciones fotoquímicos. El rol del nitrógeno. El rol de los compuestos del carbono. El smog fotoquímico. Reacciones de los compuestos de azufre. Química de la fase de agua. Agua en la atmósfera. Reacciones con el azufre. Reacciones con el nitrógeno.
- 1.6 Meteorología física y dinámica (revisión): irradiación y temperatura. Escalas de fenómenos meteorológicos . El balance de la irradiación de la atmósfera. Radiación solar y el balance de la radiación en la atmósfera. El balance de energía del planeta. Clasificación de la capas de la atmósfera. El perfil de temperatura, relación entre presión y temperatura en la baja atmósfera. Efecto de la humedad y la temperatura virtual. Estabilidad de la atmósfera.

CAPITULO 2: Descripción de la capa Límite Planetaria

- 2.1 Definición de la capa límite planetaria.
- 2.2 Viento y turbulencia.
- 2.3 capa límite sobre el continente y el mar.
- 2.4 La evolución del viento y la temperatura durante el día, en la capa límite.

CAPITULO 3: Teoría Estadística de la Turbulencia y Capa Límite Cuasi-neutral

- 3.1 La turbulencia
- 3.2 Teoría de la casualidad
- 3.3 Difusión y turbulencia (viscosidad de Eddy)
- 3.4 Cascada de energía
- 3.5 Invarianza de escala
- 3.6 Descomposición de REYNOLDS. Variables estocásticos.
- 3.7 Las ecuaciones para medias y varianzas.
- 3.8 Los términos de transporte turbulento.
- 3.9 El problema de los momentos de grado más elevado.
- 3.10 Teoría de la semejanza (similitud).
- 3.11 Teoría de la longitud de mezcla.
- 3.12 Estrato de flujo constante.
- 3.13 Perfil logarítmico del viento.
- 3.14 Modificaciones del perfil, siguiendo la estratificación de la temperatura.
- 3.15 Efectos de la rugosidad de la superficie.
- 3.16 El viento dentro de la vegetación.

CAPITULO 4: La Capa Límite Convectiva

- 4.1 Descripción de los remolinos convectivos.
- 4.2 Función de densidad para la velocidad vertical.
- 4.3 Convergencia en el suelo.
- 4.4 Perfiles verticales: viento, temperatura media. Turbulencia (segundos y terceros momentos de la velocidad).
- 4.5 Evaluación del tope de la capa límite convectiva.
- 4.6 Modelos de la capa límite convectiva: tamaños de los modelos de simulación, modelos de grandes remolinos (L.E.Stull, Moeng, Sullivan - 1994).

CAPITULO 5: La Capa Límite Estable

- 5.1 La formación de la capa límite estable y el estrato residual.
- 5.2 Ondas de gravedad.
- 5.3 Perfiles verticales: viento y temperatura, turbulencia (segundo momento de la velocidad vertical). Turbulencia intermitentes.
- 5.4 Representación espectral de velocidades.
- 5.5 Subsidiencias y advecciones.
- 5.6 Evaluación del tope de la capa límite estable.
- 5.7 El modelo NIEUSWSTADT para la capa límite utilizable.
- 5.8 Modelos de corrientes a bajos niveles.
- 5.9 Viento a barlovento.

CAPITULO 6: Nubes de la Capa Límite y Niebla

- 6.1 Termodinámica de la atmósfera: Punto de saturación y nivel de condensación. Efectos de la radiación de las nubes.
- 6.2 tipos de nubes.
- 6.3 Niebla de advección y de radiación
- 6.4 Microfísica de la gotita de agua en las nubes y nieblas: tamaño y distribución.

CAPITULO 7: Efectos Geográficos

- 7.1 Circulaciones en regiones de montaña: con modelo simple de Ryan (1992).
- 7.2 Brisa de tierra y mar; El modelo analítico de Ratanno (1983)
- 7.3 La capa límite termal interna; el modelo de cambio de rugosidad (Walmsley 1986)
- 7.4 Flujo sobre colinas: Ondas de montaña y separación de la capa límite. Efectos sobre flujos neutrales. Efectos de gravedad: movimientos hidrostáticos y no hidrostáticos onda de gravedad. Obstáculos en altura.
- 7.5 Flujo sobre colinas y reparación de la capa límite y ondas de montaña.
- 7.6 Modelos de flujo medio: Modelos de consistencia de masa, modelos dinámicos, modelos de turbulencia.
- 7.7 Islas de calor.

CAPITULO 8: Dispersión de Contaminantes en la Atmósfera

- 8.1 La aproximación Euleriana: Ecuaciones para la concentración de contaminantes en flujos turbulentos.
- 8.2 La aproximación Lagrangiana: Movimientos de partículas en fluidos. Descripciones probabilísticas.
- 8.3 Ecuación de la difusión atmosférica: la difusión turbulenta, condiciones para la difusión una aproximación Lagrangiana y la descripción probabilística de la concentración. Comparación de las dos aproximaciones.
- 8.4 La teoría estadística de la dispersión turbulenta; período de correlación Lagrangiana.

CAPITULO 9: Soluciones Analíticas de la Ecuación de Dispersión en la Atmósfera modelos sencillos.

- 9.1 Soluciones para la turbulencia homogénea y estacionaria. El modelo de Gauss. Condiciones de reflexión y absorción. Aplicaciones a la atmósfera. Incremento de los contaminantes cálidos. Determinación de la difusibilidad turbulenta en función de la estratificación atmosférica.
- 9.2 Modelos de calidad del aire. Resolución en el espacio y tiempo. Evaluación de resultados.
- 9.3 Modelos climatológicos.

