

Facultad de **Ingeniería**



**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**



# Tecnologías de la información y comunicaciones



GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO

**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN, CIENCIA,  
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN**



# Proyecto de desarrollo e innovación tecnológica



GOBIERNO DE LA  
CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN, CIENCIA,  
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

**Desarrollo de infraestructura para la implementación de una red celular 5G utilizando un *fronthaul* basado en multiplexación por división de longitud de onda en fibra óptica.**





# Antecedentes

- En 2022 los dispositivos conectados a la red triplicarán la población mundial. 50% serán teléfonos inteligentes.
- Esto impulsado por servicios para consolidar *Smart Cities*:
  - Vehículos y transporte público autónomos
  - Realidad virtual y aumentada para la educación
  - Servicios de salud digitales y a distancia
  - Sistemas de seguridad y protección civil digitales
  - Censado distribuido (sismos, inundaciones, tráfico, cámaras, luminarias, ubicación de metrobús, etc. )
- La solución es la Red 5G → mayor ancho de banda, más usuarios, C-RAN y *Fronthaul* usando WDM óptico.

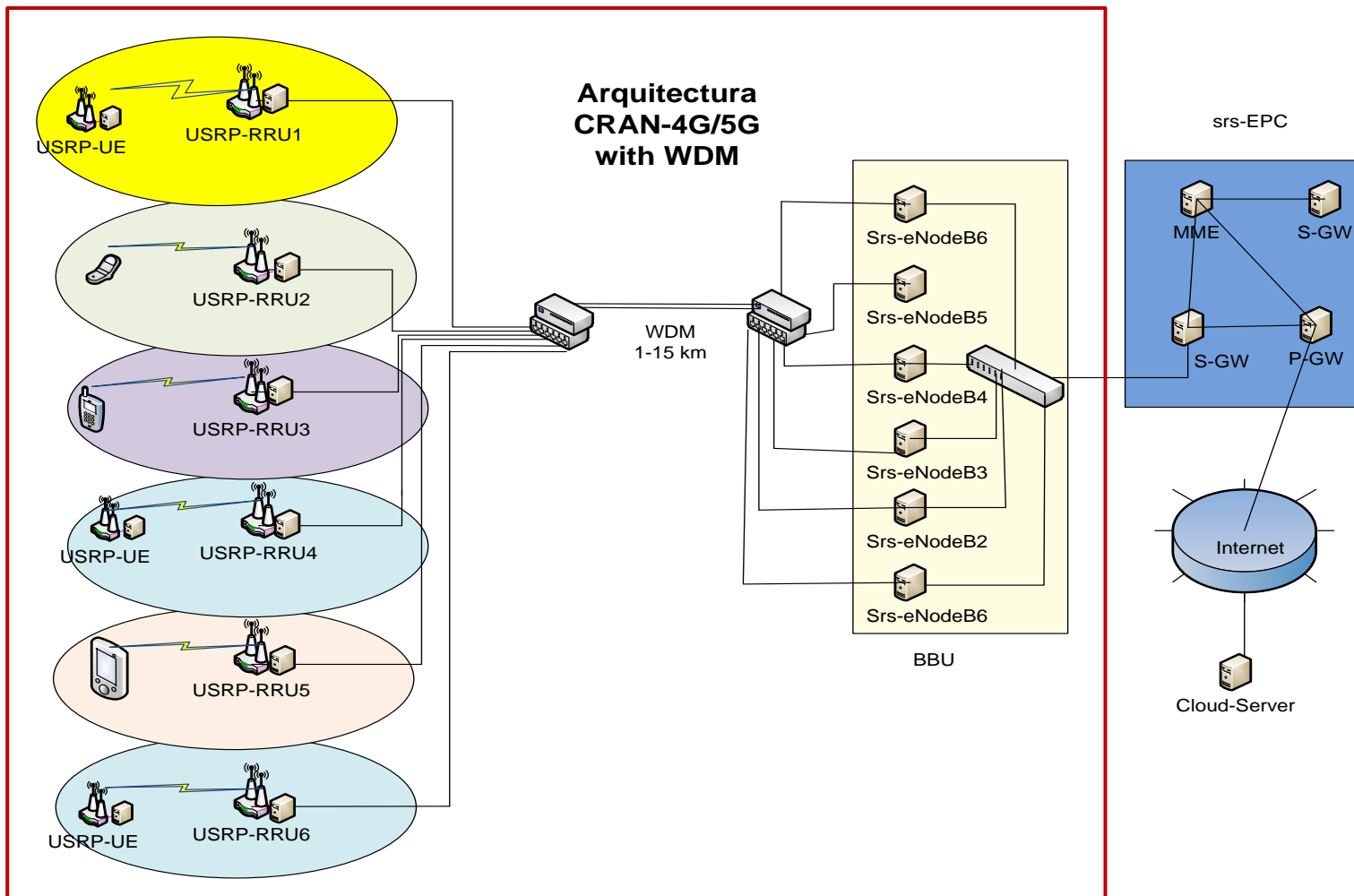


# Objetivos del proyecto

- Desarrollar e implementar la maqueta de una red celular 4G/5G basada en SDN y SDR con base en una arquitectura C-RAN de próxima generación y un enlace WDM (*fronthaul*) que permita interconectar de manera escalable un conjunto de radio-bases con la unidad centralizada de banda base.
