



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Iztapalapa

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES
POSGRADO EN ESTUDIOS ORGANIZACIONALES

**“Innovación y cambio
en organizaciones públicas.
El caso de Industria México”**

Tesis

Que presenta:

Arturo Martínez Palacios

Matrícula: 2163801645

PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN
ESTUDIOS ORGANIZACIONALES

Director de tesis:

Dr. Valentino Morales López

Jurado:

Dr. Oscar Lozano Carrillo

Dr. Carlos Juan Núñez Rodríguez

Iztapalapa, Ciudad de México, marzo de 2021

Dra. Maria Teresa Magallón Diez
Coordinadora del Posgrado en Estudios Organizacionales



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE DISERTACIÓN PÚBLICA

No. 00222

Matrícula: 2163801645

Innovación y cambio en organizaciones públicas. El caso de Industria México.



[Handwritten signature]

ARTURO MARTINEZ PALACIOS
ALUMNO

REVISÓ

[Handwritten signature]

MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

Con base en la Legislación de la Universidad Autónoma Metropolitana, en la Ciudad de México se presentaron a las 10:30 horas del día 3 del mes de marzo del año 2021 POR VÍA REMOTA ELECTRÓNICA, los suscritos miembros del jurado designado por la Comisión del Posgrado:

DR. VALENTINO MORALES LOPEZ
DR. CARLOS JUAN NUÑEZ RODRIGUEZ
DR. OSCAR LOZANO CARRILLO

Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretario el último, se reunieron a la presentación de la Disertación Pública cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

DOCTOR EN ESTUDIOS ORGANIZACIONALES
DE: ARTURO MARTINEZ PALACIOS

y de acuerdo con el artículo 78 fracción IV del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

APROBAR

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CSH

[Handwritten signature]

DR. JUAN MANUEL HERRERA CABALLERO

PRESIDENTE

[Handwritten signature]

DR. VALENTINO MORALES LOPEZ

VOCAL

[Handwritten signature]

DR. CARLOS JUAN NUÑEZ RODRIGUEZ

SECRETARIO

[Handwritten signature]

DR. OSCAR LOZANO CARRILLO

El presente documento cuenta con la firma –autógrafa, escaneada o digital, según corresponda- del funcionario universitario competente, que certifica que las firmas que aparecen en esta acta – Temporal, digital o dictamen- son auténticas y las mismas que usan los c.c. profesores mencionados en ella

Contenido

Introducción	1
Capítulo 1. La innovación en las organizaciones	12
1.1 Innovación	12
1.2 Importancia del estudio de la innovación.	14
1.3 Aproximación al concepto de innovación tecnológica.	18
1.4 Evolución del concepto de innovación.	19
1.5 Procesos de innovación tecnológica y cambio organizacional desde la perspectiva de los estudios organizacionales.	21
1.6 Modelos de innovación tecnológica.	27
1.7 Organización para la innovación.	30
1.8 Capacidades organizacionales para la innovación.	33
1.9 Cambio organizacional.	35
1.10 Conocimiento.	36
1.11 Poder.	37
Capítulo 2. Innovación en organizaciones de la administración pública	39
2.1 Aproximación a la comprensión del problema de la innovación en organizaciones públicas.	39
2.2 Descripción del problema. La innovación como problema organizacional.	41
2.3 Contexto del problema. Innovación en IM una organización pública.	42
2.4 Delimitación del problema.	45
2.5 El proyecto X.	45
Capítulo 3. Metodología del caso sobre innovación	48
3.1 Fundamentos teóricos del enfoque metodológico.	50
3.1.1 Estudio de caso.	50
3.1.2 Diseño del estudio de caso.	53
3.1.3 Enfoque fenomenológico.	55
3.1.4 Mecanismos de validación de datos.	64
3.2 Supuestos paradigmáticos.	67
3.3 Estrategia de investigación.	69
3.4 Unidad de análisis y objeto de estudio	72
3.5 Método.	73

Capítulo 4. Análisis de un proyecto de innovación en una organización pública.	76
4.1 Contextualización del estudio de caso.	76
4.2 Desarrollo y evolución de capacidades para la innovación en IM.	80
4.3 Proceso de innovación.	92
4.4 Integración del equipo inicial y creación de medios físicos para la innovación.	103
4.5 Determinar la factibilidad técnica para desarrollar el proyecto.	108
4.6 Lograr el apoyo del DT y UPs relacionadas.	115
4.7 Presentación de la propuesta.	117
4.8 Estado del arte.	118
4.9 Masa crítica del proyecto: Diseño conceptual, desarrollo de herramienta y obtención de modelos funcionales (bancos de pruebas).	120
4.10 Obtención de "prototipos rápidos".	127
4.11 Actividades de diseño.	142
Capítulo 5. Resultados de la investigación.	167
5.1 Conocimiento.	167
5.2 Creación de capacidades.	171
5.3 Creación de redes de conocimiento.	174
5.4 El diseño.	177
5.5 Poder.	179
5.6 El proyecto X y el cambio organizacional en IM.	181
Conclusión.	184
Bibliografía.	193

Introducción

La innovación es un tema de investigación que ha adquirido relevancia en tiempos recientes. La posición que regularmente predomina es la de considerarla un aspecto central para el crecimiento de la organización y que puede beneficiar la economía no solo de las empresas, si no de la sociedad y por extensión de de los países. Con esa perspectiva se han desarrollado trabajos de investigación desde diversas perspectivas como la economía, la sociología, la administración entre otras, que se enfocan en algunos aspectos de los procesos de innovación, particularmente en la búsqueda de eficiencia y certeza de sus resultados (Dougherty, 1996).

Dada la complejidad del tema, se requiere de una visión holística y ecléctica que permita comprender el fenómeno, por ejemplo estudiar la forma en que las relaciones e interacciones se transforman en capacidades e innovaciones, aspectos que pueden ser analizados desde un enfoque integral como los propuestos desde el campo de los estudios organizacionales,

Uno de los problemas del estudio de la innovación es que para este concepto se han usado diversos significados a lo largo del tiempo y en los múltiples espacios físicos en los que se ha empleado con diferentes objetivos, por lo que es necesario ahondar en la revisión del concepto

para conocer algunas de sus acepciones, significados y formas. Acercarse a la construcción histórica del concepto de innovación en las organizaciones permite aproximarse a la comprensión de su significado.

Ante la amplitud del concepto de innovación y de la ambigüedad con que se emplea, en este trabajo el enfoque es la innovación tecnológica debido a la importancia que reviste en el cambio organizacional. Este constructo se manifiesta en la mejora de productos y formas de trabajo existentes y en el desarrollo de nuevos bienes, la aplicación de nuevas formas de trabajo, la sustitución de materiales, el desarrollo de nuevos mercados y fuentes de abastecimiento (Schumpeter, 1934).

Se busca conocer el contexto en el que se produce una innovación mediante el recuento del desarrollo de capacidades para innovar, con el fin de comprender el origen y evolución de los equipos de trabajo, la infraestructura y los elementos tecnológicos para el desarrollo de innovaciones, elementos que hacen parte de los activos más importantes de las organizaciones. Así que en esta tesis se busca evidenciar como la disponibilidad de componentes materiales e inmateriales para el desarrollo de innovaciones en las organizaciones públicas se genera mediante un proceso de cambio continuo, lento y gradual.

El objetivo es comprender la dinámica de la innovación tecnológica en el cambio de una organización de la administración pública mexicana,

tomando como base al análisis organizacional de un proyecto de innovación tecnológica realizado entre 2005 y 2006, con la finalidad de la delimitación de los elementos que influyen en los procesos de innovación. El estudio se centra en la comprensión del problema de innovación en organizaciones del sector público, que son aquellas que sin tener como objetivo la generación de utilidades, enfocan sus esfuerzos en la prestación de servicios para determinado sector de la Administración Pública Federal (APF) en México. La organización forma parte del sector público, sin obedecer a una lógica de mercado desarrolla actividades de producción industrial metal mecánica y como parte de sus operaciones diarias destina parte de sus recursos a la generación de nuevos productos, a la exploración de nuevas formas de trabajo o la creacción de nuevas rutinas organizacionales que permitan cubrir sus objetivos.

El cambio organizacional se revisa desde una perspectiva de Foucault, en la que se observa que la historia es planteada habitualmente de manera lineal, se crea a partir de una serie de sucesos que se van conjuntando para provocar un suceso o un hito histórico, constituyendo un proceso no lineal. En el estudio de caso desarrollado hay una narrativa oficial que describe como organizó un grupo de ingenieros y en forma concurrente desarrollaron un producto y la tecnología necesaria para obtenerlo a nivel industrial. Un proceso sin precedente que, de acuerdo con este discurso, no requirió más que liderazgo de la alta dirección. Al concluir el estudio se observa que el

proceso está constituido de una serie de sucesos, de ensayos de prueba y error, de ir hacia adelante y retroceder. Contrario al discurso oficial se trató de un proceso circunstancial y coyuntural experimentado por la organización. El relato oficial del proceso de innovación se construye formalmente con la finalidad de dar crédito y reconocimiento a los actores cercanos a la alta dirección, quienes se mantenían en posiciones privilegiadas al presentar resultados favorables. En la presentación de resultados no se tomaban en consideración, o al menos no se mencionan las aportaciones individuales e infinitesimales realizadas a lo largo del proceso y con las que se constituyó finalmente el producto. En el relato oficial se hacen visibles solo las iniciativas y grandes acciones de los actores relevantes o los encargados de la dirección y administración de actividades, algo asociado comúnmente a la estructura de la organización.

El trabajo de investigación se origina debido a diversos cuestionamientos sobre innovación, desarrollo de nuevos productos y resolución de problemas creativos en una organización dedicada a la producción de bienes de seguridad y defensa, que en este trabajo se denomina Industrias México (IM).

Cabe resaltar que en un trabajo de investigación anterior, realizado en la Unidad de Investigación en IM se plantearon preguntas de investigación sobre las formas estructurales adoptadas por las organizaciones públicas para mejorar sus procesos de trabajo, lograr la

introducción de nuevos productos o incorporar mejoras en los existentes. El análisis que se desarrollo fue desde la perspectiva de diseño organizacional, que ahora se observa con ciertas limitantes derivadas de enfoques manageriales que no permitieron reconocer la complejidad de los procesos de innovación que se desarrollan en las organizaciones públicas.

El arraigo que los entrevistados muestran a su área laboral en IM parece ser producto de los procesos de sociabilización experimentados durante el periodo en que realizan estudios profesionales dentro del campo de ingeniería, en una escuela de educación superior que es parte de la Secretaria de Estado y que en este trabajo es denominado Escuela de Ingeniería, y posteriormente a lo largo de su permanencia en IM, adquieren una visión de las problemáticas que no pueden comprenderse o explicarse fuera del marco institucional. Adicionalmente las normas y medidas de seguridad en el manejo de información que se asumen al sujetarse al régimen militar y ocupar un lugar dentro de la estructura, limitan las formas de comprender y explicar las dinámicas de la organización.

Por lo tanto, los resultados obtenidos en el proyecto de investigación "Diseño organizacional para la innovación" (Martínez, 2014) no dieron respuesta a los cuestionamientos, que el investigador tenía sobre la dinámica generada durante un proyecto de innovación tecnológica, en una organización pública. Un desarrollo tecnológico realizado en el

periodo comprendido entre los años 2005 y 2006, proyecto que generó una serie de cambios en la organización, ya que implicó la actualización de la infraestructura, las formas de trabajo y se derivaron una serie de agregados que transformaron la vida, formas de trabajo y diversos aspectos cognitivos y materiales de la organización.

La dinámica descrita por los entrevistados permite mostrar, como ya se planteó, la manera en que en los procesos de innovación las fuentes oficiales invisibilizan y desvirtúan los esfuerzos individuales y presentan una visión alejada de lo experimentado a nivel equipo de trabajo, aspectos que en el trabajo de investigación realizado previamente no se evidenciaron y si lo hicieron, se desecharon debido a la concepción y dependencia que se tenía de la organización. Por lo que de esta experiencia se desprenden dos conjeturas iniciales que enmarcan este trabajo de investigación:

C1. Existe una amplia brecha en la narrativa oficial de los procesos de innovación y la construcción social del proceso, vista desde las diversas perspectivas de los actores.

C2. La comprensión y explicación de las dinámicas de los procesos de innovación requieren de marcos de estudio y perspectivas de análisis ajenos a la organización de estudio.

El estudio de caso es una organización dedicada a la producción y mantenimiento de bienes, que tiene como objetivo cubrir parte de las

necesidades de una Secretaria de Estado del Poder Ejecutivo Federal mexicano. Algunos de los talleres con los que se integró la organización de estudio, en la primera parte del Siglo XX, se convirtieron en unidades de producción o fábricas dedicadas a la manufactura de productos, inicialmente de manera artesanal, o mediante procesos preindustriales y paulatinamente incorporando saberes derivados de tecnologías importadas, actividades y rutinas organizacionales que pueden clasificarse como de explotación. A finales del siglo XX y principios del XXI, se registran algunos esfuerzos dedicados al desarrollo de nuevos productos y procesos para mejorar la tecnología disponible. En esa época se centra el estudio, considerando que se formalizan algunas actividades de investigación y desarrollo relacionadas con la innovación que pueden clasificarse de exploración; en este periodo se materializa un proceso de innovación de relevancia en la historia de la organización que resultan de interés en el estudio de procesos de innovación.