- 9.4 Casos especiales: Geometría de los residuos. Fumigación. Concentraciones cerca a edificios. Dispersión en valles. Dispersión en zonas costeras. Efecto de topografía.

CAPITULO 10: Modelos Estocásticos de la Dispersión

- 10.1 La ecuación de Langvin, como modelo de trayectorias de partículas de aire. Determinación de los coeficientes de la ecuación de Langevin. Modelo de Box.

CAPITULO 11: Remoción de los Contaminantes de la Atmósfera

- 11.1 Deposición seca. Transporte directa de contaminantes hacia el suelo y la plantas (transporte turbulento, sedimentación gravitacional).
- 11.2 Deposición húmeda. Transporte de contaminantes a través de las gotas de agua, cristales de hielo (nubes y niebla). Deposición de gotas y cristales de hielo por sedimentación.
- 11.3 El proceso de deposición oculta. Deposición de gotas en plantas por turbulencia. Representación general de los procesos de deposición. Velocidad de deposición.
- 11.4 Deposición seca. Transporte de contaminantes gaseosos hacia el suelo. El modelo de transporte de momento. Velocidad de deposición y resistencia. Resistencia aerodinámica. Resistencia en la capa superficial. Resistencia por transferencia.
- 11.5 Parametrizaciones de la deposición de partículas sobre los suelos. Observaciones experimentales de deposiciones secas.
- 11.6 Deposición húmeda. Mecanismos de captura de partículas. Movimiento Browniano. Captura inercial. Captura por efectos de la variaciones de la temperatura, la evaporación y la condensación. Eficiencia de la captura de partículas.
- 11.7 Mecanismos de deposición de partículas gaseosas en la gota de agua. Gases completamente solubles. Deposición oculta, deposición de gotas por efecto de turbulencia, por impacto, etc.
- 11.8 Lluvia ácida. Observaciones experimentales. Efectos de lluvia ácida. Procesos físicos y químicos. Efectos de la lluvia ácida relacionados con la dinámica de las nubes. Niebla ácida.

CAPITULO 12: Tiempo de permanencia de contaminantes en la Atmósfera

- 12.1 Manantiales y sumideros; caso del SO₂ .
- 12.2 Prácticas sobre modelos: Modelo de la capa límite sobre colinas BLMLT3D. Modelo Euleriano de dispersión de contaminantes KAPPA6. y KAPPA6-LT.

- 12.3 Modelo Langrangiano de dispersión de contaminantes. L1D y L2D.
12.4 Otros modelos sencillos que desarrollarán los participantes.

5. **EXPOSITOR:**

Dr. Francesco Tampieri. Miembro de Instituto Nacional de Investigación de Italia, Investigador del Instituto para el Estudio de los Fenómenos Físicos y Químicos de la Alta y Baja Atmósfera de Bologna - Italia.

6. **METODOLOGIA:**

Las clases se realizaron mediante exposiciones del conferencista y diálogos entre los participantes. El enfoque metodológico del curso estuvo estructurado en un 60 % con clases teóricas y un 40 % de prácticas demostrativas de modelos de la contaminación del aire: Modelo de la capa límite sobre colinas (BLMLT3D), modelo eurliano de dispersión de contaminantes (KAPPA6 y KAPPA-LT). Se distribuyeron a los participantes material bibliográfico, guías de prácticas y resúmenes de 500 páginas.

7. **EVALUACION:**

La evaluación de los participantes se realizó tomando en cuenta los siguientes criterios:

- a) Asistencia y permanencia a todas las clases.
- b) Participación activa y trabajos prácticos.
- c) Evaluación escrita sobre aspectos prácticos y posibles aplicaciones.

Los participantes que cumplieron con los requisitos exigidos, fueron acreedores del Diploma de asistencia y aprobación del curso por 80 horas lectivas..

8. **BIBLIOGRAFIA UTILIZADA:**

U Frisch S.A. Orszag. Turbulence: Challenges for Theory and Experiments. Physics Today, 24-32. 1990.

B.R. Hanna. Uncertainties in Air Quality Model Predictions Boundary Layer Meteorology. 62, 2-20, 1993.

J.L. Lamley Modelling Turbulent Flux of Passive Saclar Quantities in Inhomogeneous Flows. Phys. Fluids. 18, 619-621, 1975.

A. Maurizi, M. Tagliazucca, F. Tampieri, F. Trombetti. Linearized Wind Modelling Over Complex Terrain and Turbulence Perturbation Estimates. Thematic Report N° 2 Contract EV5V - CT91-0015, 1994.

C.H. Noeng, P.P. Sullivan. A Comparison of Shear and Buoyancy - Driven Planetary Boundary Layer Flows. J. Atmos. Sci. 51 99-1022, 1994.

I. Orlanski. A Rational Subdivision of Scales for Atmospheric Processes. Bull. Amer. Meteorology. Soc. 56, 525-530, 1975.

R. Rotunno. On the Linear Theory of Land and Sea Breezes. J. Atmos. Sci, 40, 1999-2009, 1983.

B.C. Ryan. A Mathematical Model for Diagnosis and Prediction of Surface Winds in Mountainous Terrain. J. Appl. Meteorology, 16, 571-583, 1977.