- Para garantizar la factibilidad técnica del enlace, se analizarán diversos parámetros de desempeño, con lo cual se verificará el correcto funcionamiento de este tipo de tecnología avanzada.
- Se demostrará alguna aplicación de interés para la Ciudad de México que exija un gran ancho de banda con el fin de iniciar su transformación hacia una *Smart City*.



# Arquitectura contemplada





# Adecuación de fechas por pandemia

- El primer informe técnico y financiero trimestral se entregó 31/Ene/20
- Se dispuso de los recursos financieros a finales de marzo de 2020, fecha en la que inició el confinamiento debido a la pandemia (cuatro meses de retraso).
- El segundo informe técnico y financiero trimestral se esperaba para el 30/abril/2020. Está elaborado, pero no se entregó por la contingencia. La versión actualizada se presentará entre el 7 y el 21 de septiembre de 2020, de acuerdo a lo solicitado.
- El tercer informe técnico y financiero trimestral se deberá presentar, por tanto, a mediados de diciembre de 2020, pero la vigencia del proyecto es hasta el 13 de noviembre de 2020. → Oficialmente, 4.5 meses de retraso adicionales.
- Retraso total: 8. meses. Inicio efectivo del proyecto: agosto de 2020. Estrictamente, disponemos de tres meses para realizar el proyecto! No es suficiente y considerando que llevamos un avance del 25%, requeriríamos una extensión de 6 a 8 meses.



# Cumplimiento en alcance de metas. Etapa 1 / 2

Etapa 1						
Meta\Mes	1 Nov/2019	2 Dic/2019	3 Ene/2020	4 Feb/2020	5 Mar/2020	6 Abr/2020
Meta 1.1	Tarea 1.1.1	Tarea 1.1.2	Tarea 1.1.3			
Meta 1.2	Tarea 1.2.1	Tarea 1.2.2	Tarea 1.2.3	Tarea 1.2.4	Tarea 1.2.5	Tarea 1.2.6 Tarea 1.2.7
Meta 1.3			Tarea 1.3.1			
Meta 1.4	Tarea 1.4.1 Tarea 1.4.2					
Meta 1.5			Tarea 1.5.1 Tarea 1.5.2			
Meta 1.6					Tarea 1.6.1 Tarea 1.6.2	