El trabajo tiene un enfoque empírico porque se buscan indicios del proceso de innovación en sus orígenes, en los individuos, equipos de trabajo y áreas involucradas en actividades de exploración. Mediante el estudio de caso se busca reconstruir un proceso de innovación a partir de la narrativa de sus actores, los integrantes de un equipo de diseño quienes vivieron en primer plano las diversas fases del desarrollo innovador y a partir de elementos de la teoría de la organización, la administración, innovación y el cambio, aproximarse a la comprensión del fenómeno de la innovación en la organización.

Como metodología de estudio se optó por un caso de estudio exploratorio considerando que es la metodología más apropiada para aproximarse a la comprensión del cambio organizacional asociado a procesos de innovación tecnológica, debido a la complejidad que el tema presenta y al enfoque bajo el que se desarrolla. El caso de estudio exploratorio tiene como objetivo "aclarar y definir la naturaleza de un problema" (Yin, 2009) sin proporcionar evidencia concluyente. Por lo tanto, se brindan puntos de aprendizaje útiles dentro del campo, que en futuras investigaciones podrían ahondarse.

En el estudio de caso se enmarca parte de la realidad que se desea investigar (Yin, 2009), por lo que de éste pueden derivarse otros tipos de estudios. La selección del caso se realiza considerando en primer lugar que la organización pertenece a un sector industrial en el que se manifiesta el cambio tecnológico derivado de la búsqueda de mantener la ventaja sobre los adversarios. Una industria en la que continuamente se busca comprimir el ciclo de vida de los productos, obligando a generar nuevos conocimientos que permiten mantener cierta ventaja en medios de defensa que entregan a sus usuarios.

Los resultados obtenidos en los procesos de generación de innovaciones tecnológicas en aplicaciones militares, en un primer momento permiten cubrir las necesidades de las fuerzas armadas. Sin embargo, el conocimiento derivado de tales innovaciones puede tener un impacto mayor en la sociedad al aplicarse en la resolución de

problemas sociales, no podría darse sin las inversiones realizadas por el estado que financia tales emprendimientos.

Entre las fuentes primarias consultadas para reconstruir el proceso seguido durante el proceso de innovación denominado “Proyecto X”, se realizaron entrevistas semiestructuradas, realizadas entre noviembre de 2019 y mayo de 2020 a quien durante el proyecto se desempeñó como Director de Industrias México, a 8 (ocho) ingenieros y 1 (un) técnico, quienes participaron en los trabajos de diseño y se encontraban adscritos a la Unidad de Investigación. También se entrevistó a un investigador perteneciente a una de las universidades que proporcionaron servicios para el desarrollo de prototipos. Entre las fuentes secundarias se realizaron dos peticiones de información a través del Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de datos Personal Pública (INAI). Asimismo se consultaron memorias institucionales, textos oficiales, fotografías, bitácoras y programas de trabajo proporcionadas por algunos de los informantes.

Para contextualizar el trabajo se entrevistaron a 2 actores relevantes en el proceso de desarrollo de capacidades organizacionales, personas que dedicaron gran parte de su tiempo de servicio a actividades de investigación y desarrollo, cuyos resultados modificaron la estructura de la organización de manera significativa. Estas entrevistas se consideran indispensables para conocer el desarrollo de capacidades de innovación en la organización debido a que estos actores

emprendieron proyectos de investigación cuyos resultados permitieron la diversificación de productos, generaron nuevas rutinas organizacionales y modificaron la estructura de la organización, como parte de estos resultados se agregaron formas de trabajo enfocadas en la generación de nuevos productos y procesos (Rogers, 1984).

Fuentes primarias	Informante	Entrevistas	Tiempo (hrs.)
Entrevistas semiestructuradas	1 nivel directivo	1 presencial 1 vía telefónica	3 hrs.22 min 46 min.
	8 ingenieros equipo de diseño	presencial vía telefónica	19 horas y 18 minutos
	2 ingenieros dedicados al desarrollo de productos (antes del proyecto X)	Presencial Vía telefónica	7 hrs. 20 min 3 hrs. 12min
Total	11		33 hrs. 58 min.
Documentos	Notas proporcionadas por los entrevistados Bitácoras de trabajo proporcionados por los entrevistados (2) Programas de trabajo proporcionados por los entrevistados (1) Archivos de trabajo, esquemas, modelos virtuales Fotografías		
Fuentes Secundarias	Información proporcionada por la Secretaría a través del Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de datos Personal Pública (INAI)		
	Textos y Memorias institucionales		

Tabla 1. Resumen de los elementos que integraron trabajo de campo para el estudio de caso.

La tesis se integra de 5 capítulos en los que se establecen las bases de la reflexión, el planteamiento del problema, el marco teórico y metodológico de la investigación y el análisis del estudio de caso. En el primer capítulo se resume el marco teórico de la investigación, se abordan aspectos teóricos de la innovación, la importancia atribuida a las capacidades organizacionales en el desarrollo de innovaciones y el

cambio. En el capítulo 2 se plantea el problema de investigación, se busca acotar el problema del estudio de la innovación desde la perspectiva de los estudios organizacionales, planteando la estrategia de aproximación a la comprensión del problema de la innovación en organizaciones públicas. En el capítulo 3 se establecen las bases metodológicas de la investigación. Se justifica el estudio de caso como la metodología más apropiada para la comprensión del cambio organizacional asociado a procesos de innovación tecnológica. En el capítulo 4 se describe el estudio de caso desarrollado. Se inicia con una breve semblanza de los orígenes o génesis de la organización de estudio, con miras a contextualizar el proceso de estudio. En esta primera parte se busca hacer un planteamiento de la ruta seguida en conformación de las capacidades de innovación en la organización IM y se describe el proceso de innovación estudiado desde la perspectiva de cada uno de sus actores. En el capítulo 5 se presenta un análisis de resultados. Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo.

Capítulo 1. La innovación en las organizaciones

1.1 Innovación

En la actualidad se habla de innovación en todos los ámbitos, en diversos contextos y con múltiples significados para cada usuario del concepto. Al respecto innovación de manera coloquial refiere a algo nuevo, a la implementación de nuevas prácticas, de nuevos resultados en determinada actividad. También se emplea el concepto como adjetivo para señalar ciertos rasgos individuales asociados a la capacidad de crear cosas nuevas, proponer nuevas ideas y conceptos. Se califica a un individuo como innovador, cuando muestra cierta habilidad para crear nuevos elementos, que permiten solucionar parte de las problemáticas vividas. En este estudio, el fenómeno a analizar es la innovación tecnológica (IT), cuya importancia se deriva de su influencia en el desarrollo económico, en la generación de conocimiento y en el impacto social que reviste la generación continua de conocimiento y avances tecnológicos que impactan las diferentes esferas sociales.

Hay que tener presente que la innovación es vista como un motor del cambio económico. Las estructuras económicas y sociales sufren modificaciones con los emprendimientos mediante los que se crean nuevos productos, nuevas formas de trabajo, se descubren nuevos mercados, nuevas formas de abastecimientos, de donde se reconoce

que el cambio es endógeno a los esfuerzos de las organizaciones (Schumpeter, 1982:87).

Desde una perspectiva económica y empresarial suele verse a la innovación en términos de la posibilidad de que un desarrollo tecnológico produzca artefactos o servicios que se colocan exitosamente en el mercado, o que la transformación de sistemas y procedimientos contribuyan a una mayor productividad económica. Debido a la profusa investigación de la “innovación” desde diversos campos, para los propósitos de este trabajo de investigación de parte de dos ideas generales del concepto de innovación:

(1) Tiene que ver con una compleja red donde interactúan diversos agentes, individuos en las organizaciones (centros de investigación y universidades, empresas, organizaciones públicas, diferentes sectores sociales), donde cada uno de ellos puede aportar una parte, pero donde el resultado no es sólo el agregado de sus contribuciones, sino las consecuencias de sus interacciones (Olivé, 2009:22), y

(2) en la conceptualización, el desarrollo tecnológico, la fabricación, lanzamiento y gestión de un nuevo producto o servicio (Dougherty, 1996). En la conceptualización mencionada resalta que la dinámica de la organización se ve afectada con nuevos productos y procesos, nuevos usuarios o clientes, nuevos usos, nueva fabricación, nueva distribución, nueva tecnología de producto o cualquier combinación de éstos.

1.2 Importancia del estudio de la innovación.

La innovación es un concepto subjetivo y complejo, que desde principios del siglo XX ha gozado de análisis y gran difusión desde la economía, dando lugar a múltiples y diversas interpretaciones. El término aceptado por la comunidad epistémica es innovación (Schumpeter, 1934), aunque también se emplean otros conceptos derivados como innovación tecnológica, innovación de producto, innovación de proceso. Existen términos relacionados, siendo estos conocimiento, novedad y utilidad, preservación o creación de valor (Manual de Oslo), creatividad, acto creativo, tecnología, cambio tecnológico, avance tecnológico, reinención (Rogers, 1983), etcétera.

La innovación es tema de investigación en diferentes campos del conocimiento, los cuales son desde la historia, sociología, administración, economía, ingeniería, incluso en las llamadas ciencias duras su popularidad es tal que es empleado en forma recurrente en discursos políticos, académicos y empresariales. En la literatura científica y técnica se encuentran múltiples y diversas publicaciones relativas al tema, en varios niveles de análisis y desde enfoques como el técnico, económico y administrativo.

Con la finalidad de tener un panorama general de la literatura existente sobre el tema a principios de 2019 se realizó una búsqueda bibliográfica con el término “innovación”¹, que tuvo un resultado de más de

¹ Se empleo el buscador del CONRICYT en <https://www.conricyt.mx/>.

seiscientos mil publicaciones que tenían los siguientes enfoques: 35% en diversas ramas de ingeniería, 17% en negocios, 15% en economía, 15% desde las llamadas ciencias duras, 14% ciencias sociales y filosofía, y un 4% desde campos como agricultura, arquitectura y artes plásticas. En una búsqueda más focalizada, en la que se incluyó la palabra organización y la restricción de búsqueda en artículos arbitrados el número de títulos se redujo a 8975, lo que significa un 1.5% del total de resultados obtenidos en la búsqueda previa. Se asume que el estudio de la innovación desde la perspectiva organizacional es incipiente respecto a otras áreas del conocimiento. En especial, porque de acuerdo con los resultados de la búsqueda, la mayor parte de los trabajos de investigación sobre innovación se desarrollan en ingeniería, administración, economía y ciencias (duras), áreas del conocimiento cuyos investigadores están más involucrados o interesados por la innovación. La innovación tecnológica, resulta ser uno de los temas en los que se ha desarrollado mayor número de trabajos de investigación. En general, estudiosos y practicantes de esos campos, revisan las distintas etapas del proceso de innovación, siguiendo el proceso o modelo lineal de innovación² en el que se plantean las etapas seguidas en el desarrollo de nuevos productos y servicios (Van de Ven, 1999).

² el "modelo lineal de innovación" sugiere que la innovación tecnológica comienza con la investigación básica, luego pasa por la investigación aplicada, luego el desarrollo, y luego la producción y difusión. Tal comprensión de la innovación tecnológica ha sido muy influyente en la política científica después de 1945 (Godin, 2008:39,)

Parte del estudio de la innovación se centra en casos de éxito, casos de nuevos productos o servicios que ingresan al mercado y tienen buena aceptación comercial. En algunos artículos también se difunden logros en la mejora de técnicas de trabajo, de procesos que tienen el objetivo de incrementar la rentabilidad de las empresas y lograr ventaja competitiva (Afuad, 1997). Una cuestión que puede criticarse a esos trabajos es que presentan solo casos exitosos, soslayando aquellos que comercialmente o instrumentalmente son considerados fracasos, pero que dadas las condiciones en que se desarrollaron, pueden aportar conocimiento respecto de las dinámicas experimentadas durante el proceso de innovación.

Uno de los problemas que plantea el estudio de la innovación es la tendencia natural para asumir que innovación solo se refiere a innovación tecnológica (Godin, 2008). Sin embargo, el concepto de innovación es más amplio y puede y debe ser abordado desde un marco de estudio que integre las diversas vertientes del concepto, con la finalidad de tener una visión integral del fenómeno llamado innovación.

A partir de la década de 1950 se difundió a nivel global la idea de innovación como invención comercializada (Maclaurin, 1953: 105), un enfoque que solo considera la última parte del proceso del modelo lineal de innovación para determinar si los resultados del proceso de investigación, invención y comercialización constituyen una

innovación. Desde esta vertiente, se consideran innovaciones aquellos productos desarrollados y colocados de manera exitosa en el mercado (Godin, 2008).

