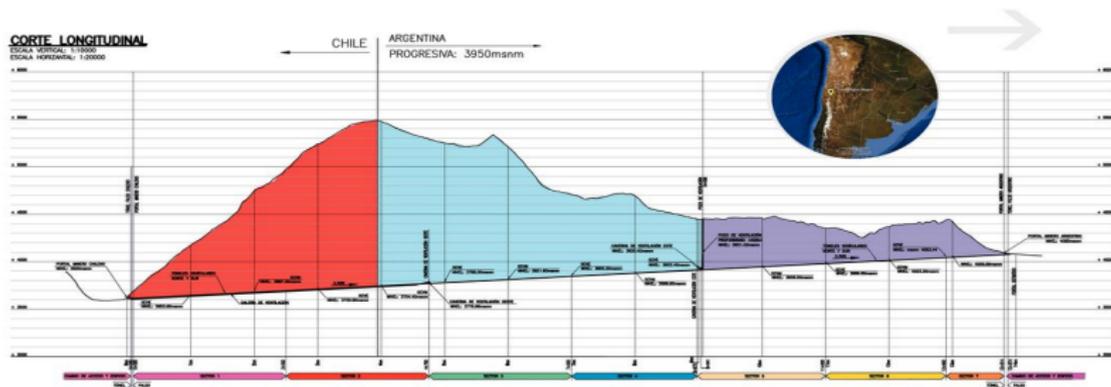


ANDES

El primer laboratorio subterráneo
del hemisferio Sur.

Un proyecto latinoamericano en el túnel Agua Negra



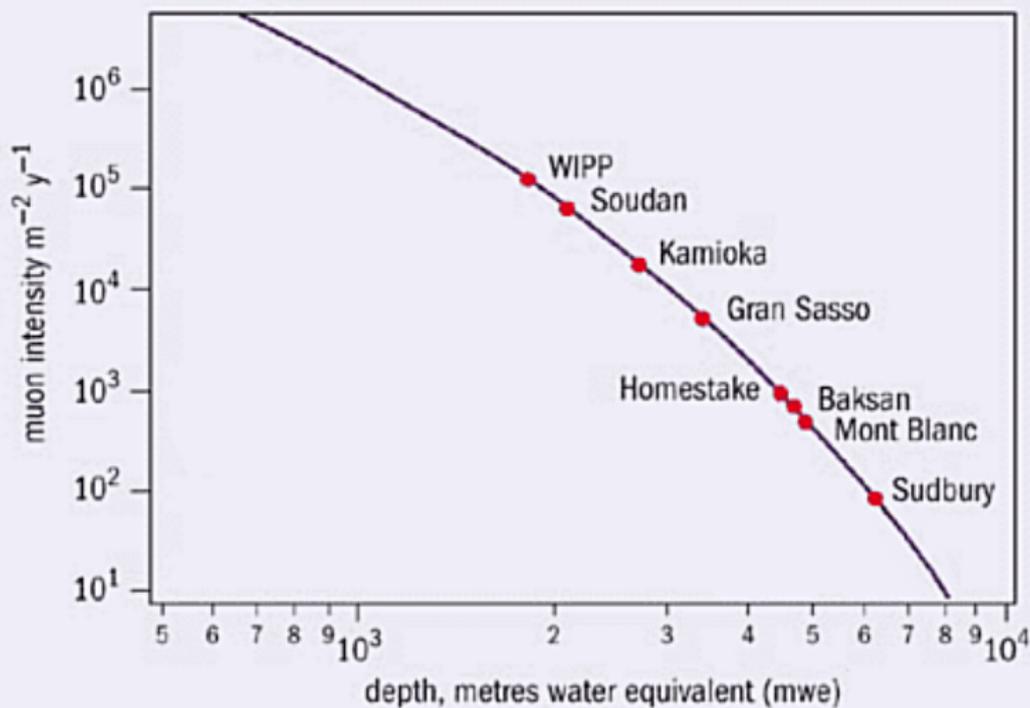
X. Bertou (Centro Atómico Bariloche), Coordinador ANDES

Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, 11 Enero 2012

Laboratorios Subterráneos

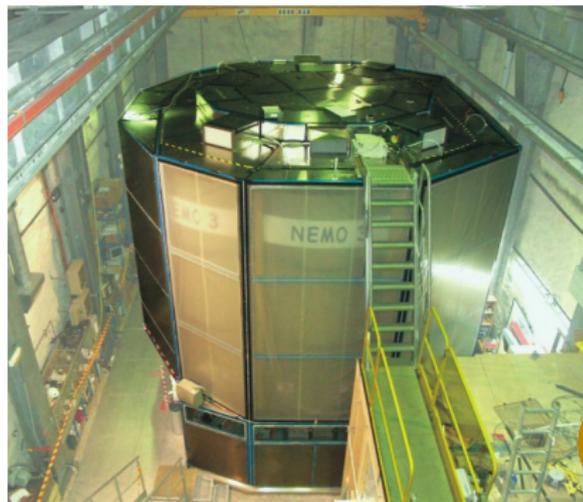
Flujo de Muon y blindaje

Flujo de muon a nivel del mar: algunos $100 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$



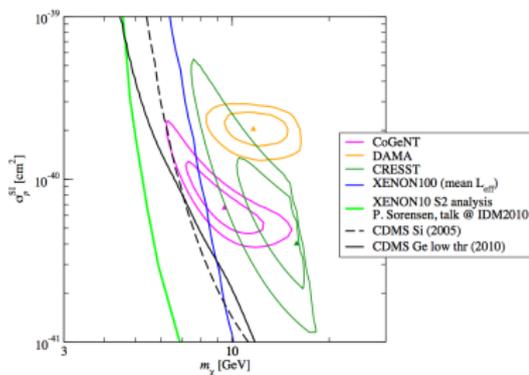
Neutrinos

- ▶ Son partículas subatómicas que pueden atravesar millones de km de roca a la velocidad de la luz sin interactuar
 - ▶ Nos atraviesan decenas de miles de millones de neutrino solares por cm^2 por segundo (día y noche)
-
- ▶ neutrinos de reactores nucleares
 - ▶ neutrinos de aceleradores de partículas
 - ▶ neutrinos atmosféricos
 - ▶ neutrinos solares
 - ▶ neutrinos astrofísicos
 - ▶ oscilaciones de neutrinos
 - ▶ masa de los neutrinos
 - ▶ naturaleza del neutrino
 - ▶ velocidad del neutrino
 - ▶ geoneutrinos



Búsqueda de la materia oscura

- ▶ La materia visible (estrellas, galaxias) representa el 0.4% de la energía del Universo.
- ▶ Agregando el gas intergaláctico, se llega al 4%
- ▶ Un 24% de la energía del Universo es de un tipo desconocido, la materia oscura
 - ▶ El 85% de la materia del Universo es materia oscura
- ▶ El 72% de la energía del Universo es desconocida



Experimentos en laboratorios subterráneos - Más

- ▶ Geociencia
 - ▶ sismógrafos (baja frecuencia)
 - ▶ geoneutrinos
- ▶ Biología
- ▶ mediciones baja radiación...
 - ▶ selección de materiales
 - ▶ climatología, medio ambiente
 - ▶ microelectrónica



Algunos laboratorios subterráneos

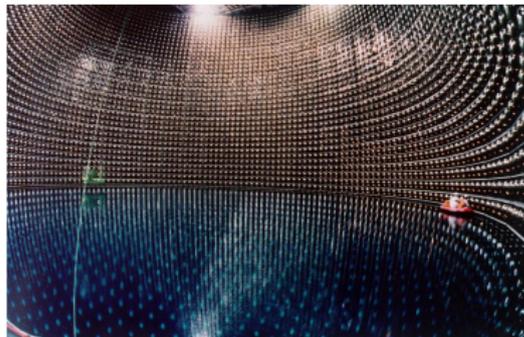
Laboratorios en minas

- ▶ SNOLab, Kamiokande
- ▶ Homestake (DUSEL)