- Completada
- Completada parcialmente
- No completada



## Detalle de metas

- 1.1.1) Nos prestaron programa Riverbed Modeler (todavía se debe)
- 1.1.2) Se realizó simulación correspondiente: red 4G
- 1.1.3) Análisis del comportamiento dinámico de la red vía simulación, pero no se utilizaron parámetros fidedignos porque no se hizo la extracción de los mismos por falta de equipo caracterizado
- 1.2.1) Se están adquiriendo los radios y servidores, se ha trabajado mediante préstamos. Estamos limitados
- 1.2.2) y 1.2.3) Se está configurando un solo elemento que logramos conseguir. Se requieren los radios y servidores que se están adquiriendo
- 1.2.4) Se requieren los radios y servidores que se están comprando
- 1.2.5) Se han realizado pruebas de interconexión con ENodeBs
- 1.2.6) No se ha comprado el equipo para probar aplicación (video vigilancia)
- 1.2.7) Se ha caracterizado parcialmente el radio USRP X310





## Detalle de metas

- 1.3.1) No hemos escrito el reporte del primer semestre porque no se tienen cumplidas todas las metas
- 1.4.1) y 1.4.2) Se instaló la fibra que une FI - II y se caracterizó enlace
- 1.5.1) y 1.5.2) No se ha comprado equipo WDM, no hemos caracterizado transceivers, ni equipo óptico
- 1.6.1) No se analizó la transmisión de lambdas sobre equipo WDM porque no tenemos el equipo.
- 1.6.2) No se ha escrito el reporte porque no se han alcanzado todas las metas



# Cumplimiento en alcance de metas. Etapa 2

Etapa 2						
Meta\Mes	1	2	3	4	5	6
Meta 2.1	Tarea 2.1.1			Tarea 2.1.2		
Meta 2.2	Tarea 2.2.1		Tarea 2.2.2	Tarea 2.2.3		
Meta 2.3					Tarea 2.3.1	
					Tarea 2.3.2	
Meta 2.4					Tarea 2.4.1	

Las actividades correspondientes al segundo semestre no se han iniciado.



## En resumen

- Las principales limitantes para realizar el proyecto han sido:
  - Retraso de 4 meses en la disponibilidad de recursos financieros
  - Confinamiento del personal durante abril, mayo y junio
  - Ralentización de actividades administrativas en la UNAM y el mundo
  - Devaluación fuerte del peso de marzo a junio (llegó cerca de 25 pesos/dólar)
- Nuestra respuesta:
  - Se ha dado seguimiento virtual al proyecto (cada 2 semanas)
  - Se han establecido laboratorios en casa (poco eficiente, pero avanza)
  - Se han estado realizando compras lentamente (ahora todo tarda más en llegar y los procesos son más lentos, pero nos apoyan)
  - Se ha incrementado la investigación de gabinete:
    - Buscar mejores equipos/componentes
    - Definición de nuevas arquitecturas para el proyecto
    - Profunda revisión del estado del arte y evolución del concepto 5G



# Entregables pendientes y gastos

- Entregables
  - Informe técnico de un prototipo de una red 4G basada en SDR operando correctamente.
  - Informe técnico de la implementación de un enlace de fibra óptico WDM operando correctamente.
  - Informe técnico de un prototipo de red 4G/5G empleando una arquitectura de C-RAN basada en un *fronthaul* de fibra óptica operando con WDM de manera correcta.
  - Envío de un artículo técnico a un congreso internacional de la especialidad.
- Gasto efectuado y comprometido (puramente informativo):
  - Gasto corriente: \$309,840.00
  - Gasto inversión: \$632,280.00
  - Total: \$942,119.00



# Agradecimientos

- Dr. Víctor Rangel Licea (Profesor/investigador)
- Dr. Daniel E. Ceballos Herrera (Profesor/investigador)
- Dr. Pablo Torres Ferrera (Profesor/investigador)
- Dr. Ramón Gutiérrez Castrejón (Profesor/investigador)
- Dr. Irving Rendón Salgado (Posdoctorante)
- Mtro. Mario Hernández Flores (Estudiante)
- Ing. David López Mata (Estudiante)
- Ing. Miguel Cervantes Vázquez (Estudiante)
- Ing. Kevin Guillermo Miceli Ruiz (Estudiante)



**MUCHAS GRACIAS**