Bajo esta lógica los productos difundidos como innovaciones y sus procesos de obtención, normalmente son objeto de estudio ya que su importancia se asocia al éxito comercial. Mientras que los esfuerzos por lograr innovaciones que no llegan al mercado son escasamente abordados, quedando sin reconocer o estudiar los esfuerzos innovadores de científicos, ingenieros, técnicos, operarios que participan en procesos creativos para el desarrollo de nuevos productos o procesos y no obtienen los resultados esperados, o aquellos que son parte de las operaciones diarias de una organización en las que no se materializan ni se observan resultados en el corto plazo.

Desde la década de 1970 se han desarrollado modelos para fomentar el desarrollo de innovaciones, que en algunos casos se han vuelto políticas públicas (Godin, 2012). Al incorporarse la innovación tecnológica a las políticas públicas se convirtió en un imperativo para la administración pública, sin prestar atención que está en ocasiones no requiere de modificaciones constantes. Asimismo, a las empresas se les ha puesto como un aspecto central para su desempeño el que sean intensivas en innovación, ya que la competitividad global derivada de los esfuerzos innovadores de gobiernos y empresarios obliga a un esfuerzo innovador continuo.

Las perspectivas económicas o administrativas desde las que se realizan estudios sobre la innovación, en muchos casos no toman en consideración aspectos contextuales y sociales de las organizaciones (Dougherty, 2006). Algunos factores individuales y colectivos de los grupos involucrados en el desarrollo de innovaciones pueden considerarse como campos potenciales de análisis sobre la innovación en las organizaciones.

1.3 Aproximación al concepto de innovación tecnológica.

El economista Joseph Alois Schumpeter (1883-1950), es considerado el primer teórico de la innovación tecnológica (Freeman, 2003). Él considera la innovación tecnológica como fuente de cambio económico, al reconocer que nuevas combinaciones de medios de producción o cambios en los factores de producción para producir bienes se asocian al crecimiento económico. La introducción de nuevos bienes, nuevos métodos de producción, la apertura de nuevos mercados, nuevas fuentes de suministro de materias primas o la implementación de nuevas formas de organización y generan procesos de cambio que perturban las estructuras (Schumpeter 1982:87).

Schumpeter emplea el concepto de innovación en su teoría de cambio, pero no ahonda en el estudio de la innovación o en los procesos por medio de los que se generan las innovaciones, conceptualiza el proceso de innovación como una caja negra de la que surgen productos o procesos nuevos o mejorados, que impactan al mercado, por lo que se

considera que si bien introdujo el término y una primera definición no desarrolló una teoría relativa a la innovación (Maclaurin, 1953; Godin, 2008:36).

En la administración y economía se han desarrollado teorías para explicar la innovación tecnológica a partir del estudio del modelo lineal de innovación. Este constructo esquematiza el proceso seguido para generar innovaciones. Los esfuerzos que investigadores, diseñadores, ingenieros, tecnólogos realizan, en forma secuencial, investigación básica, aplicada, desarrollo tecnológico, hasta llegar a la difusión de la innovación o comercialización. Hay que resaltar que desde estas perspectivas, la innovación se califica en la última etapa del proceso, con la introducción al mercado del producto o proceso nuevo o mejorado.

Desde la teoría de la organización se ha buscado comprender los efectos del ambiente, la estructura, y otros factores en las capacidades innovativas de la industria, las organizaciones o los individuos al interior de estas. Se reconoce la innovación como un concepto complejo y se estudian sus relaciones con la complejidad organizacional, los factores contingenciales del ambiente, la estructura y tamaño de la organización.

1.4 Evolución del concepto de innovación.

El vocablo innovación, ha adoptado diversos significados a lo largo del tiempo. Una breve revisión del concepto, las diferentes acepciones, sus

significados y formas permite aproximarse a la comprensión de su significado actual.

Las primeras referencias del uso de innovación se encuentran en la obra "El Príncipe" publicada en 1513 por Nicolás Maquiavelo y posteriormente en "De Innovaciones" publicado por Francis Bacon de 1625. En el Siglo XVIII aparece el término innovación³ en el área del derecho y significaba renovar una obligación al cambiar un contrato para un nuevo deudor.

En los primeros usos de innovación es la aplicación para designar algo nuevo⁴, una referencia directa al concepto de cambio. En esa época no se usaba como sinónimo para hacer referencia a las habilidades creativas de los individuos, ya que para esto se usaban normalmente las palabras "crear" o "inventar" (Godin, 2008:23-24).

En el Siglo XX, Schumpeter (1934) define la innovación como la introducción de un nuevo bien o como la mejora en sus características, la introducción de un nuevo método de producción, la apertura de un nuevo mercado, la conquista de una nueva fuente de

³ Novar. Del lat. *novāre* 'renovar'. Sustituir con una obligación otra otorgada anteriormente, la cual queda anulada en el acto.

⁴ La etimología de la innovación hace referencia a la introducción de algo nuevo; la palabra "innovación" deriva del latín *innovatio* y significa "acción y efecto de crear algo nuevo"; sus componentes léxicos son: el prefijo *in-* (penetración, estar en), *novus* (nuevo), más el sufijo *-ción* (acción y efecto).

aprovisionamiento de materias primas de bienes semielaborados o la creación de una nueva organización de cualquier industria.

La definición general de innovación que tiene mayor aceptación plantea que

“...es un producto o proceso nuevo o mejorado (o una combinación de estos) que difiere significativamente de los productos o procesos anteriores de un fabricante y que se ha puesto a disposición de usuarios potenciales en el caso de los productos, o se ha puesto en uso por dicho fabricante en el caso de los procesos” (Manual de Oslo, 2018:20).

En contraste con la conceptualización de la innovación basada en la introducción de bienes al mercado, propia de la visión de la economía, desde los estudios sociales asocian el constructo a las ideas, prácticas u objetos que los individuos perciben como nuevos. La novedad percibida por el individuo determina su reacción a ella, ya que si la idea parece nueva para el individuo, se trata de una innovación (Rogers, 1983:11). Desde esta perspectiva la innovación se vincula a comportamientos en las organizaciones derivados de la adopción de nuevas ideas (Damanpour y Gopalakrishnan (1998: 3).

1.5 Procesos de innovación tecnológica y cambio organizacional desde la perspectiva de los estudios organizacionales.

Actualmente las organizaciones se orientan a la innovación, porque están obligadas a cambiar continuamente productos, procesos, sus materiales y los aspectos sociales y al parecer, destruir lo establecido

para crear nuevas condiciones que permitan sobrevivir la dinámica del mercado (Schumpeter, 1934) se ha vuelto una exigencia constante en las organizaciones modernas. Esta situación crea inestabilidades ya que lo conocido, lo familiar o lo establecido, lo que representa certeza, debe ser sustituido por elementos novedosos que implican cierto esfuerzo adicional y sobre todo incertidumbre, ya que resulta necesario invertir en la generación de conocimiento, de herramientas, de productos y procesos, en el diseño del trabajo así como en el conocimiento mismo. La naturaleza del conocimiento es lo que cambia rápidamente ya que varias de las certezas de hoy, mañana se vuelven inviables (Peter Drucker, 1985: 130).

La innovación se concibe como un medio para cambiar una organización, ya sea como una respuesta a los cambios en el entorno o como una acción preventiva para influir en él. Ella abarca nuevos productos o servicios, nuevos procesos, nuevas estructuras organizativas o sistemas administrativos (Damanpour, 1996).

La perspectiva de los Estudios Organizacionales plantea el desarrollo de explicaciones alternativas a las formuladas desde otros campos del conocimiento, para encontrar nuevas formas de estudiar las organizaciones y los fenómenos que en estas se presentan. Entender la organización como espacio de construcción e interpretación social de la acción y el significado, facilita el acercamiento al fenómeno del

desarrollo de innovaciones, desde la perspectiva de los actores, en el momento en que sucede.

La mayoría de los estudios realizados sobre innovación tecnológica se centran en el análisis de patrones de implantación de tecnologías y prácticas administrativas (Hall, 1996:213). También los investigadores se enfocan en la forma en que las organizaciones se estructuran para la creación de nuevos productos y servicios (Dougherty, 1996), así como para la aplicación o implementación de nuevas rutinas organizacionales o nuevas herramientas tecnológicas, estudios en que se revisan los efectos de la difusión de la innovación en los individuos, las organizaciones y en las comunidades (Rogers, 1995).

En el campo de estudio de la innovación tecnológica, se estudian casos de grandes empresas que son consideradas innovadoras. A nivel individual, se difunden los logros de algunos "*genios*" que producen o dirigen equipos que logran innovaciones exitosas. Esos casos son estudiados y difundidos abundantemente desde diversas perspectivas, mientras que los fracasos o dificultades para innovar, a pesar de que puede obtenerse un cúmulo de conocimiento de ellos, no se estudian, no se difunden, o incluso se tratan de ocultar (Dougherty 1996) aspectos que limitan la comprensión del fenómeno organizacional que representa la innovación.

Para adentrarse en la comprensión de la práctica de la innovación, resulta necesario estudiar las dificultades que tienen las organizaciones

en la innovación. Van de Ven Andrew (1999) ha realizado estudios en diversas organizaciones, para conocer la ruta seguida en el desarrollo de innovaciones tecnológicas que han tenido impacto a nivel mundial, busca comprender el proceso de innovación tecnológica para reducir el alto grado de incertidumbre que lo rodea.

La mayor dificultad para lanzar nuevos productos al mercado u obtener un proceso tecnológicamente complejo no se encuentra sólo en la invención o la investigación, sino en el desarrollo del proceso para producir bienes en grandes cantidades y con la calidad requerida por los clientes. La comercialización de un nuevo producto o proceso es una experiencia aprendizaje continuo, el aprendizaje organizacional acumulado durante el desarrollo, producción y comercialización de productos anteriores.

De esta manera las innovaciones se constituyen de conocimientos y habilidades de la organización. Pocas veces se reconoce que las innovaciones son construidas socialmente por las acciones e interacciones de diversos actores organizacionales, entre los que se encuentran diseñadores, ingenieros, técnicos, obreros, administradores, inversionistas. Dicha construcción que al concluir tiende “a institucionalizarse”, perdiendo su conexión quienes la construyeron o le dieron el significado de ser parte de un objetivo, integrando propiedades estructurales de la organización” (Orlikowski, 1992: 406).

La capacidad de innovar es uno de los principales activos en las organizaciones (Teece, 2010). El desarrollo de nuevos productos que satisfagan las necesidades del mercado requiere de capacidad de aplicar tecnologías de proceso apropiadas, desarrollar y adoptar nuevas tecnologías de productos y procesamiento para satisfacer necesidades y responder a actividades tecnológicas accidentales y oportunidades inesperadas creadas por los competidores.

Van de Ven Andrew (1999) ha realizado estudios en diversas organizaciones, para establecer la ruta seguida en el desarrollo de innovaciones tecnológicas que han tenido impacto a nivel mundial. La meta de la investigación de Van de Ven ha sido la de establecer el flujo del proceso de la innovación tecnológica para reducir el alto grado de incertidumbre que la rodea. Uno de sus hallazgos consiste en que en organizaciones dedicadas a la obtención de productos de alta complejidad tecnológica y altos volúmenes de producción, se presentan desfases entre la materialización de un proyecto de innovación y su difusión (Van de Ven, 1999), aspecto que tiene efectos en la estructura y procesos de la organización. En estos casos se observa que una innovación tecnológica inicia antes que se elabore y difunda formalmente el proyecto y continúa tiempo después de que el proyecto se concluye formalmente, generando un proceso de cambio continuo.

En el desarrollo de innovaciones se presentan algunas tensiones, que en algunos casos han sido consideradas como paradojas

organizacionales. Estas derivan del vínculo entre la organización y el mercado, las contradicciones que suponen las actividades de exploración y explotación, la incertidumbre, el compromiso requerido y la libertad esperada por los actores.

La generación de nuevos productos que satisfagan las necesidades del mercado implica una tensión entre el ambiente interno y el contexto (externo). Las expectativas del cliente deben ser cubiertas en un momento determinado por las condiciones del mercado. La organización emplea el capital intelectual y los recursos tecnológicos disponibles para afrontar esta tarea.

Una de las vertientes en estudio de la innovación consiste en la identificación de nuevos roles, nuevas formas de trabajo, nuevas formas de organización, que influyen en el desarrollo e implementación exitosa de las innovaciones tecnológicas, características de organizaciones postmodernas (Dougherty, 2006). De igual manera el análisis del potencial y capacidades de individuos, equipos, organizaciones, países y regiones para emprender desarrollos innovadores, así como con el impacto que tienen al arribar al mercado (Afuahd, 1999:2).