J.S. Seinfeld. Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution. John Wiley and Sons. New York, 1986, 733 pp.

R.B. Stull. An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Kluwer, Dordrecht, 1989, 666 pp.

F. Trombetti, M. Tagliazucca. Characteristic Scales of Atmospheric Surface Layer. FISBAT-TP-94/1, 149 pp.

J.L. Walmsley, P.A. Taylor, T. Keith. A Simple Model of Neutrality.

Stratified Boundary Layer Flow Over Complex Terrain With Surface Roughness Modulations (MSSDJH/3R). Boundary Layer Meteorology. 36 157-186, 1986.

P. Zannetti. Air Pollution Modelling. Van Nostrand, New York, 1990, 439 pp.

9. CONCLUSIONES:

El desarrollo del presente curso ha concitado gran interés y expectativas en la opinión pública; las entidades especializadas en asuntos ambientales han mejorado considerablemente y asimilado los conocimientos modernos de la evaluación de la contaminación atmosférica.

La participación de importantes empresas públicas y privadas, ejes de la economía nacional, como Petróleos del Perú, CENTROMIN-PERU, Southern Peru Copper Corporation S.A. Ministerio de Energía y Minas, Ministerio de Salud y otras instituciones, resaltaron la importancia del presente curso.

En el Perú, es la primera vez que se dicta un curso de contaminación atmosférica con un nivel académico altamente especializado, mediante el uso de modelos numéricos para la evaluación de los gases y partículas contaminantes, que dieron una gran acogida en los participantes.

Como resultado positivo del presente curso, el SENAMHI ha demostrado su función líder y protagónico en la evaluación e investigación de la contaminación atmosférica, el cual conlleva a asumir roles cada vez más exigentes en apoyo de la producción y el desarrollo económico y social sostenido.

Mediante el presente curso, también se ha demostrado ante las autoridades gubernamentales la importancia del SENAMHI y su contribución al desarrollo del país.

10. RECOMENDACIONES

- a) Establecer los canales necesarios para desarrollar programas interinstitucionales de evaluación, monitoreo e investigación en el campo de la contaminación atmosférica, tomando como punto focal al SENAMHI.
- b) Para mantener la continuidad y seguimiento del presente curso, es necesario desarrollar los cursos FORTRAN 77 y Métodos Numéricos de Programación, para poder desarrollar a partir del próximo año un programa de investigación en MODELOS MICROMETEOROLOGICOS DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA.
- c) Que la OMM, siga prestando su valioso apoyo a las actividades de capacitación del SENAMHI, para fortalecerla y mejorar su imagen institucional.
- d) Establecer un programa de cooperación entre el SENAMHI y el Instituto para el Estudio de los Fenómenos Físicos y Químicos de la Alta y Baja Atmósfera de Bologna - Italia, para desarrollar actividades de investigación de la contaminación atmosférica con el asesoramiento del Dr. Francesco Tampieri, el cual permitirá promover de una manera eficaz la investigación de contaminación ambiental y una mejor proyección del SENAMHI en la solución de problemas ambientales del país.

11. PARTICIPANTES:

Coronel FAP Met.
JOSE M. AMES RUIZ
Jefe del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
Jr. Cahuide 805 Jesús María-Lima
Teléfono: 51-14-4704085. Fax: 54-14-4717287

Mayor FAP
HILDEBRANDO CASTILLO GUERRERO
Director Técnico del SENAMHI
Jr. Cahuide 805 Jesús María-Lima
Teléfono: 51-14-4702297. Fax: 54-14-4717287

Met. NICEFORO ITA MAGUIÑA
Director del Centro de Capacitación
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-SENAMHI
Jr. Cahuide 785 Jesús María-Lima
Teléfono: 4704863 E-MAIL: ITA@SENAMH.GOB.PE

VICTOR ANGEL VEJARANO SANCHEZ
Ing. de Ventilación de Minas y Concentradoras
Empresa del Centro del Perú S.A. CENTROMIN-La Oroya
Oficina de Control Ambiental
Departamento de Seguridad Oroya
Hotel Inca "La Oroya" N° 234
Teléfono Oficina: 22335. Domicilio 23356

CARLOS RUBEN GONZALES BENAVIDES
Ing. Mayor Procesos
Refinería La Pampilla PETROPERU S.A.
Km. 25 Carretera a Ventanilla-Lima
Teléfono: 4516477/Anexo: 4486

JOSE LUIS ANDONAIRE RODRIGUEZ
Ingeniería de Higiene y Seguridad Industrial
Dirección General de Salud Ambiental-DIGESA
Las Amapolas N° 350 Lince-Lima
Teléfonos: 428353/428356

JERONIMO GARCIA VILLANUEVA
Profesor Principal
Universidad Nacional Agraria La Molina
Av. La Universidad s/n, La Molina-Lima
Teléfonos: 4352035/4351981

MARIO PAUL CERVANTES FLORES
Prácticante-Beca de Tesis-Ing. Químico
Petróleos del Perú S.A. Refinería La Pampilla
Km. 25 Carretera a Ventanilla-Lima
Teléfono: 4516477/4487. Domicilio: 4477258

GUILLERMO ANTONIO BAIGORRIA PAZ
Profesor
Departamento Física y Meteorología
Universidad Nacional Agraria La Molina
Av. La Universidad s/n La Molina
Teléfono: 4352035/Anexo 296
E-MAIL: GABP@REDINF.EDU.PE

BERROCAL CABRERA FERNANDO
Departamento de Prevención Oficial Adjunto
Defensa Civil
Calle 1-21 Urb. CORPAC
Teléfonos: 2242358/2243451/Anexo: 117

CARLOS LUGO FREIRE
Jefe Departamento de Estaciones
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Iñaquito 700 y Corea Quito-Ecuador
Teléfono: 593-2-433936/4433935 Fax: 593-2-433934
TELEMAIL: INAMHI1@INAMHI.GOR.EC.