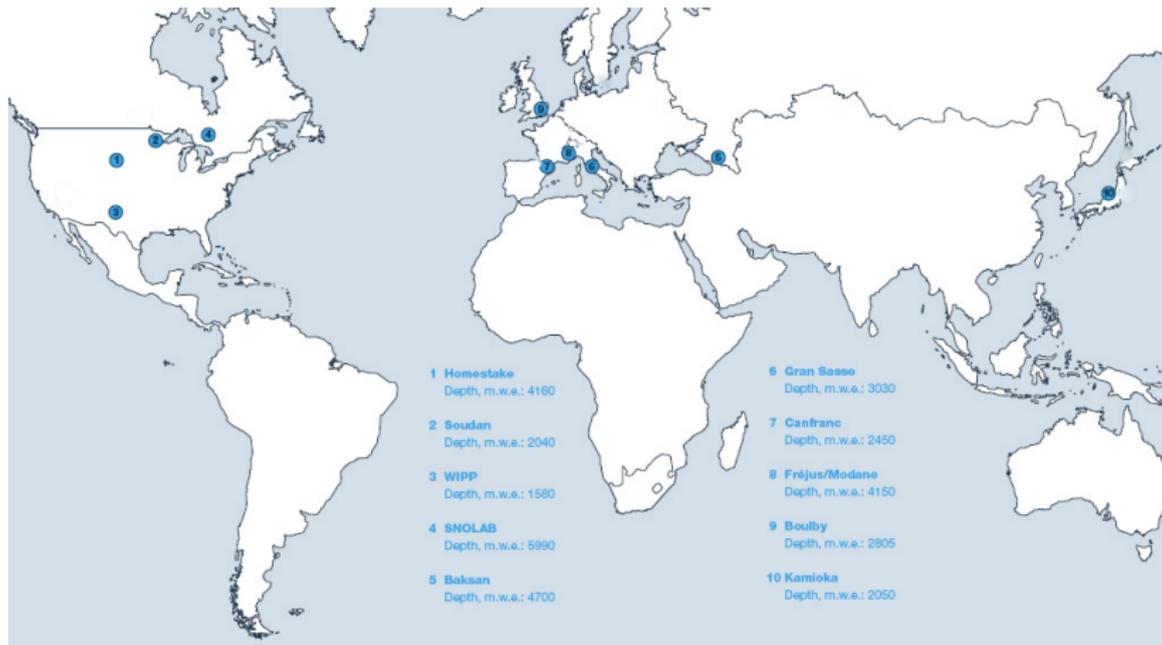
Laboratorios en túneles

- ▶ Gran Sasso: 3 cavernas de $(100 \times 20 \times 20) \text{ m}^3$
Volumen total: $180\,000 \text{ m}^3$
- ▶ Modane: caverna principal de $(30 \times 10 \times 11) \text{ m}^3$
3 secundarias de $(70 + 18 + 21) \text{ m}^2 \times 4.5 \text{ m}$

- ▶ Minas más fáciles de construir/agrandar
- ▶ Túneles más fáciles de acceso, para trabajar



Laboratorios Subterráneos



► Ninguno en el hemisferio Sur

Hemisferio Sur y America Latina?

Sudáfrica

- ▶ Primer neutrino natural en 1965

Sudamérica

- ▶ Argentina: experimento en la mina Sierra Grande
 - ▶ Search for an annual modulation of dark-matter signals with a germanium spectrometer at the Sierra Grande laboratory
Astropart.Phys. 10 (1999) 133-139
- ▶ Brasil: búsqueda de una mina por C. Lattes
- ▶ Chile: estudio de la mina El Teniente
 - ▶ Posible sitio para probar detectores a futuro

América latina

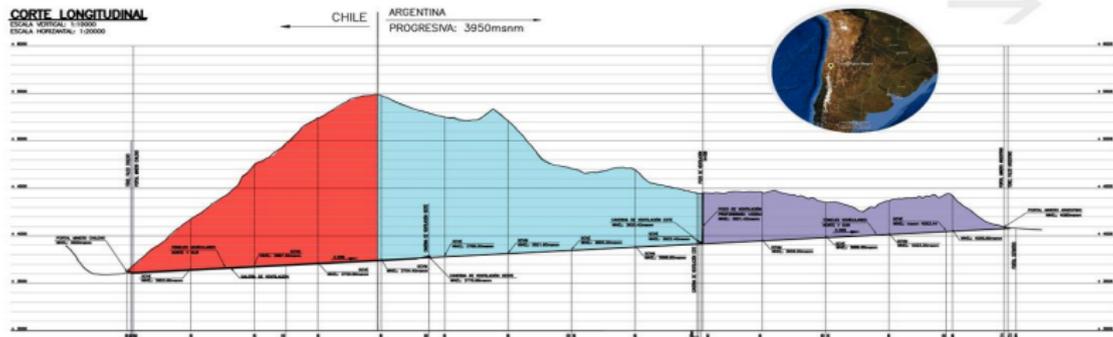
- ▶ México: propuesta del LSSM a Mega Proyectos 2006