El estudio de la innovación tecnológica como proceso, comprende una serie de actividades. Entre ellas se encuentra la conceptualización del producto, en la que se enlazan las necesidades del mercado con el potencial tecnológico de la organización. La organización (*organizing*) del proceso para la resolución creativa de problemas, el seguimiento y

control del proceso y el desarrollo de compromiso con el esfuerzo. Desde esta perspectiva la innovación es un constructo social complejo en el que se integran una variedad de factores individuales, organizacionales y contextuales (Cabrero y Arellano, 1993), con un carácter contingente y colectivo, cuyos resultados son aprovechados por individuos o grupos específicos

1.6 Modelos de innovación tecnológica.

El modelo lineal de innovación, desarrollado para sintetizar la gestión de la innovación, es una herramienta administrativa que permite esquematizar las diversas fases del desarrollo de innovaciones tecnológicas. Dicho modelo, planteado en la década de 1920 (Godin, 2008) ha sufrido diversas modificaciones a lo largo del tiempo desde que se desarrolló en el Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos en 1928, hasta mediados de la siguiente década cuando se conoció como modelo de innovación impulsado por la tecnología (*Technology Push*). La innovación es representada por un proceso en el cual se integran progresivamente los resultados de las actividades de investigación básica, investigación aplicada, el desarrollo tecnológico, para concluir en una producción de bienes a gran escala que concluye con su introducción al mercado. De manera esquemática se puede visualizar en la siguiente figura.

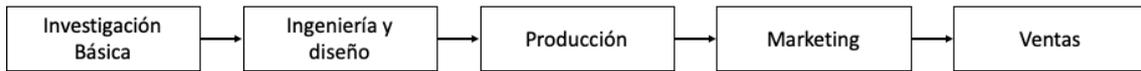


Figura 0-1 Modelo de innovación impulsado por la tecnología (Technology Push) (Ulrich, 2004).

La segunda generación del modelo lineal de innovación representa una visión de la economía (Freeman 2003), en la que las actividades para generar una innovación tecnológica se derivan de las demandas del mercado. Este modelo se conoce como modelo lineal de innovación (Market-pull), desde esta perspectiva las innovaciones se derivan de las necesidades de los consumidores de manera que el mercado es la fuente de ideas que desencadena el proceso de innovación que es la generación de conocimiento científico y tecnológico que busca atender los requerimientos del mercado. Ese modelo se presenta en la siguiente figura.

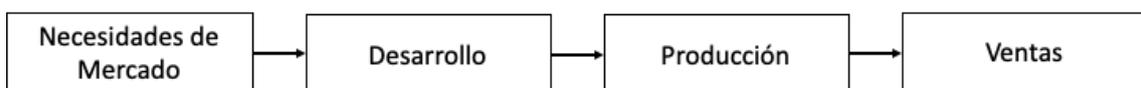


Figura 0-2 2 Modelo lineal de innovación (Market-pull) (Ulrich, 2004).

A partir de la década de los 80 los investigadores reconocen la importancia de tres factores que influyen de manera primordial en los procesos de innovación: la ciencia, la tecnología y el mercado. En este modelo se representan las complejas interacciones y canales de comunicación entre los grandes actores: el mercado, la comunidad científica y las áreas encargadas del desarrollo tecnológico dentro de la

organización, lo que se representa en un modelo mixto de gestión de la innovación que constituye la tercera generación del modelo lineal, tal como se muestra en la siguiente figura.

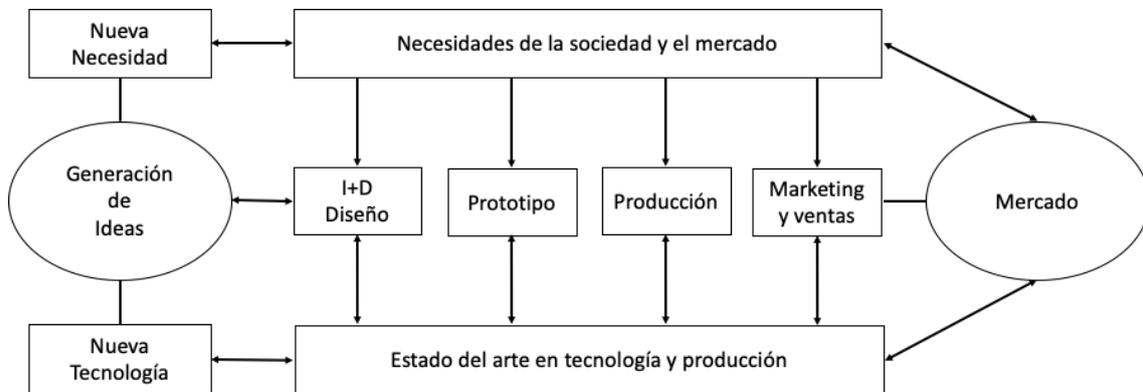


Figura 0-3 Modelo mixto de gestión de la innovación (Ulrich, 2004)

Cuarta generación: Modelo integrado. En este modelo, de la década de los ochenta, se buscaba acortar los periodos de realización de las diversas actividades, lo que logran desarrollando algunos procesos de manera simultánea. La integración y control de grandes equipos de trabajo implica un incremento en el nivel de complejidad en la gestión de la innovación. El modelo integrado se presenta en la siguiente figura.

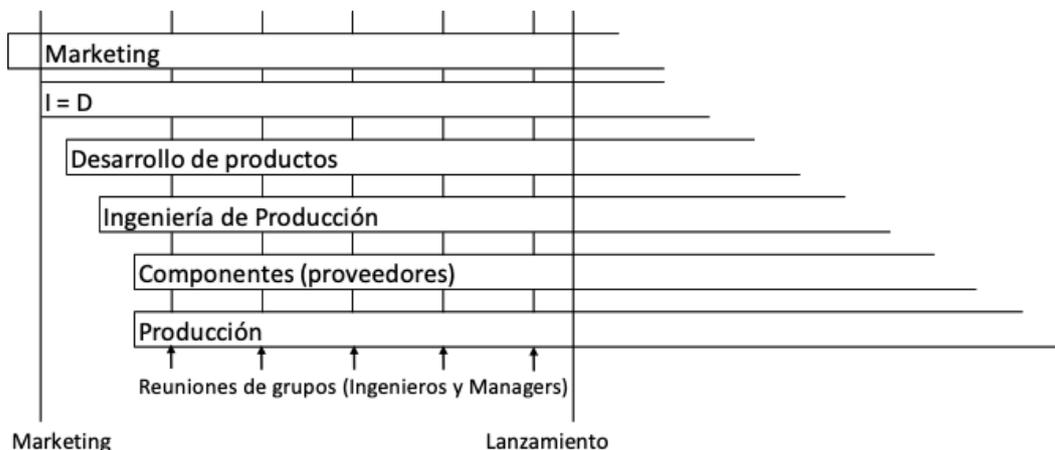


Figura 0-4 Modelo integrado de gestión de la innovación (Ulrich, 2004).

1.7 Organización para la innovación.

Para Hall (1996), las organizaciones son colectividades con fronteras relativamente identificables que cuentan con un orden normativo, niveles de autoridad, sistemas de comunicaciones y de coordinación de membrecías, ellas existen de manera continua en un ambiente y se involucran en actividades que se relacionan con un conjunto de metas. Las actividades tienen resultados para los miembros de la organización misma y la sociedad.

Las organizaciones también pueden verse como sistemas estables integradas por grupos de individuos que trabajan para alcanzar determinadas metas comunes, que se estructuran mediante jerarquías y una división de funciones de la que resulta determinada eficiencia. La estabilidad en los grupos de desarrollo tecnológico resulta de alto grado de estructura en los patrones de comunicación, de manera que una estructura organizacional predecible se obtiene a través de metas predeterminadas, prescripción de roles, estructura de autoridad, reglas y regulaciones, así como de patrones informales (Rogers, 1995).

Para el desarrollo de innovaciones tecnológicas, las estructuras organizacionales se definen a partir de los vínculos organizacionales, agrupando a las personas en término de las funciones que realizan o de acuerdo con los proyectos en tengan en desarrollo, de donde surgen dos tipos de organización:

1. Organizaciones funcionales. Los individuos se agrupan en torno a procesos para los que se requiere determinada preparación.
2. Organizaciones de proyecto. Las personas se agrupan, en torno al proyecto en desarrollo, ya que los individuos aplican su experiencia a proyectos específicos, sin considerar las funciones que desarrollan dentro de la organización.

En ocasiones estas dos clasificaciones se traslapan: los individuos de funciones diferentes, trabajarán en el mismo proyecto, o en algunos casos pueden contribuir a más de un proyecto. Este grupo puede estar involucrado en diversos proyectos, pero no existen vínculos organizacionales permanentes con otros miembros de cada equipo de proyecto. De esta manera una organización de proyecto se constituye de grupos de personas con varias funciones diferentes, en donde cada grupo se enfoca en el desarrollo de un producto específico. La evaluación es realizada por el gerente de proyecto y los miembros del equipo por lo regular se ubican en la misma instalación.

De esta manera, en una organización dedicada al desarrollo de innovaciones tecnológicas, los individuos se agrupan de acuerdo a la función o los proyectos que tengan asignados, constituyendo estructuras matriciales, que son un dispositivo efectivo para el desarrollo de nuevas actividades en las que se presentan múltiples y complejas interdependencias. Este tipo de estructura se utiliza para el trabajo de proyectos, en el que constantemente cambian las salidas o

productos y es adoptada por empresas aeroespaciales, laboratorios de investigación y equipos de consultores (Mintzberg, 208-209). La organización matricial, es un híbrido de la organización funcional y la organización de proyecto en la que los individuos se vinculan entre sí conforme al proyecto en que trabajan y por las funciones que se derivan de su cargo. En general, cada individuo tiene dos supervisores, el gerente de proyecto y el gerente funcional. Ambos gerentes de manera conjunta ejercen el presupuesto, realizan la evaluación y determinan los salarios de sus subordinados.

Otros tipos son la organización de proyecto de peso completo, así como la organización de proyecto de peso ligero, que son dos variantes de la organización matricial (Hayes *et al.*, 1988). La primera contiene fuertes vínculos de proyecto, el gerente del proyecto de peso completo tiene plena autoridad sobre el presupuesto, se involucra en la evaluación del desempeño del equipo y toma la mayoría de las grandes decisiones de distribución de los recursos. Aunque cada participante en un proyecto también pertenece a una organización funcional, los gerentes funcionales tienen relativamente poca autoridad y control. En lo referente a un equipo de proyecto de peso completo en diversas industrias se puede denominar a un equipo de producto integrado, un equipo de diseño de construcción, o simplemente un equipo de desarrollo de producto. Cada uno de estos términos enfatiza la naturaleza interfuncional de estos equipos (Ulrich, 2004). En la organización de proyecto de peso ligero los integrantes tienen vínculos

de proyecto más débiles, mientras que funcionalmente se vinculan formalmente, en este caso el gerente de proyecto es un coordinador y administrador, que no tiene autoridad ni control reales en la organización del proyecto. Los gerentes funcionales son responsables del manejo presupuestal así como de la evaluación de resultados.

En ocasiones se forman equipos con recursos dedicados a un solo proyecto que requiere una atención especial para finalizar un proyecto de desarrollo importante. El equipo corresponde a una entidad organizacional formal, el grupo del proyecto, que tiene un gerente formalmente nombrado. De esta manera la noción de un equipo tiene mucho más significado en organizaciones matriciales y de proyecto que en organizaciones funcionales (Ulrich, 2004).

1.8 Capacidades organizacionales para la innovación.

Las capacidades básicas de una organización consisten en conjuntos de distintos sistemas técnicos, habilidades y sistemas gerenciales, elementos arraigados en los valores. En las organizaciones también se pueden identificar rigideces que inhiben la innovación y presentan a los gerentes de nuevos proyectos de desarrollo de productos y procesos, presentando la paradoja de cómo aprovechar las capacidades básicas sin verse obstaculizados por su lado disfuncional (Leonard-Barton, 1992).

El proceso de creación de creación y evolución de capacidades de innovación en las organizaciones depende de una serie de determinantes internos y externos. Internamente se relaciona

directamente con la formación y experiencia laboral previa del nivel directivo, la calificación profesional del núcleo de operaciones y de otros factores cognitivos y tecnológicos como la formación en el trabajo, la tecnología y las actividades de investigación y desarrollo tecnológico, que en general implican procesos de aprendizaje. Los determinantes externos a la organización consisten en la vinculación con diversos agentes e instituciones. La ubicación geográfica y el contexto en que se desarrolla la organización (Romijn y Albaladejo, 2002: 1056)

La dificultad para crear una cultura organizacional con enfoque en la innovación tecnológica en ocasiones se contrapone a las características estructurales de la organización, particularmente en las organizaciones modernas.

Las capacidades de las organizaciones para integrar, reconfigurar y liberar recursos para igualar e incluso crear un cambio en el mercado son conocidas como capacidades dinámicas y se refieren a la capacidad de una organización para coordinar y redistribuir eficazmente las competencias internas y externas *para lograr la congruencia con el entorno empresarial cambiante* (Teece, Pisano y Shuen, 1997: 515).

La teoría de las capacidades dinámicas comparte el interés de la teoría institucional sobre cómo las prácticas organizacionales se agregan y mantienen en el repertorio cognitivo de las rutinas. Esta teoría también revisa las formas en que la adopción y difusión de normas y valores en el entorno institucional impiden el crecimiento o cómo la legitimidad

institucional puede detener o acelerar el flujo de recursos e información en las organizaciones (Greenwood, Lawrence, y Roy Suddaby, 2008:29).