CARLOS A. GARCIA RODRIGUEZ
Jefe de Planta Tostadores de Cobre y As.CENTROMIN-PERU S.A.
Av. La Poesía N° 150 San Borja Lima
(Edificio Torres Hidro N° 671-La Oroya
Teléfono: 064 390210/Anexos: 23559/22529 La Oroya

LUIS ANDRES SOTOMAYOR GOMEZ
Director Oficina General de Operaciones Técnicas
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-SENAMHI
Jr. Cahuide 785 Jesús María-Lima
Teléfono: 4722467
E-MAIL: LUI@SENAMH.GOB.PE

DAVID THOMPSON
Profesor Asociado
Sección Física Pontificia Universidad Católica del Perú
Apdo. 1761 Lima
Teléfono: 4622540/Anexo: 239
E-MAIL: DTHOMPS@PUCP.EDU.PE

AMELIA YSABEL DIAZ PABLO
Especialista en Pronósticos del Tiempo
Dirección de Meteorología Sinóptica-SENAMHI
Jr. Cahuide 785 Jesús María
Teléfono: 4704863
E-MAIL: AMELIA@SENAMH.GOB.PE

JOSE FERNANDO CARLOS CANALES
Analista PAD II SENAMHI
Jr. Cahuide 785 Jesús María
Teléfonos: 4704863/4704085

ROBERTO ISMAEL FLORES CUTULO
Jefe de Dpto. Meteorología
Southern Peru Copper Corporation S.A.
Punta Tablón s/n Ilo-Moquegua
Teléfono: 054/783000 Anexo 4267 Fax: 054-783045

JOSE RAMIRO CHUJUTALLI REATEGUI
Inspector de Contaminación Ambiental
Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud
Jr. Las Amapolas 350 San Eugenio Lince
Teléfono: 4428353

HERNAN MONTES CORAZAO
Profesor
Pontificia Universidad Católica del Perú-Sección Física
Av. Universitaria s/n San Miguel-Lima
Teléfono: 4622540/Anexo: 239

JERONIMO VICTOR MANRIQUE
Docente
Facultad de Ciencias del Ambiente
Universidad Nacional de Ancash "Santiago Antunez de Mayolo"
Av. Centenario N° 200 Huaraz-Ancash
Telefax: 044/721431

JORGE DANTE CHIRA LA ROSA
Jefe de la Oficina de Cómputo
Oficina General de Estadística e Informática del SENAMHI
Jr. Cahuide 805 Jesús María
Teléfono: 4702867
E-MAIL: JCHIRA@SENAMH.GOB.PE

WILDER CHICANA NUNCEBAY
Jefe de Prácticas
Pontificia Universidad Católica del Perú
Av. Universitaria s/n San Miguel
Teléfono: 4622540/Anexo: 239

FELIX A. BERNABEL BADILLO
Ing. III Dirección General de Asuntos Ambientales
Ministerio de Energía y Minas
Av. Las Artes N° 260, San Borja-Lima
Teléfono: 4757712

FRANKLIN DELIO UNSIHUAY TOVAR
Docente Clase "C"
Universidad Nacional Agraria La Molina
Av. La Universidad s/n La Molina
Teléfono: 4352035/Anexo 295/ 3510292

EUSEBIO CISNEROS TARMEÑO
Profesor Asociado
Universidad Nacional Agraria La Molina
Av. La Universidad s/n La Molina
Teléfono: 4352035/295
E-MAIL: SIPEFI@REDINF.EDU.PE

GUILLERMO GONZALO LAZO ALATRISTA
Oficial Meteorólogo Aeronáutico
Jefe Sección Meteorología del Grupo Aéreo N° 4
Grupo Aéreo N° 4 La Joya
Carretera Panamericana Sur s/n Arequipa
Teléfono: 238434/291

ZOILA MALPARTIDA FARROMEQUE
Met. Especialista en Nieblas
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-SENAMHI
Jr. Cahuide 805 Jesús María
Teléfono: 4714565
E-MAIL: Zoila@senamh.gob.pe

LUIS ELEAZAR ZARATE VILLA
Ing. Asuntos Ambientales
Dirección Asuntos Ambientales-La Oroya
CENTROMIN PERU S.A. - La Oroya
Teléfono 064-390210/Anexo: 22346
Av. De la Poesía N° 150 San Borja Lima
Teléfono: 4761010

ENRIQUE CAMILO ALVAREZ VALENCIA
Ing. de Ventilación de Fundición y Refinerías
CENTROMIN PERU S.A.
Fundición de la Oroya
Teléfono: 064-390210/Anexo: 22333

RICARDO ANTONIO ROSAS LUJAN
Director Regional
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-Ica
Jr. Tacna N° 150 Of. N° 31 Ica
Teléfono: 034-233591