El laboratorio ANDES en el túnel Agua Negra

El túnel Agua Negra

- ▶ Es de importancia estratégica para la región aumentar los intercambios económicos con el continente asiático
- ▶ Argentina, Brasil y Chile buscan desde hace años una alternativa al actual túnel Cristo Redentor
- ▶ El túnel Agua Negra (San Juan - Coquimbo) es la opción más avanzada (estudios empezados en 2005)
- ▶ El costo total esta estimado en 850 MU\$D
- ▶ En Argentina, una reserva de 800 MU\$D fue aprobada para el presupuesto 2012
- ▶ Licitación esperada a corto plazo, construcción en el 2013

CORTE LONGITUDINAL
ESCALA VERTICAL: 1:1000
ESCALA HORIZONTAL: 1:20000



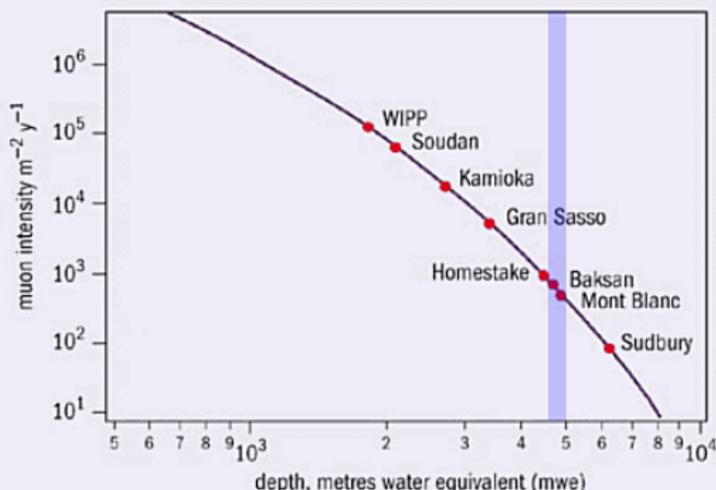
Estudios geológicos para el laboratorio

▶ Rocas analizadas de 8 perforaciones de hasta 600 m

- ▶ Andesita
- ▶ Basalto
- ▶ Dacita
- ▶ Ríolita
- ▶ Traquita

Radiactividad natural (Bq/kg)

	Basalt	Andesite	Rhyolite 1	Rhyolite 2
^{238}U	2.6 ± 0.5	9.2 ± 0.9	14.7 ± 2.0	11.5 ± 1.3
^{232}Th	0.94 ± 0.09	5.2 ± 0.5	4.5 ± 0.4	4.8 ± 0.5
^{40}K	50 ± 3	47 ± 3	57 ± 3	52 ± 3