1.9 Cambio organizacional.

En investigaciones recientes en estudios organizacionales se ha explorado el cambio a partir del análisis de la paradoja y contradicción, ya que permite comprender la ambigüedad y complejidad de la organización (Cameron and Quinn, 1988; Hundsnes and Meyer, 2006; Prekert, 2006; Seo and Creed, 2002; Smith and Tushman, 2005; Smith and Lewis, 2011). En este contexto el cambio organizacional se revisa desde una perspectiva de Foucault, quien considera que contrario a la forma en la que se había concebido a la historia de manera lineal, en realidad se crea a partir de una serie de sucesos que se van conjuntando para provocar un suceso o un hito histórico, constituyendo un proceso no lineal.

Los puntos de vista de Foucault permiten el establecimiento de nuevas conexiones entre conceptos, que ayudan a reformular ciertas preguntas, y permite reconsiderar y abrir nuevos debates. En este caso se usa esta teoría para comprender la dinámica que subyace a las paradojas en el cambio organizacional, a través de un análisis de las micropolíticas de la vida organizacional. El pensamiento de Foucault permite avanzar hacia ontologías de organización/cambio basadas en procesos (Caldwell, 2007), reconociendo el papel central de las paradojas en los ciclos de cambio organizacional.

Según Foucault, la organización es el resultado de un conjunto de fuerzas contradictorias y paradójicas, por lo que evoluciona a través de paradojas y nunca es completamente estable. Los conceptos principales de Foucault apoyan un modelo político y procesual de cambio organizacional que destaca el papel de las paradojas como medio y resultado en la organización de ciclos. Aunque los conceptos de Foucault se utilizan generalmente en aislamiento, en este caso destacan los vínculos entre conocimiento y poder (Foucault, 1997:318-19)".

1.10 Conocimiento.

El primer eje analizado por Foucault (1992, 2005, 2008, 2010) es el conocimiento, que consta de dos polos: el discursivo y el no discursivo. Foucault (2005) examinó por primera vez los efectos sociales del conocimiento producido por las "prácticas discursivas", término que usa para denotar un campo particular de conocimiento. Foucault señala que lo que se acepta como normal, natural y verdadero en la sociedad proviene de formaciones discursivas, regularidades y modalidades enunciativas, que definen qué acciones y verdades son posibles (Willcocks, 2004). Por tanto, el discurso no es solo una forma de comunicarse, también es una forma de clasificar, distinguir y evaluar (Jørgensen, 2001). Implica explicaciones, representaciones y justificaciones del mundo, como lo demuestran los discursos sobre la locura (Foucault, 2010), el castigo (Foucault, 1992) y la sexualidad (Foucault, 2008).

El segundo polo del conocimiento es el no discursivo, que incluye instituciones, arquitecturas, técnicas y tecnologías que se consideran objetos e instrumentos específicos de verificación, explicación y legitimación y que a su vez producen y refuerzan enunciados específicos sobre campos del conocimiento. La interacción de lo discursivo y lo no discursivo produce la realidad, incluidos los objetos y rituales de la verdad. Aplicada en el contexto organizacional, una visión foucaultiana muestra que tanto las prácticas discursivas como las no discursivas transmiten representaciones del cambio organizacional (Leclercq-Vandelannoitte, 2011).

1.11 Poder.

Foucault (1992) reconoció progresivamente las relaciones de poder inscritas en la producción de conocimiento y su encarnación en prácticas tanto discursivas como no discursivas. Más allá de la teoría clásica del poder en la literatura organizacional, que considera al poder como un atributo intangible de ciertos grupos, el objetivo de Foucault era desarrollar una analítica de las relaciones de poder.

Más allá de cualquier visión soberana del poder, como coercitivo y ubicado en manos de algunos, Foucault considera al poder como una red de relaciones, a la que están sujetos todos los individuos (Clegg, 1998; Hardy y Leiba-O'Sullyvan, 1998). El poder pasa a través de los individuos, de modo que las relaciones de poder "no son algo malo en

sí mismas, ni algo de lo que uno pueda o deba emanciparse” (Willcocks, 2004, p. 281).

Una visión foucaultiana revela que la contradicción de poder como medio es dinámica e impregna el cuerpo social, por lo que la dimensión política se vuelve central para el análisis (Leclercq-Vandelannoitte, 2011). Esta perspectiva enfatiza la naturaleza profundamente relacional y evolutiva del poder. El poder es productivo, ya que proporciona la energía, que produce, reproduce y cambia la sociedad y las organizaciones. Por ejemplo, los individuos, los grupos y las organizaciones son producidos socialmente por las relaciones de poder, en las que están enredados, de modo que la realidad y la verdad sociales se construyen y reconstruyen mediante tales relaciones de poder. Además, el poder circula y está íntimamente relacionado con los tipos de conocimiento y la construcción de la verdad. Dado que el poder es eminentemente relacional y cambiante, cualquier producción de conocimiento contiene el potencial de resultados contradictorios.

Una vez que se ha planteado el marco conceptual de la innovación y su relación con la organización, en el siguiente capítulo se presentará lo que para esta investigación es la innovación en las organizaciones gubernamentales.

Capítulo 2. Innovación en organizaciones de la administración pública

2.1 Aproximación a la comprensión del problema de la innovación en organizaciones públicas.

La innovación es un fenómeno de trascendencia mundial que desde diversas perspectivas ha motivado una gran cantidad de trabajos de investigación, en las que se busca explicar particularidades del fenómeno. En este trabajo de investigación se estudia a la innovación desde la perspectiva de los estudios organizacionales a partir de algunas preguntas de investigación ¿Qué significados se atribuyen a la idea de innovación las organizaciones? ¿Por qué es importante para las organizaciones innovar? ¿Cómo se generan las innovaciones en un contexto organizacional?

Se parte del supuesto economicista que las empresas no tienen opción, innovan o mueren, ya que sus fines se enfocan en dominar el mercado. Ese dilema las obliga a incluir dentro de sus estrategias la búsqueda de nuevas formas de hacer las cosas, diversificar sus productos, encontrar nuevos proveedores o fuentes de abastecimiento y nuevos mercados, siguiendo los postulados de Schumpeter (1934). En esos casos la importancia de la innovación para la sobrevivencia y éxito de las organizaciones han sido estudiada desde diversas perspectivas, desde la economía, la administración, la ingeniería, entre otras. En el caso de las organizaciones públicas (OP), cuyas características difieren de las privadas, principalmente en los fines que persiguen, surgen nuevos

cuestionamientos ¿Cuál es el significado que actores otorgan a la innovación? ¿Innovan? ¿Cómo innovan? Cuestionamientos que en la literatura encuentra pocas o respuestas nulas.

Industria México (IM), que es el caso de estudio, es un conjunto de unidades de producción industrial que logró transformarse de un complejo fabril que reproducía productos transferidos por industrias de armamento norteamericanas, europeas y asiáticas, en una organización que logró diseñar un producto e integrar los medios de producción necesarios para satisfacer las necesidades de su mercado, en un breve periodo (entre 2005 y 2006). Ante ello las preguntas son: ¿Cómo una organización, dedicada a la producción industrial bajo patente o a partir de modelos tecnológicos importados, inicia el desarrollo de tecnología propia, desarrolla innovaciones?

De manera que se busca establecer un marco de análisis para el estudio del fenómeno de la innovación. Este debe permitir entender y explicar las implicaciones de la innovación en las organizaciones, considerando que ambos constructos son mutuamente constitutivos (Barley 1986, Scarborough y Corbett 1992, Heller 1994).

La innovación como categoría de análisis organizacional permite una aproximación integral a la comprensión de las organizaciones. Aunque surgen nuevas dudas ¿Cómo los intereses, el poder y el deseo de trascender asociados a los procesos de innovación impactan los elementos concretos de las organizaciones? ¿Cómo se estructuran las

organizaciones para conceptualizar, desarrollar y producir e introducir en el mercado nuevos productos que en un futuro constituyen innovaciones? ¿Qué tensiones y conflictos provoca el desarrollo de innovaciones? y ¿Cómo los actores resuelven estas tensiones y conflictos?

2.2 Descripción del problema. La innovación como problema organizacional.

En base al marco de estudio que es la base para el análisis de lo que se conceptualiza como la innovación tecnológica, se le entiende como un proceso en diversas etapas, en las que se van aglomerando conocimientos, ideas y diversas manifestaciones, a través de una serie de interacciones de diversos actores dentro y fuera de los límites visibles de una organización. Bajo esta conceptualización de la innovación se asume que un diseñador, un inventor, un genio o cualquier persona, trabajando de manera aislada no generan innovaciones. En estos casos, el esfuerzo individual da como resultado un diseño de producto o concepto, un invento o la idea de un nuevo producto, un dispositivo o un sistema, aspecto que forma parte de alguna de las fases del proceso de innovación, se puede concluir que los procesos de innovación se constituyen de múltiples interacciones, por lo que ocurren colectivamente en un contexto organizacional.

Otras características de los procesos de innovación es que amplían los límites a organizaciones, una fábrica dedicada a la manufactura, al emprender el desarrollo de un nuevo producto, involucra a sus áreas

funcionales: ventas, mercadotecnia, compras, ingeniería, producción, mantenimiento, para el desarrollo del nuevo producto. En algunos casos este tipo de organizaciones no cuentan con capacidades para la realización de algunas actividades dentro del proceso, por lo que recurren a la contratación de empresas, personas especialistas, universidades o centros de investigación, para lograr sus objetivos de mejora o diversificación, ampliando de esta manera sus límites y capacidades. Esta expansión en los límites organizacionales, provoca una dinámica nueva en la organización caracterizada por la generación de conocimiento que se agrega al acervo y el incremento en las capacidades.

Se concluye este apartado estableciendo que la innovación en primer lugar se origina en un contexto organizacional, sino existe una organización en la que tenga lugar la innovación, entonces puede ser una invención. Por otra parte, la organización experimenta procesos de cambio al desarrollar innovaciones.

2.3 Contexto del problema. Innovación en IM una organización pública.

La diversidad de organizaciones en México representa un vasto campo de acción para cualquier estudio que se lleva a cabo sobre ellas. Por lo tanto abundan problemáticas que aún no han sido estudiadas, además algunos estudios se desarrollan empleando marcos teóricos o perspectivas que no se adaptan funcionalmente a los que se piensa analizar. Ya que el investigador busca responder a necesidades locales

que se desarrollan en ambientes sociales, culturales y tecnológicos distintos a los que originan esas formas, importadas, de analizar los fenómenos organizacionales.

La importancia del campo de los estudios organizacionales radica en que las perspectivas de análisis y aproximación a la comprensión de las organizaciones, fenómenos y problemáticas asociadas a las organizaciones se desarrollan desde un enfoque amplio o integral y pueden centrarse en las particularidades que presentan.

Las organizaciones del sector industrial, como las fábricas, unidades de producción de diversos productos, tradicionalmente se han estudiado con objetivos focalizados en cumplir objetivos instrumentales como el aumento de eficiencia que permite incrementar la generación de utilidades. En el caso de los estudios de innovación en ese contexto se centran en la búsqueda por aumentar las posibilidades de éxito en los procesos de desarrollo, la reducción de costos de desarrollo y la maximización de beneficios obtenidos al difundir el resultado de la innovación.

Estos estudios se desarrollan desde enfoques o metodologías desarrolladas desde el ámbito de la administración, la ingeniería y en algunos casos desde las ciencias duras. Sin embargo, el presupuesto que guía a este trabajo es que los enfoques de las ciencias sociales pueden ofrecer una mayor comprensión de dichas problemáticas, al integrar diversas visiones multidisciplinarias en las que se busca en

primer término comprender aspectos que quedan fuera de la comprensión de estudios técnicos, funcionalistas o pragmáticos.

Aunado a lo anterior, debe tenerse presente que los resultados de las organizaciones pueden ser positivos o negativos, lo que impacta o influyen en la calidad de vida y el equilibrio de la sociedad, en los individuos y grupos de las organizaciones. Las dinámicas generadas para la generación de resultados influyen directa e indirectamente en los niveles individual y social de todos sus integrantes (Hall, 1996).

Plantear proyectos de investigación que busquen abarcar de forma amplia o integral las diferentes problemáticas planteadas, permitirá generar conocimiento que ayude a encontrar soluciones que impacten de manera positiva en los diversos actores involucrados con el ciclo de vida de un producto. Este ciclo, desarrollado en las organizaciones de fabricación industrial de productos, comprende generalmente el diseño, desarrollo, fabricación, uso y disposición final de un producto, actividades y procesos que se generan a partir de gran número de interacciones entre diversos actores internos y externos a la organización.

En este trabajo de investigación se buscan relaciones del concepto de innovación con aspectos de la vida organizacional, particularmente al cambio en las capacidades para innovar que las organizaciones desarrollan al realizar actividades para la obtención industrial de productos diversos.

2.4 Delimitación del problema.

En el presente trabajo se busca comprender las características del cambio en la organización asociado a un proceso de innovación tecnológica. Esto es la modificación de aspectos concretos y subjetivos en las organizaciones que pueden asociarse con un proceso de innovación tecnológica.