ENRIQUE CONTRERAS CLEMENTE
Jefe de Laboratorio de Control de Calidad
Refinería La Pampilla PETROPERU S.A.
Carretera a Ventanilla Km. 25-Lima
Teléfono: 4516477

NICANOR REMIGIO MEDINA CACERES
Supervisor de Ventilación de División de Plomo
CENTROMIN PERU S.A.
Av. Horacio Zevallos s/n La Oroya
Teléfono: 064-390210/Anexos: 22641/22640

CARLOS ALBERTO BUSTIOS DAVILA
Director General del Centro
de Investigación y Desarrollo del SENAMHI
Jr. Cahuide 805, Jesús María-Lima
Teléfono: 4517513

CONSTANTINO EUSEBIO ALARCON VELAZCO
Director de Agrometeorología Aplicada
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-SENAMHI
Jr. Cahuide N° 805 Oficina 412, Jesús María-Lima.
Teléfono: 4727966

JULIO ERNESTO URBIOLA DEL CARPIO
Director de Meteorología Sinóptica
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-SENAMHI
Jr. Cahuide 785 Jesús María-Lima
Teléfono: 4704863
E-MAIL: JURBIOLA@SENAMH.GOB.PE

TERESA GARCIA VILCA
Centro de Investigación y Desarrollo
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-SENAMHI
Jr. Cahuide 805 Oficina 411
Teléfono: 4714565
E-MAIL: TGARCIA@SENAMH.GOB.PE

MANUEL VALVERDE BOCANEGRA
Director de la Oficina General de Estadística e Informática
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
Jr. Cahuide 805 Oficina 406 Jesús María-Lima
Teléfono 4702867
E-MAIL: VALVERDE@SENAMH.GOB.PE

ANGEL TONGO PIZARRO
Profesor
Departamento de Física y Meteorología
Universidad Nacional Agraria La Molina
Av. La Universidad s/n La Molina
Teléfono: 4352035/Anexo 295

FELIPE HUAMAN SOLIS
Director de Meteorología Aplicada
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología-SENAMHI
Jr. Cahuide 785 Jesús María
Teléfono: 4704863

BRAULIO LA TORRE
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas
Departamento de Suelos y Fertilizantes
Universidad Nacional Agraria La Molina
Av. La Universidad s/n La Molina
Teléfono: 4352035/Anexo: 222

FELIX CARDENAS GUTIERREZ
Consultor Asesor Tecnología XXI S.A.
Castilla la Vieja F-20-La Calesa Surco
Teléfono: 4495204

SEBASTIAN LOAYZA CARDENAS
Inspector
Dirección General de Salud Ambiental
Ministerio de Salud
Jr. Amapolas 350 Lince
Teléfono 4428353

**ANEXO 1: Instancias gráficas del Curso Internacional:
"Aspectos Físicos, Químicos, Meteorológicos y
Modelación de la Contaminación Atmosférica"**



Grafica 1. El Mayor FAP , Hildebrando Castillo Guerrero, presentando su alocución inaugural del Curso Internacional, ante las autoridades de Instituciones dedicadas al Medio Ambiente.



Grafica 2. Dr. francesco Tampieri, Investigador del Instituto para el Estudio de los Fenomenos Fisicos y Quimicos de la Alta y Baja Atmósfera Bologna - Italia; Contralmirante AP Mario Galvez Pinillos en representación del Ministro de Defensa; General de Brigada, Carlos Tafur Ganoza, Jefe del INDECI, Mayor FAP Hildebrando Castillo Guerrero, Director Tecnico del SENAMHI; Mayor General FAP Ricardo Loreiro, Representante del Comandante General FAP; Señor Carlos Carrillo Parodi, Jefe del Instituto Nacional de Salud Y el Ing. Carlos Romero Domenak, Representante del IRENA.



Grafica 3. Participantes del Curso recibiendo clases teóricas.



Grafica 4. Prácticas de Modelos de Dispersión de Contaminantes.



Grafica 5. Profesor Nicéforo Ita Maguiña, coordinador del curso.



Grafica 6. Acto de Ceremonia de Clausura. De derecha a Izquierda, Representantes de: Presidente de CONIDA, Mayor FAP José Poggi Gómez, Representante del Ministro de Defensa, General EP, Dante Rossell Chong; Jefe del SENAMHI Coronel FAP José Ames Ruíz; Jefe de INDECI, General de Brigada EP. Carlos Tafur Ganoza, Director del DIRMA, Coronel FAP Antonio Klatic Campofiloni.



Grafica 7. Entrega de diploma al Sr. Angel Tongo Pizarro, profesor del departamento de Fisica y Meteorología de la Universidad Nacional Agraria - La Molina.



Grafica 8. Entrega del Diploma al Profesor David Thompson, sección Física, Pontifica Universidad Católica del Perú, por el Coronel FAP Met. Jose Ames Ruiz, Jefe del SENAMHI.



Grafica 9. Palabras del profesor Francesco Tampieri, Investigador del Instituto para el Estudio de los Fenomenos Fisicos y Quimicos de la Alta y Baja Atmósfera Bologna-Italia.



Grafica 10 Palabras de Agradecimiento del Ing. Roberto Flores Cútulo, Jefe del Dpto. Meteorologia de la empresa Southern Perú Copper Corporation S.A. Ilo-Moquegua.



Grafica 11. Palabras de Clausura por el Coronel FAP José Ames Ruiz, Jefe del Srvicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI.



Grafica 12. Participantes del curso en Ceremonia de Clausura.