Laboratorio a 1750 m
de profundidad

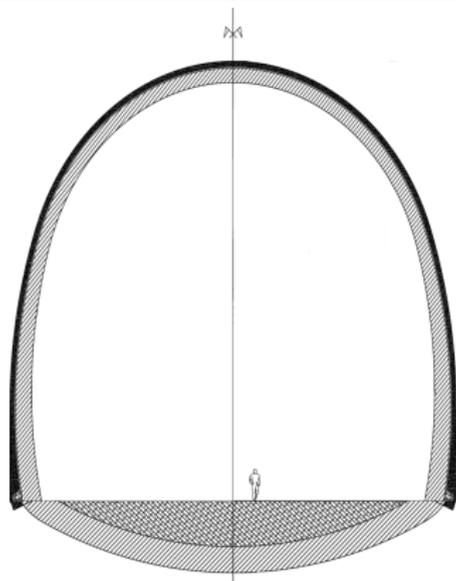
4600-5000 mwe

- ▶ Laboratorio competitivo de primer nivel mundial

Propuesta para el laboratorio ANDES

Ubicado en los km 3.5-5

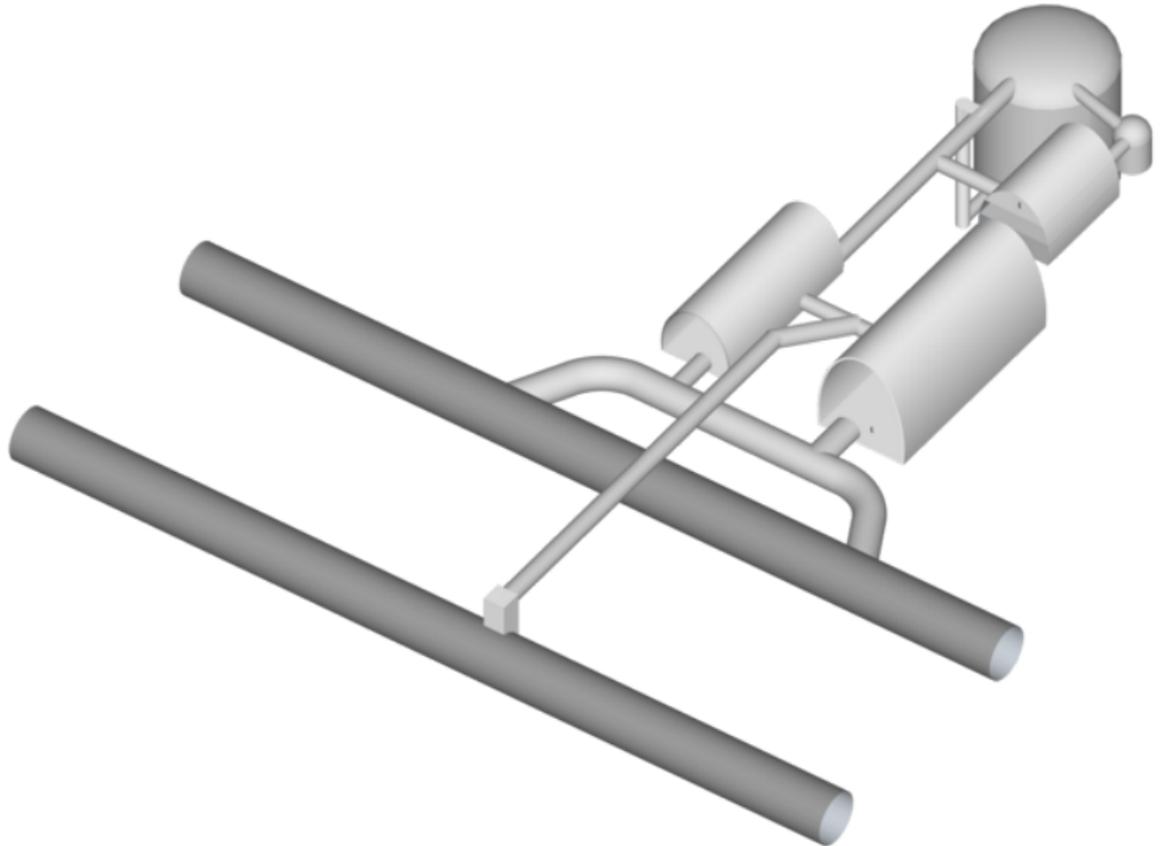
- ▶ caverna principal
 - ▶ $(21 \times 23 \times 50) \text{ m}^3$
- ▶ caverna secundaria
 - ▶ $(16 \times 14 \times 40) \text{ m}^3$
- ▶ oficinas y laboratorios múltiples
 - ▶ $(17 \times 15 \times 25) \text{ m}^3$, hasta 3 pisos (hasta 1200 m^2)
- ▶ pozo de muy baja radiación ("submarino")
 - ▶ $\varnothing 8 \text{ m}$, 9 m altura
- ▶ pozo para un gran experimento
 - ▶ $\varnothing 30 \text{ m}$, 30 m altura



**Costo estimado de obra civil
 $\approx 15 \text{ MU}\$D$ ($< 2\%$ del túnel)**

- ▶ + equipamiento del laboratorio
- ▶ + 2 laboratorios de apoyo
- ▶ + experimentos