Los procesos de innovación tecnológica, que como fenómenos propios de las organizaciones contemporáneas, se presentan en éstas, bajo esquemas de desarrollo denominados proyectos de desarrollo tecnológico o proyectos de innovación tecnológica.

El trabajo de investigación consiste en un estudio exploratorio mediante un estudio de caso integrado con aspectos de otras metodologías como la fenomenología y el método histórico para acercarse al fenómeno organizacional que constituyen los procesos de innovación tecnológica. En este estudio se asume que los procesos de innovación son desarrollados en forma colectiva, es decir se desarrollan en un contexto organizacional. Para limitar el universo de tipos de organización, el trabajo de investigación se centra en organizaciones públicas en las que generalmente no se han estudiado este tipo de innovaciones.

2.5 El proyecto X.

Este proyecto de innovación fue enriquecedor porque generó un nuevo producto de mayor complejidad tecnológica respecto a los

desarrollados previamente, se obtuvieron diversos subproductos, se emplearon nuevos materiales, se integraron procesos de trabajo novedosos para la organización, se establecieron redes de investigación entre IM y universidades, centros de investigación públicos e investigadores independientes y se crearon nuevas fuentes de abastecimiento.

El proyecto inició con una base humana y tecnológica constituida por los investigadores adscritos al Centro de Investigación (CI); contaban con infraestructura y formas de trabajo para la generación de nuevos productos y resolución de problemas tecnológicos de la organización. Esa base permitió tener la masa crítica del proyecto, es decir, llevar el desarrollo del producto a un punto en el que ya no podía suspenderse.

Durante el proceso se aumentaron las capacidades, se desarrollaron nuevos procesos de trabajo relacionados con cuestiones técnicas del producto, entre los que se encuentran diseño de experimentos, creación de modelos virtuales (generados mediante equipos y programas de cómputo) y físicos que se obtuvieron empleando máquinas de *prototipado rápido*, herramientas manuales y maquinaria industrial. La aplicación de los modelos desarrollados para predecir el funcionamiento del producto, la documentación formal de la secuencia de operaciones necesarias para la obtención de cada uno de los componentes y ensambles del producto.

Surge en la vida de la organización, la necesidad de realizar actividades de protección industrial, proteger las ideas producidas para evitar su uso comercial por parte de competidores. Durante el proyecto se genera nuevo conocimiento que se agrega al acervo de la organización.

En este caso de estudio se busca comprender:

(1) los factores que subyacen a la construcción de condiciones tecnológicas, de infraestructura, humanas y estructurales necesarias para el desarrollo de nuevos productos, el desarrollo de las capacidades organizacionales para innovar, identificar los actores, factores contextuales y momentos clave en el desarrollo de estas capacidades;

(2) identificación de las etapas del proyecto, secuencia de actividades principales, interacciones, decisiones, (*organizing*) en las diversas etapas;

(3) identificación de instituciones que restringen o promueven los procesos de innovación;

(4) influencia de factores contextuales en los procesos de innovación.

Capítulo 3. Metodología del caso sobre innovación

Un trabajo de investigación inicia con el deseo de abordar un aspecto de la vida real. El investigador identifica cierta problemática a resolver y plantea una serie de preguntas que se contestarán en la medida que se avance en el proceso de indagación. Estos cuestionamientos son la base de la que se parte para lograr los objetivos trazados en el planteamiento inicial. Las preguntas de investigación llevan a plantear una estrategia de trabajo que permita desarrollar una investigación sólida.

Al enfocarse en una problemática particular, cada proyecto de investigación se integra de elementos propios, objetivos y alcances específicos determinados por los intereses del investigador. Puede asumirse que todo proyecto de investigación implica, por lo tanto, el desarrollo de una metodología propia diseñada específicamente para cubrir las necesidades del proyecto. Este es el punto de partida de la metodología del presente trabajo.

Considerando que cada proyecto de investigación es único y que requiere una metodología propia, corresponde al investigador idear y desarrollar una estrategia que le permita alcanzar sus objetivos. Las características de los medios de abordaje se definen a partir de los objetivos, alcances y otras características de la investigación.

Como punto de partida del planteamiento metodológico Crotty (1998) plantea realizar algunas preguntas básicas ¿Qué tipo de conocimiento se desea alcanzar con la investigación? ¿Qué características tiene el conocimiento buscado? ¿Cómo se observarán los resultados de nuestra investigación? ¿Y por qué nuestros lectores deben tomar en serio estos resultados? Estas preguntas permiten plantear la perspectiva teórica y la epistemología bajo la que se desarrollará la metodología y los métodos de investigación que se emplearán. Las anteriores preguntas ya fueron formuladas en el capítulo previo.

El trabajo de investigación se materializa mediante procesos de recolección de información, a continuación se realiza el análisis de dicha información para generar el conocimiento buscado y generar nuevas formas de entender la realidad estudiada. Por tal razón es necesario verificar que la metodología empleada y los métodos de recolección de información, así como los instrumentos necesarios para verificar su validez sean consistentes y se encuentren contenidos en una misma matriz teórica del conocimiento. De esta manera el diseño de investigación establece la perspectiva teórica, la epistemología, la metodología y los métodos o técnicas empleados en la investigación (Crotty, 1998).

La postura filosófica del investigador es establecida en la perspectiva teórica ya que proporciona los cimientos en los que se basa la lógica y

criterios del proceso de investigación necesarios para el desarrollo de la metodología. La epistemología establece la teoría del conocimiento que se incorpora a la perspectiva teórica y por lo tanto en la metodología. La metodología constituye la estrategia o plan de acción del proyecto de investigación ya que en ésta, se establecen los métodos de investigación y la forma en que se emplearán para obtener resultados deseados. A su vez los métodos se integran de técnicas o procedimientos empleados en la recolección de datos. En el caso de esta investigación la perspectiva metodológica es el estudio de caso, que será descrito en el siguiente apartado.

3.1 Fundamentos teóricos del enfoque metodológico.

3.1.1 Estudio de caso.

El diseño metodológico de este trabajo de investigación integra como elemento central el estudio de caso que es una metodología que generalmente se emplea para el estudio de fenómenos contemporáneos en un contexto de la vida real y el que los límites entre el fenómeno y su contexto tienden a confundirse.

El estudio de caso se emplea en problemas de investigación en los que la atención se enfoca en un objeto de investigación de forma integral, más que en una selección o conjunto de datos. La información es generada desde múltiples fuentes y se triangulan los datos obtenidos para comprender las dinámicas presentes en determinados contextos. El estudio de caso combina distintos métodos para la recolección de

información con la finalidad de describir, verificar, analizar o generar teoría) que cuenta con un desarrollo previo de proposiciones teóricas en las que se fundan la recolección y el análisis de datos” (Yin, 1994:13).

El método de estudio de caso incorpora teorías existentes, en un proceso inductivo-deductivo, mediante el cual se logra cierta comprensión de la actitud y comportamiento de las personas involucradas en el fenómeno estudiado, recuperando información con mayor amplitud que otros métodos como los estudios basados en encuestas o cuestionarios (Yin, 1989).

Bajo esta metodología se accede a datos e información valiosa para responder preguntas específicas, se consultan fuentes diversas y variadas, tales como registros documentales, entrevistas directas, observación de los participantes y sus interacciones, de los espacios físicos en los que desarrollan sus actividades, así como los objetos físicos que emplean (Chetty, 1996), por lo que es posible dar respuesta a cuestionamientos sobre las causas e implicaciones de determinados fenómenos complejos al permitir la posibilidad de abordar su estudio empleando múltiples perspectivas. Asimismo, el estudio de caso permite estudiar un tema determinado y es ideal para abordar temas de investigación que no pueden ser explicados con teorías existentes (Chetty, 1996). Un aspecto importante en la investigación realizada bajo el estudio de caso es la posibilidad de explorar en forma más profunda

y obtener un conocimiento más amplio sobre cada fenómeno, lo que facilita abordar temas emergentes (Martínez Carazo, 2006:175).

El estudio de caso es particularmente válido cuando se plantean preguntas del tipo "cómo" o "por qué", cuando el investigador tiene poco control sobre los acontecimientos y cuando el tema es contemporáneo. Muchas de las preguntas de tipo "¿qué?" son exploratorias o descriptivas y se contestan realizando encuestas o consultando bases de datos. Las preguntas "cómo" y "por qué" son más explicativas y llevan fácilmente al estudio de caso, la historia y los experimentos, porque tratan con cadenas operativas que se desenvuelven en el tiempo, más que con frecuencias. Los casos y la historia también permiten tratar con el rastreo de procesos (Yacuzzi, 2005:6).

Las preguntas sobre el "cómo" y el "porqué" son especialmente relevantes, porque sus respuestas son las teorías ¿Cómo formular buenas preguntas, entonces? La definición de la pregunta de investigación es casi con seguridad el paso más importante en un estudio de investigación. Yin (1994) establece que el método de estudio de casos es apropiado para preguntas de la forma ¿Cómo? ¿Por qué?, no requiere control sobre los acontecimientos y se concentra en acontecimientos contemporáneos.

El trabajo de investigación se enriquece cuando se fomenta el diálogo entre la epistemología y las acciones de campo, para conocer mejor las

limitaciones de sus enfoques y, en particular, los posibles sesgos de sus supuestos, desarrollos y conclusiones. Dado que la concepción epistemológica del investigador influye sobre el desarrollo de un caso, es valioso que cada estudioso exponga la perspectiva epistemológica que adopta. En efecto, la investigación siempre se realiza dentro de una modalidad de búsqueda específica. En la investigación la base fue lo expuesto en la literatura, posteriormente se hicieron observaciones en la organización y por último se realizaron entrevistas.

3.1.2 Diseño del estudio de caso.

El estudio de caso se integra de cinco componentes fundamentales: las preguntas de investigación, las proposiciones teóricas, la unidad o unidades de análisis, la vinculación lógica de los datos a las proposiciones y los criterios para la interpretación de los datos (Yin, 1989:29-36).

Las preguntas de investigación y las proposiciones teóricas servirán de referencia o punto de partida para la recolección de los datos desde los distintos niveles de análisis del caso y para el análisis posterior de los mismos. Pues tanto las preguntas de investigación como las proposiciones teóricas contienen los constructos (conceptos, dimensiones, factores o variables) de los cuales es necesario obtener información.

Para iniciar el desarrollo del estudio, es necesario establecer la estrategia que se seguirá para recolectará la información y los

instrumentos que se emplearán para la recolección y las fuentes de las que se obtendrá. A continuación se establece la vinculación lógica de la información obtenida con las proposiciones. Finalmente se presentan los resultados de la investigación a través de una serie de conclusiones que conducirían al fortalecimiento de las teorías o de los enfoques insertos en el marco teórico de la investigación.

Las diversas fases del estudio de caso deben establecerse en un protocolo de investigación. En dicho documento se plantean formalmente las tareas, instrumentos y procedimientos que se van a ejecutar, esto fortalece el método de estudio e incide directamente en la calidad de la investigación. El protocolo se convierte en el documento en el que se materializa el diseño de la investigación y las reglas generales y específicas que se deben seguir, ya que constituye el principal instrumento para asegurar la objetividad de este, tanto en función de su fiabilidad como de su validez porque es una guía en el desarrollo de los procedimientos que deben realizarse durante la fase de recolección de evidencia. Los elementos mínimos del protocolo son una semblanza del estudio de caso, las preguntas del estudio de caso, los procedimientos a ser realizados y una guía del reporte del estudio de caso.

El estudio de caso se ajusta a los intereses de la investigación en tanto permite una aproximación a las particularidades del fenómeno social a investigar, que en el caso que fue estudiado para este trabajo

constituyen los procesos de innovación en las organizaciones. Dicho fenómeno se compone de elementos cognitivos, las ideas y significados construidos, así como de elementos materiales conformados por acciones de carácter formal que se ejecutan en el ámbito organizacional.

En el estudio de caso de esta investigación el elemento central del problema de investigación son las dinámicas e interacciones de los individuos en los procesos de innovación y cambio, los significados socialmente construidos por los individuos en dichos procesos y las acciones formales asociadas, la institucionalización de la innovación, que surge como un proceso fundamentado en elementos normativos, reglamentarios, culturales y cognitivos.

3.1.3 Enfoque fenomenológico.

Una de las estrategias metodológicas recomendadas para estudiar los micro fundamentos de la institucionalización, son la fenomenología y la etnometodología, toda vez que permiten la comprensión del orden social a partir de la construcción de significados que se derivan tanto de la acción individual como de la interacción social (DiMaggio y Powell, 1999: 60).