ANEXO 2: Separatas del Curso Internacional: "Aspectos Físicos, Químicos, Meteorológicos y Modelación de la Contaminación Atmosférica"



Instituto para el Estudio de los
Fenómenos Físicos y Químicos
de la Alta y Baja Atmósfera
Bologna - Italia



Servicio Nacional
de Meteorología e
Hidrología



Organización Meteorológica
Mundial - OMM

CURSO INTERNACIONAL
ASPECTOS FISICOS, QUIMICOS,
METEOROLOGICOS Y MODELACION
DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

Del 12 de junio al 07 de julio de 1995 de las 14:00 a 18:00 de lunes viernes.

Dictado por el **Dr. FRANCESCO TAMPIERI**, Investigador del Consejo Nacional de Investigación Italiana y del Instituto para el Estudio de los Fenómenos Físicos y Químicos de la Alta y Baja Atmósfera de Bologna - Italia, miembro de la Royal Meteorological Society, Profesor visitante de Matemáticas Aplicadas y Física Teórica de la Universidad de Cambridge - Reino Unido, experto del Programa Científico de la Comunidad Económica Europea, visitante del Centro Europeo para Pronósticos Meteorológicos a Mediano Plazo, Especialista en: Mecánica de Fluidos, Modelos de la Capa Límite de la Atmosférica y en Modelos Numéricos de Pronósticos a Gran Escala de Contaminantes, editor del boletín científico ERCOFTAC, etc.

Dirigido a:

Ingenieros meteorólogos, agrícolas, ambientalistas, oceanógrafos, civiles, mineros, industriales, petroleros, pesqueros, etc. y profesionales directamente involucrados en el campo de la contaminación atmosférica y la preservación del medio ambiente..

Organiza

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI
Centro de Capacitación.

Auspicia

La Organización Meteorológica Mundial - OMM..

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - SENAMHI
CENTRO DE CAPACITACION



CURSO INTERNACIONAL
ASPECTOS FISICOS, QUIMICOS, METEOROLOGICOS Y
MODELACION DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

12 de Junio - 7 de Julio de 1995
Lima - Perú

PROGRAMA

1. OBJETIVOS GENERALES

Conocer los aspectos meteorológicos de la contaminación del aire, los procesos de transporte, difusión, física, química de la atmósfera, en las zonas urbanas y rurales; orientados al desarrollo de tecnologías apropiadas para el manejo y conservación del medio ambiente y los recursos clima y agua.

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

2.1 Revisión de los conceptos básicos de meteorología dinámica en la mesoescala y física de nubes.

2.2 Conocer la teoría de la capa límite atmosférica las circulaciones locales, ondas de superficie, el efecto de montaña sobre las nubes y una introducción a los modelos para la evaluación de diferentes fenómenos relevantes.

2.3 Evaluar la turbulencia atmosférica con especial referencia en la capa límite sobre barreras orográficas. Observaciones recientes y modelos.

2.4 Conocer la dispersión de los contaminantes en la capa límite atmosférica. Las dos aproximaciones fundamentales: la ecuación de advección y difusión (Euleriana) versus la descripción Estocástica (Lagrangiana). Observaciones de la dispersión en diferentes zonas y experimentos de laboratorio. Una revisión de las principales aproximaciones para el modelamiento de la dispersión. Modelos climatológicos de la dispersión.

3. DIRIGIDO A:

Ingenieros meteorólogos y profesionales afines, directamente relacionados con la contaminación y preservación del medio ambiente, que realizan las instituciones públicas y privadas. Los participantes deberán tener una sólida formación en matemáticas y estadística avanzada, meteorología y programas computacionales, con una experiencia mínima de un año y con posibilidades de realizar programas de monitoreo e investigación en el campo de las ciencias de la atmósfera y de la contaminación del medio ambiente.

4. TEMARIO

CAPITULO 1 LOS CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

- 1.1 El sistema de la contaminación de la atmósfera
- 1.2 Contaminantes atmosféricos gaseosos: Clasificación de los contaminantes. La composición de la atmósfera limpia
Compuestos de azufre (S). Compuestos con el nitrógeno (N)
Compuestos con el carbono (C). compuestos con los halógenos (Flúor y Cloro).
- 1.3 Partículas atmosféricos aerosoles: La distribución de partículas contaminantes. Niveles de concentración de contaminantes.
- 1.5 Química de la contaminación del aire : Química de la atmósfera. Reacciones fotoquímicos. El rol del nitrógeno. El rol de los compuestos del carbono. El smog fotoquímico
Reacciones de los compuestos de azufre. Química de la fase de agua. Agua en la atmósfera. Reacciones con el azufre
Reacciones con el nitrógeno.
- 1.6 Meteorología física y dinámica (revisión): irradiación y temperatura . Escalas de fenómenos meteorológicos . El balance de la irradiación de la atmósfera. Radiación solar y el balance de la radiación en la atmósfera. El balance de energía del planeta. Clasificación de la capas de la atmósfera. El perfil de temperatura, relación entre presión y temperatura en la baja atmósfera. Efecto de la humedad y la temperatura virtual. Estabilidad de la atmósfera.

CAPITULO 2 DESCRIPCION DE LA CAPA LIMITE PLANETARIA

- 2.1 Definición de la capa límite planetaria.
- 2.2 Viento y turbulencia.
- 2.3 capa límite sobre el continente y el mar.
- 2.4 La evolución del viento y la temperatura durante el día, en la capa límite.