Dibujo conceptual del laboratorio ANDES

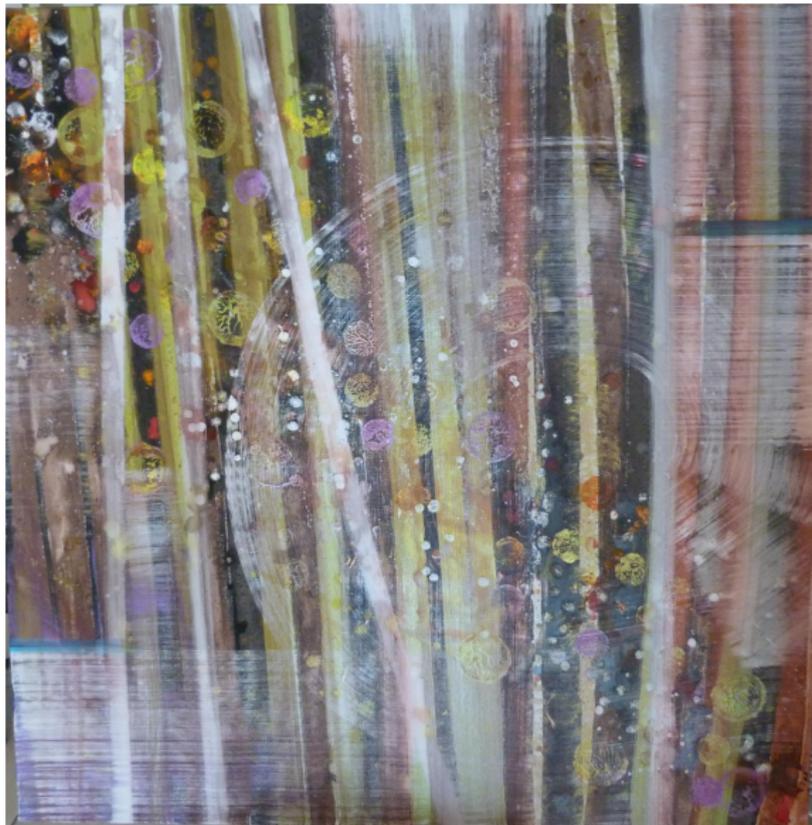


Dos laboratorios de apoyo



- ▶ En Vicuña (Chile) y Rodeo (Argentina)
- ▶ Talleres para las actividades subterráneas
 - ▶ Desarrollos tecnológicos
- ▶ Integración con las universidades locales
 - ▶ Actividad académica
- ▶ Centro de visitantes

Visión de un artista
(Kay Quattrocchi)
sobre la búsqueda
de neutrinos



El Consorcio Latinoamericano de Experimentos Subterráneos (CLES)

- ▶ El aspecto MERCOSUR (UNASUR) del túnel Agua Negra se puede extender naturalmente al laboratorio ANDES
- ▶ Excelente oportunidad para tener un laboratorio internacional, y no solo experimentos internacionales
- ▶ El CLES podría ser la semilla de un pequeño CERN centrado en experimentos subterráneos (no solo altas energías: geología, biología, tecnología...)

- ▶ Participación de la operación del laboratorio ANDES y de los costos de operación
- ▶ El CLES formaría el comité científico que manejaría el laboratorio ANDES
- ▶ Participantes iniciales: Argentina, Brasil, Chile y México

San Carlos de Bariloche



Próximos pasos

- ▶ Empezar el estudio de ingeniería y factibilidad de ANDES
 - ▶ \approx 150 000 U\$D
 - ▶ financiación parcial de Argentina y Brasil en febrero
 - ▶ tenerlo avanzado antes de la licitación final del túnel
- ▶ Elaborar un convenio marco de manifestación de interés entre las máximas instituciones científicas de los 4 países
 - ▶ avanzar en la estructura del CLES
- ▶ Incluir el laboratorio en la obra civil del túnel
 - ▶ integración al túnel a nivel seguridad, ventilación, energía...
- ▶ Avanzar en la parte científica y académica
 - ▶ armado de colaboración internacional en un experimento de bandera en física del neutrino
 - ▶ ampliar contactos con geólogos y biólogos
 - ▶ definir el equipamiento del laboratorio subterráneo
 - ▶ empezar a diseñar los laboratorios de apoyo
- ▶ Preparar la próxima reunión en México en mayo - junio

Una oportunidad única para la construcción
de un laboratorio de primer nivel mundial
con fuerte carácter integrador en la región

Hacia el único laboratorio subterráneo del hemisferio