La fenomenología es un método de reflexión acerca de las estructuras básicas de la experiencia vivida de la existencia humana. Se trata de una reflexión sobre la experiencia en que se busca evitar suposiciones de cualquier tipo, inclusive teóricas. Al hablar de experiencia vivida en

fenomenología se asume que existe una reflexión previa de la existencia humana, como si ya se hubiera vivido. Porque al contemplar los fenómenos tal como aparecen, la fenomenología dirige su mirada al origen de los acontecimientos y sus significados, que se van desdibujando con los agregados con el paso del tiempo y por ello resulta necesario aceptar que la fenomenología es más que un método enfocado a obtener respuestas, porque se dirige a la formulación de una serie de preguntas reflexivas y una búsqueda permanente de las fuentes y los significados de la experiencia vivida (Man Vanen, 2014: 25).

La investigación fenomenológica permite explorar experiencias tal como las vivimos, ella se enfoca en conocer aspectos de identidad, esencia o alteridad de un fenómeno o evento (Man Vanen, 2014: 25-27).

El centro de atención en un diseño fenomenológico se encuentra en las experiencias de un individuo. A partir de las experiencias subjetivas individuales se busca tener una comprensión profunda de un fenómeno experimentado por varios individuos, con la finalidad de responder cuestiones relacionadas con la esencia de la experiencia vivida ¿Cuál es el significado, estructura y esencia de una experiencia vivida por una persona, u grupo o comunidad (colectividad), respecto de un fenómeno?

La fenomenología pretende describir y entender las experiencias vividas frente a un fenómeno desde el punto de vista de cada participante y desde la perspectiva construida colectivamente. En este

método de investigación cualitativa, se hace uso, en gran medida, de la intuición y la imaginación para lograr aprehender la experiencia de los participantes al contextualizar sus experiencias y describir los elementos que todos los participantes comparten o tienen en común en dichas experiencias. El objetivo es reducir las experiencias individuales a una descripción de su esencia universal, para lograr la "comprensión de la naturaleza misma de la cosa" (Van Manen, 1990:177).

En un diseño fenomenológico, el investigador identifica un fenómeno o un "objeto" de experiencia humana (Van Manen, 1990:163). A continuación, es necesario recopilar datos de individuos que han experimentado el fenómeno. Con la información obtenida para desarrollar una descripción compuesta de la esencia de la experiencia para todos los individuos, esta descripción consiste en "qué" experimentaron y "cómo" lo experimentaron (Moustakas, 1994).

La fenomenología se basa en gran medida en las aportaciones de Edmund Husserl (1859-1938), Heidegger, Sartre y Merleau-Ponty (Spiegelberg, 1982). Los escritores que siguen los pasos de Husserl también parecen señalar diferentes argumentos filosóficos para el uso de la fenomenología (Moustakas, 1994; en Stewart y Mickunas, 1990; y Van Manen, 1990). Sin embargo, los supuestos filosóficos descansan en algunos puntos en común: el estudio de las experiencias vividas de las personas, la opinión de que estas experiencias son conscientes (van

Manen, 1990) y el desarrollo de descripciones. De las esencias de estas experiencias, no explicaciones o análisis (Moustakas, 1994).

Destacan dos enfoques de la fenomenología: la fenomenología hermenéutica (Van Manen, 1990) y la fenomenología empírica, trascendental o psicológica (Moustakas, 1994). La fenomenología no necesariamente tiene que seguir la práctica estándar de investigación que incluye la recopilación de datos empíricos a través de entrevistas y observaciones. La fenomenología se puede practicar de manera reflexiva sobre temas que pueden requerir un conocimiento fundamental de artes, literatura, experiencias adquiridas a través de viajes, nuevas formas y expresiones de arte creativo y temas que puedan surgir en el desarrollo y encuentro con los nuevos medios, tecnologías, fenómenos y eventos relacionados con Internet, y temas que se presenten en las acciones reflexivas de las prácticas profesionales. El objetivo último de una fenomenología de la práctica es fomentar una medida de consideración y tacto de la práctica profesional en la vida cotidiana (Van Manen, 1990: 31)

Uno de sus principios es el de investigar la experiencia como se vivió, mediante la búsqueda del establecimiento de un contacto renovado con la experiencia original, "volver a las cosas mismas" en términos de Husserl (citado por Van Manen 2015:31). Ir a las cosas mismas invita a buscar la experiencia de las cosas y fenómenos, a reflexionar sobre nuestra conciencia de tales vivencias (Husserl, 1982, p. 252). El proceso

de indagación reflexiva es emplear los existenciales de la relación vivida (relacionalidad), el cuerpo vivido (corporeidad), el espacio vivido (espacialidad), el tiempo vivido (temporalidad) y las cosas vividas y la tecnología (materialidad) para explorar los fenómenos de una manera heurística (Van Manen, 2014: 302). Las nociones de relación vivida, cuerpo, espacio, tiempo y cosas, pertenecen al mundo de la vida de todos, por lo que son considerados elementos existenciales útiles para explorar aspectos significativos de la vida y los fenómenos.

Con la fenomenología trascendental, Husserl se enfocaba en la fenomenología eidética, que tiene como objetivo comprender el significado invariante de un fenómeno (objeto o experiencia) mediante el método eidético de "variación en la imaginación". En ciencias sociales se ha utilizado el concepto de eidética de manera más amplia al incluir objetos empíricos. Virtualmente toda la fenomenología desde Husserl podría llamarse fenomenología empírica, para Schutz (1973) quien con sus casos ejemplifica cómo se puede estudiar fenomenológicamente el mundo social y cultural, desarrolló una sociología fenomenológica que se centró en las estructuras fenomenológicas del mundo de la vida, para comprender la estructura de significado experiencial de un fenómeno que lo hace significativo y distinguible de otros fenómenos (Van Manen, 2014:147).

Una vez analizado los fundamentos metodológicos sobre los que se basa este trabajo de investigación, respecto al proceso de innovación es

pertinente preguntar ¿cómo pueden los elementos existenciales de relación, cuerpo, espacio, tiempo y cosa servir de guía en la exploración de las estructuras de significado de la experiencia de la innovación?

El tema existencial de la relacionalidad puede orientar la reflexión de esta investigación para indagar cómo los actores experimentan el fenómeno que se está estudiando. Al explorar los aspectos relacionales del fenómeno hay que preguntar ¿Cómo están relacionadas las personas o las cosas? ¿Cómo se experimenta el yo en relación? ¿De qué manera se constituye la relación sujeto-objeto? ¿Se experimenta al otro como objeto o en su alteridad? Incluso se puede experimentar al otro en una relación no relacional, como cuando el yo se borra de la relación en experiencias de sacrificio, dedicación total o servicio. Fenómenos como la amistad pueden examinarse por sus cualidades e importancia relacionales. Algunos autores fenomenológicos consideran la relación como el motivo fundamental de su comprensión de los fenómenos humanos (Ibidem, 303).

En la descripción de la experiencia vivida, carece de importancia si la experiencia realmente sucedió exactamente de esa manera, ya que la fenomenología se preocupa menos por la precisión fáctica que por la plausibilidad de una explicación, si es fiel a significado propio se vive de ella (Van Manen, 2014: 314). El significado resulta de la interpretación de una experiencia pasada vista desde el presente, con actitud reflexiva. Mientras el sujeto viva en sus actos, dirigidos hacia los objetos de estos

actos, los actos no tienen ningún significado, las experiencias adquieren significado retrospectivamente, al analizarlas en el presente ubicado en el pasado. Sólo las experiencias que pueden ser recogidas más allá de su actualidad y que pueden ser cuestionadas sobre su constitución son subjetivamente significativas. (Schutz, 1973, Vol I: 210; citado por Van Manen, 2014:147)

En la investigación fenomenológica la atención se centra en la descripción de experiencias de los participantes, se dejan a un lado las interpretaciones del investigador. También es necesario que el investigador deje de lado sus experiencias para tomar una nueva perspectiva hacia el fenómeno bajo examen, siguiendo la idea de Husserl, de poner en corchetes la experiencia propia. Así que "trascendental" significa "en el que todo se percibe como nuevo, como si fuera la primera vez" (Moustakas, 1994, p. 34). Resulta complicado desprenderse de experiencias y formas de ver la vida, para poder observar la experiencia vivida sin los prejuicios derivados de los antecedentes del investigador. Por lo que se recomienda que al iniciar el proyecto el investigador describa sus experiencias relacionadas con el fenómeno delimitándolo con sus puntos de vista antes de continuar con las experiencias de los demás.

En términos generales una investigación fenomenológica consiste en identificar un fenómeno para estudiar, poner entre corchetes las propias experiencias y recopilar datos de varias personas que han

experimentado el fenómeno. A continuación, el investigador analiza los datos reduciendo la información a declaraciones o citas significativas y combina las declaraciones en temas. A continuación se desarrolla una descripción textural de las experiencias, que describe lo que experimentaron los participantes frente al fenómeno de estudio, una descripción estructural de sus experiencias que explica las experiencias en términos de las condiciones, situaciones o contexto y una combinación de la textura y descripciones estructurales para transmitir una esencia general de la experiencia. Un esquema de investigación fenomenológica puede desarrollarse bajo un proceso de siete etapas (Moustakas, 1994):

1. Determinar si un problema de investigación puede desarrollarse a partir del análisis de las experiencias comunes o compartidas de varios individuos sobre un fenómeno.
2. Los investigadores escriben sus experiencias, situaciones y contexto que tengan relación con el fenómeno que se desea estudiar.
3. A continuación, es necesario establecer y especificar los supuestos filosóficos generales de la fenomenología que servirán como basamento del estudio.

4. Recopilar datos de las personas que han experimentado el fenómeno. Se emplean principalmente entrevistas a profundidad.
5. Indagar sobre la experiencia vivida. Cuestionar a los entrevistados sobre las experiencias relacionadas con el fenómeno de estudio, el contexto o situaciones que han influenciado sus experiencias del fenómeno. Se busca que la recopilación de datos conduzca a una descripción textual y una descripción estructural de las experiencias y proporcione una comprensión de las experiencias comunes de los participantes.
6. Análisis de datos fenomenológicos. A partir de las transcripciones de las entrevistas, se revisan los datos y se señalan oraciones o citas que facilitan la comprensión de las experiencias individuales frente al fenómeno. Esta etapa es conocida como horizontalización (Moustakas, 1994). A continuación, el investigador desarrolla grupos de significado a partir de las declaraciones significativas. Las declaraciones significativas y temas importantes se utilizan para escribir una descripción textual de lo que experimentaron los participantes. El investigador también elabora una descripción del contexto o entorno que influyó en cómo los participantes experimentaron el fenómeno, llamado variación imaginativa o descripción estructural.

7. A partir de las descripciones estructurales y texturales, el investigador luego escribe una descripción compuesta que presenta la "esencia" del fenómeno, llamada estructura (o esencia) esencial e invariante. Principalmente este pasaje se enfoca en las experiencias comunes de los participantes, encontrar en las experiencias comunes vividas la estructura subyacente. La descripción resultante permite comprender los significados de la experiencia vivida en un texto descriptivo que permite entender mejor cómo es que alguien experimenta el fenómeno estudiado.

En este trabajo la fenomenología se usó en el proceso de las entrevistas a fin de que los entrevistados compartieran sus propias vivencias de manera libre. El otro uso fue en la interpretación de las entrevistas, porque de ellas se derivaron conclusiones que no se tenían presentes al inicio de la investigación.

3.1.4 Mecanismos de validación de datos.

Los procedimientos de validez permiten establecer la fiabilidad del estudio, en este aspecto es necesario puntualizar que los criterios de validez no califican los datos obtenidos, sino las inferencias extraídas de ellos en el proceso de investigación.

Para determinar la validez en la investigación cualitativa, se emplean procedimientos que incluyen la verificación de miembros, la triangulación, la descripción detallada, las revisiones por pares y las

auditorías externas. Los investigadores emplean uno o más de estos procedimientos e informan los resultados en el informe de resultados de sus investigaciones.

Los investigadores cualitativos usan lentes de validez no basados en puntajes, instrumentos o diseños de investigación, es aceptado validar las inferencias usando las opiniones de personas que conducen, participan o leen y revisan un estudio, ya que los investigadores, entrevistados y personas ajenas determinan la credibilidad del estudio.

Los investigadores determinan cuánto tiempo permanecen en el campo, si los datos están saturados para establecer buenos temas o categorías, y cómo el análisis de los datos evoluciona en una narrativa persuasiva. Se revisan los datos en varias ocasiones para ver si las construcciones, categorías, explicaciones e interpretaciones tienen sentido.

Es importante que los investigadores informen sus creencias, valores y prejuicios que pueden influir en el desarrollo de la investigación. Reconocer y describir sus creencias y prejuicios personales al principio del proceso de investigación permitirá que los lectores comprendan sus posiciones iniciales, posturas que podrán cambiar a medida que avanza el estudio. En este procedimiento de validez los individuos reflexionan sobre las fuerzas sociales, culturales e históricas que dan forma a su interpretación. La reflexividad del investigador puede establecerse en un apartado, mediante la descripción de experiencias

personales o en comentarios interpretativos que se expresen a lo largo de la discusión de los hallazgos (Moustakas, 1994).

Al obtener evidencia a través de múltiples métodos tales como observaciones, entrevistas y documentos uno de los procedimientos de verificación de validez empleados consiste en la triangulación. Este consiste en un proceso sistemático de clasificación de información mediante el que se encuentran temas o categorías comunes mediante la eliminación de elementos superpuestos a éstas.