CAPITULO 3 TEORIA ESTADISTICA DE LA TURBULENCIA Y CAPA LIMITE CUASI-NEUTRAL

- 3.1 La turbulencia
- 3.2 Teoría de la casualidad
- 3.3 Difusión y turbulencia (viscosidad de Eddy)

- 3.4 Cascada de energía
- 3.5 Invarianza de escala
- 3.6 Descomposición de REYNOLDS. Variables estocásticas.
- 3.7 Las ecuaciones para medias y varianzas.
- 3.8 Los términos de transporte turbulento.
- 3.9 El problema de los momentos de grado más elevado.
- 3.10 Teoría de la semejanza (similitud).
- 3.11 Teoría de la longitud de mezcla.
- 3.12 Estrato de flujo constante.
- 3.13 Perfil logarítmico del viento.
- 3.14 Modificaciones del perfil, siguiendo la estratificación de la temperatura.
- 3.15 Efectos de la rugosidad de la superficie.
- 3.16 El viento dentro de la vegetación.

CAPITULO 4 LA CAPA LIMITE CONVECTIVA

- 4.1 Descripción de los remolinos convectivos.
- 4.2 Función de densidad para la velocidad vertical.
- 4.3 Convergencia en el suelo.
- 4.4 Perfiles verticales: viento, temperatura media. Turbulencia (segundos y terceros momentos de la velocidad).
- 4.5 Evaluación del tope de la capa límite convectiva.
- 4.6 Modelos de la capa límite convectiva: tamaños de los modelos de simulación, modelos de grandes remolinos (L.E.Stull, Moeng Sullivan - 1994).

CAPITULO 5 LA CAPA LIMITE ESTABLE

- 5.1 La formación de la capa límite estable y el estrato residual
- 5.2 Ondas de gravedad.
- 5.3 Perfiles verticales: viento y temperatura, turbulencia (segundo momento de la velocidad vertical). Turbulencia intermitentes.
- 5.4 Representación espectral de velocidades.
- 5.5 Subsidiencias y advecciones.
- 5.6 Evaluación del tope de la capa límite estable.
- 5.7 El modelo NIEUSWSTADT para la capa límite utilizable.
- 5.8 Modelos de corrientes a bajos niveles.
- 5.9 Viento a barlovento.

CAPITULO 6 NUBES DE LA CAPA LIMITE Y NIEBLA

- 6.1 Termodinámica de la atmósfera: Punto de saturación y nivel de condensación. Efectos de la radiación de las nubes.
- 6.2 tipos de nubes.
- 6.3 Niebla de advección y de radiación
- 6.4 Microfísica de la gotita de agua en las nubes y nieblas: tamaño y distribución.

CAPITULO 7 EFECTOS GEOGRAFICOS

- 7.1 Circulaciones en regiones de montaña: con modelo simple de Ryan (1992).
- 7.2 Brisa de tierra y mar; El modelo analítico de Ratanno 1983
- 7.3 La capa límite termal interna; el modelo de cambio de rugosidad (Walmsley 1986)
- 7.4 Flujo sobre colinas: Ondas de montaña y separación de la capa límite. Efectos sobre flujos neutrales. Efectos de gravedad. Movimientos hidrostáticos y no hidrostáticos onda de gravedad. Obstáculos en altura.
- 7.5 Flujo sobre colinas y reparación de la capa límite y ondas de montaña.
- 7.6 Modelos de flujo medio: Modelos de consistencia de masa, modelos dinámicos, modelos de turbulencia.
- 7.7 Islas de calor.

CAPITULO 8 DISPERSION DE CONTAMINANTES EN LA ATMOSFERA

- 8.1 La aproximación Euleriana: Ecuaciones para la concentración de contaminantes en flujos turbulentos.
- 8.2 La aproximación Lagrangiana: Movimientos de partículas en fluidos. Descripciones probabilísticas.
- 8.3 Ecuación de la difusión atmosférica: la difusión turbulenta, condiciones para la difusión una aproximación Lagrangiana y la descripción probabilística de la concentración. Comparación de las dos aproximaciones.
- 8.4 La teoría estadística de la dispersión turbulenta; período de correlación Lagrangiana.

CAPITULO 9 SOLUCIONES ANALITICAS DE LA ECUACION DE DISPERSION EN LA ATMOSFERA MODELOS SENCILLOS

- 9.1 Soluciones para la turbulencia homogénea y estacionaria. El modelo de Gauss. Condiciones de reflexión y absorción. Aplicaciones a la atmósfera. Incremento de los contaminantes cálidos. Determinación de la difusibilidad turbulenta en función de la estratificación atmosférica.
- 9.2 Modelos de calidad del aire. Resolución en el espacio y tiempo. Evaluación de resultados.
- 9.3 Modelos climatológicos.
- 9.4 Casos especiales: Geometría de los residuos. Fumigación. Concentraciones cerca a edificios. Dispersión en valles. Dispersión en zonas costeras. Efecto de topografía.

CAPITULO 10. MODELOS ESTOCASTICOS DE LA DISPERSION

- 10.1 La ecuación de Langevin, como modelo de trayectorias de partículas de aire. Determinación de los coeficientes de la ecuación de Langevin. Modelo de Box.

CAPITULO 11. REMOCION DE LOS CONTAMINANTES DE LA ATMOSFERA

- 11.1 Deposición seca. Transporte directa de contaminantes hacia el suelo y la plantas (transporte turbulento, sedimentación gravitacional).
- 11.2 Deposición húmeda. Transporte de contaminantes a través de las gotas de agua, cristales de hielo (nubes y niebla). Deposición de gotas y cristales de hielo por sedimentación.
- 11.3 El proceso de deposición oculta. Deposición de gotas en plantas por turbulencia. Representación general de los procesos de deposición. Velocidad de deposición.
- 11.4 Deposición seca. Transporte de contaminantes gaseosos hacia el suelo. El modelo de transporte de momento. Velocidad de deposición y resistencia. Resistencia aerodinámica. Resistencia en la capa superficial. Resistencia por transferencia.
- 11.5 Parametrizaciones de la deposición de partículas sobre los suelos. Observaciones experimentales de deposiciones secas.
- 11.6 Deposición húmeda. Mecanismos de captura de partículas. Movimiento Browniano. Captura inercial. Captura por efectos de la variaciones de la temperatura, la evaporación y la condensación. Eficiencia de la captura de partículas.
- 11.7 Mecanismos de deposición de partículas gaseosas en la gota de agua. Gases completamente solubles. Deposición oculta, deposición de gotas por efecto de turbulencia, por impacto, etc.
- 11.8 Lluvia ácida. Observaciones experimentales. Efectos de lluvia ácida. Procesos físicos y químicos. Efectos de la lluvia ácida relacionados con la dinámica de las nubes. Niebla ácida.

CAPITULO 12. TIEMPO DE PERMANENCIA DE CONTAMINANTES EN LA ATMOSFERA.

- 12.1 Manantiales y sumideros; caso del SO_2 .
- 12.2 Prácticas sobre modelos: Modelo de la capa límite sobre colinas BLMLT3D. Modelo Euleriano de dispersión de contaminantes KAPPA6. y KAPPA6-LT.
- 12.3 Modelo Langrangiano de dispersión de contaminantes. L1D y L2D.
- 12.4 Otros modelos sencillos que desarrollarán los participantes.

5. EXPOSITOR.

Dr. Francesco Tampieri. Investigador del Instituto para el Estudio de los Fenómenos Físicos y Químicos de la Alta y Baja Atmósfera de Bologna - Italia, coordinador del Proyecto de Cooperación Alfa entre la Comunidad Económica Europea y la Red de Universidades de la Unión Europea y Latinoamérica.

6. METODOLOGIA.

Las clases se realizarán mediante exposiciones del conferencista y diálogos entre los participantes. El enfoque metodológico del curso está estructurado en un 85 % con clases teóricas y un 15 % de prácticas demostrativas de modelos de la contaminación del aire; . Los resúmenes están en inglés y se distribuirá por capítulos de acuerdo al programa. Para un efectivo aprendizaje de los temas a tratarse, es recomendable que los participantes refresquen las materias de química, meteorología dinámica, termodinámica de la atmósfera, mecánica de fluidos, matemáticas avanzadas y estadística (métodos estocásticos) y programación Fortran IV.

7. EVALUACION.

La evaluación de los participantes tendrá los siguientes criterios:

- a) Asistencia y permanencia a todas las clases.
- b) Participación activa y trabajos prácticos.

Los participantes que cumplan con los requisitos anteriores serán acreedores del diploma (de asistencia y aprobación del curso).

8. BIBLIOGRAFIA.

U Frisch S.A. Orszag. Turbulence: Challenges for Theory and Experiments. Physics Today, 24-32. 1990.

B.R. Hanna. Uncertainties in Air Quality Model Predictions Boundary Layer Meteorology. 62, 2-20, 1993.

J.L. Lamley Modelling Turbulent Flux of Passive Saclar Quantities in Inhomogeneous Flows. Phys. Fluids. 18, 619-621, 19975.

A. Maurizi, M. Tagliazucca, F. Tampieri, F. Trombetti. Linearized Win Modelling Over Complex Terrain and Turbulence Perturbation Estimates. Thematic Report N° 2 Contract EV5V - CT91-0015, 1994.

C.H. Noeng, P.P. Sullivan. A Comparison of Shear and Buoyancy - Driven Planetary Boundary Layer Flows. J. Atmos. Sci. 51 99-1022, 1994.

I. Orlanski. A Rational Subdivision of Scales for Atmospheric Processes. Bull. Amer. Meteorology. Soc. 56, 525-530, 1975.

R. Rotunno. On the Linear Theory of Land and Sea Breezes. J. Atmos. Sci, 40, 1999-2009, 1983.

B.C. Ryan. A Mathematical Model for Diagnosis and Prediction of Surface Winds in Mountainous Terrain. J. Appl. Meteorology. 16, 571-583, 1977.

J.S. Seinfeld. Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution. John Wiley and Sons. New York, 1986, 733 pp.

R.B. Stull. An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Kluwer, Dordrecht, 1989, 666 pp.

F. Trombetti, M. Tagliarozza. Characteristic Scales of Atmospheric Surface Layer. FISBAT-TP-94/1, 149 pp.

J.L. Walmsley, P.A. Taylor, T. Keith. A Simple Model of Neutrally Stratified Boundary Layer Flow Over Complex Terrain With Surface Roughness Modulations (MSSDJH/3R). Boundary Layer Meteorology. 36 157-186, 1986.

P. Zannetti. Air Pollution Modelling. Van Nostrand, New York, 1990, 439 pp.