Los participantes constituyen una lente para establecer la validez del estudio, porque evalúan si las interpretaciones los representan con precisión. Esta lente opera bajo el supuesto de que la realidad está construida socialmente y es, lo que los participantes perciben que es. La comprobación por los miembros, como procedimiento de validez, consiste en presentar datos e interpretaciones a los participantes del estudio para que puedan confirmar la credibilidad de la información y el relato narrativo. Con la lente enfocada en los participantes, los investigadores verifican sistemáticamente los datos y la narración, este procedimiento es crucial para establecer la credibilidad en un estudio (Lincoln y Guba, 1985:314).

Una tercera lente puede obtenerse de individuos externos al estudio, quienes constituidos como revisores ajenos al proyecto pueden desde sus perspectivas generar opiniones que permitan verificar la validez del estudio. Entre estos pueden encontrarse pares del investigador,

expertos en el fenómeno estudiado o, como en el caso que ocupa, actores de la organización en que se desarrolla el trabajo de investigación.

En la investigación del estudio de caso la verificación se llevó a cabo mediante el uso de diversos métodos, como la revisión de la documentación y la observación y las entrevistas. Respecto a las entrevistas fueron seleccionados informantes con características divergentes, con la finalidad de garantizar en la medida de lo posible varias perspectivas sobre el proyecto X.

3.2 Supuestos paradigmáticos.

Los supuestos o visiones del planteamiento teórico de los investigadores influyen de manera determinante en la elección de los procedimientos de validez (Guba y Lincoln, 1994). Predominan tres posiciones en la elección de los procedimientos de validez de los investigadores: postpositivista, constructivista e influencia crítica. Los supuestos en los que se basan están asociados con diferentes momentos históricos en la evolución de la investigación cualitativa (Denzin y Lincoln, 1994).

El paradigma postpositivista surgió en la década de los años setenta y la investigación cualitativa consiste en métodos rigurosos y formas sistemáticas de investigación. En esta perspectiva filosófica las personas que reconocen y apoyan la validez, buscan su equivalencia

cuantitativa y emplean activamente procedimientos para establecer la validez utilizando protocolos específicos.

El paradigma constructivista o interpretativo surgido entre 1970 y 1987, integra perspectivas pluralistas, interpretativas, abiertas y contextualizadas (sensibles al lugar y la situación) para aproximarse a la realidad. Sus procedimientos de validez presentan criterios de equidad, amplía las construcciones personales, conduce a una mejor comprensión de las construcciones de otros, estimula y potencia la acción.

La perspectiva crítica. Surgió durante la década de 1980 como la "crisis de representación" (Denzin y Lincoln, 1994:9). Como desafío y crítica del estado moderno, la perspectiva crítica sostiene que los investigadores deberían descubrir los supuestos ocultos sobre cómo se construyen, leen e interpretan los relatos narrativos. Lo que rige la perspectiva sobre las narrativas es la situación histórica de indagación, una situación basada en los antecedentes sociales, políticos, culturales, económicos, étnicos y de género de las situaciones estudiadas. La implicación para la validez de esta perspectiva es que la es cuestionada, ya que se cuestionan sus supuestos y los investigadores deben ser flexibles y revelar lo que aportan a una narración.

En este caso, la perspectiva crítica fue de utilidad para analizar los relatos oficiales sobre el proyecto X. Dicha noción permitió tener

presente que el relato oficial buscaba establecer una versión de la historia reelaborada, que no era cercana a la realidad.

3.3 Estrategia de investigación.

El estudio de caso es un abordaje metodológico cualitativo mediante el cual es posible acotar un problema de investigación, un caso, en determinado periodo, a través de una recopilación de datos detallada y profunda en múltiples fuentes entre las que sobresalen la observación participante, entrevistas, revisión y análisis de material audiovisual como videos, audios y documentos como textos históricos, memorias institucionales, informes, documentos normativos. (Creswell, 2007:73)

En esta investigación se inició con una revisión del desarrollo histórico de la organización, el análisis histórico del desarrollo de capacidades organizacionales para innovar, la creación del equipo de trabajo. La reconstrucción del proceso de desarrollo a través de la recuperación de eventos significativos del proceso de innovación, a partir de la narrativa de cada uno de los participantes.

La reconstrucción colectiva del proceso se genera a partir de la confrontación de visiones de los actores involucrados en las actividades y roles desempeñados. Un aspecto a considerar en esta etapa del proyecto es que, si bien los actores participaron en la primera parte del proyecto, cada entrevistado se enfocó en ciertas actividades en particular. Lo que en términos generales podrá dar luz de cómo se

desarrollaron las actividades del proceso. Esto también permitió verificar el desarrollo de actividades, en diferentes tiempos y lugares.

Se emplearon como fuentes primarias entrevistas, revisión de documentos y bitácoras de los entrevistados. También se revisaron algunos documentos de trabajo, bitácoras y registros personales que proporcionaron los actores.

Por otra parte fueron diseñadas entrevistas semiestructuradas cuyo objetivo primordial consistía en conocer la conceptualización individual del proceso de innovación, los roles desempeñados, la interacción con otros miembros del equipo en los espacios físicos y temporales, el registro de diferencias culturales, campos profesionales, actitudes y sentimientos, así como las lógicas institucionales relacionadas con su actividad.

La investigación se plantea con enfoque interpretativo y colaborativo para tener la capacidad de aprender a partir de la experiencia subjetiva de los individuos, entender las vías en las que los actores crean, interpretan y dan sentido a el mundo en el que trabajan y viven, a partir de la expresión de sentimientos, reflexiones y actitudes, manifestados en los recuerdos del fenómeno experimentado. Esta forma de investigar permite a los participantes encontrar y usar sus voces para ser capaces de expresar sus sentimientos, recuerdos y reflexiones de una experiencia organizacional, cuando puede ser difícil hacerlo en otras circunstancias.

El análisis documental de memorias, textos institucionales disponibles, así como de documentos internos, en los que han quedado registradas las particularidades de cada proyecto, proporcionó información que permitió esquematizar y realizar cruces de información, con la proporcionada en las narrativas de los diversos actores.

A través de la interpretación de la información recopilada en los documentos disponibles, así como la recolectada en las entrevistas realizadas, se esquematizan las características generales del campo organizacional y el establecimiento de la génesis y evolución de las capacidades organizacionales para innovar, los resultados obtenidos.

en este proceso se someten a estudio elementos existenciales de los participantes: las relaciones vividas (relacionalidad), el cuerpo vivido (corporeidad), el espacio vivido (espacialidad), el tiempo vivido (temporalidad) y las cosas vividas y la tecnología (materialidad) (Van Manen, 2014: 302), se desea acercarse a la comprensión de:

(1) los factores fundamentales, centrales e invariantes en la construcción de condiciones materiales y estructurales para el desarrollo de una innovación. El desarrollo de las capacidades para innovar, identificar los actores, factores contextuales y momentos clave en el desarrollo de estas capacidades;

(2) Las etapas del proceso de innovación, secuencia de actividades principales, interacciones, decisiones, formas adoptadas por la organización (*organizing*) en las diversas etapas;

(3) factores contextuales que subyacen a los procesos de innovación.

3.4 Unidad de análisis y objeto de estudio

El objeto de estudio es una representación de la realidad, dicho objeto es construido mediante un conjunto de dispositivos metodológicos como el análisis de los procesos de toma de decisiones, de cooperación, la estructura informal y muchos otros, a través de los cuales se busca comprender un fenómeno a partir de la representación parcial de dicha realidad. Es un dispositivo del investigador construido para establecer características ideales del momento de la realidad que se busca representar. Se trata de una construcción sociológica y sus características definidas difieren en cierta medida con la realidad estudiada. Desde el campo de los estudios organizacionales, la construcción del objeto de estudio toma como elemento central la organización. En este campo del conocimiento los objetos de investigación pretenden representar o reconstruir parte de la realidad de una organización, sus objetos de estudio permiten la comprensión aspectos particulares y de fenómenos que se hacen presentes en las organizaciones bajo determinadas condiciones.

En este trabajo de investigación el objeto de estudio son los procesos de innovación tecnológica. Se busca comprender la importancia de los

aspectos subjetivos en el desarrollo de innovaciones al interior de las organizaciones: significados construidos, ejercicio del poder y asociados a los procesos de innovación.

La unidad de análisis es el Proyecto X, a través de que se constituyó una organización temporal de individuos y recursos de diversas áreas funcionales de la organización que durante cierto periodo desarrollaron actividades encaminadas a lograr un fin común: la obtención del Producto X. En el proyecto participaron actores de diversos niveles dentro de la estructura formal de la organización, como son el nivel directivo, línea media y núcleo de operaciones.

3.5 Método.

El método de trabajo consiste en siete pasos:

1. Recolección de información. La recolección de información del caso comprendió la realización de entrevistas a los actores involucrados en el proyecto de innovación tecnológica. Para contextualizar el trabajo se realizó una consulta documental de textos históricos, memorias institucionales, información proporcionada por los informantes.
2. Análisis de entrevistas en profundidad. Identificación de códigos (temas relacionados con innovación, liderazgo, esfuerzos de cambio, procesos organizacionales para el desarrollo de capacidades de innovación, objetivos de innovación y eficiencia, estrategias de gestión, cultura y estructura.

3. Análisis histórico de generación de innovación. Identificación del periodo en que la organización experimenta un proceso de cambio continuo (no planeado), asociado al desarrollo del proceso innovador. dio como resultado el agrupamiento de los eventos en cinco etapas (1) génesis o conformación de capacidades organizacionales (humanas y materiales) base, (2) generación de la idea potencial, (3) generación de la masa crítica de apoyo al proyecto, (4) materialización del proyecto, (5) conclusión del proyecto (formal y real).
4. Descripción detallada del caso. Descripción los esfuerzos de cambio que estaban teniendo lugar en ese momento, la nueva estrategia que se estaba introduciendo y otros factores contextuales relevantes (historia de la organización, cultura y valores integrados) que informaron análisis posteriores en términos de la gestión de las tensiones de innovación-eficiencia.
5. Exploración de las dimensiones y propiedades de categorías y conceptos emergentes. Se identifican vínculos entre temas, contextos, patrones de interacción y causas.
6. Identificación de las diferentes interpretaciones de las tensiones en el contexto de aspectos particulares de la orientación de la organización. Siendo estas las actividades de fabricación rutinarias contra la exploración de nuevas oportunidades o innovación a nivel organizacional (equipo de diseño inicial, mandos intermedios y altos directivos).

7. Vinculación de diferentes interpretaciones de la experiencia del proyecto de innovación. Las tensiones asociadas con la forma en que los actores resolvieron estas tensiones, buscando explicar cómo se resolvieron las tensiones en cada organizacional. Comparar los hallazgos con la teoría existente para un análisis teórico en torno a dos ejes principales: innovación y la gestión de tensiones derivadas y el cambio observado.

Capítulo 4. Análisis de un proyecto de innovación en una organización pública.

4.1 Contextualización del estudio de caso.

En este apartado se describen algunos de los factores contextuales que circundan a un proceso de innovación en una organización dedicada a la fabricación industrial de productos de defensa identificada como IM⁵, organización que es parte de una de las Secretarías de Estado de la Administración Pública Federal.

Los antecedentes históricos de IM se remontan a la época virreinal, en que se hizo necesaria la implementación de los primeros procesos de fabricación de armamento y la construcción de las primeras instalaciones con ese fin, se crean las primeras maestranzas y se construye la fábrica de Pólvoras. De forma que durante la Colonia, la Nueva España era autosuficiente en cuestión de armamento. Durante el siglo XIX, derivado de la inestabilidad social y política existió una fuerte dependencia de las importaciones de otros países, especialmente de Estados Unidos, a partir de la segunda mitad del siglo XIX. Además, a partir de 1881 y hasta el final de su administración, Porfirio Díaz enfocó la inversión pública hacia otras áreas tecnológicas,

⁵ IM es la encargada de producir, ensamblar y mantener el material de guerra, maquinaria, vehículos militares y demás equipo militar e industrial (SEDENA, REG. INTERIOR).

lo que frenó el desarrollo de la industria militar y sólo se mantuvieron en funcionamiento pequeños talleres.

En septiembre de 1916, Venustiano Carranza decretó la creación del Departamento de Establecimientos Fabriles y Aprovisionamientos Militares, una entidad gubernamental descentralizada en la que quedaron agrupados organismos que en su mayoría eran talleres de reparación de armamento, municiones, elaboración de pólvoras, entre otros. El propósito del régimen revolucionario era lograr la autosuficiencia en la producción de armamento y equipo militar (Plascencia de la Parra, 2010:13), que a finales de la revolución mexicana se volvió crítica para el gobierno en turno, ya que en este tipo de materiales se dependía totalmente del extranjero, particularmente de los Estados Unidos de Norteamérica.

Entre 1946 y 1947 se generaron cambios estructurales y organizacionales importantes y se agregaron las funciones sustantivas, investigación y desarrollo tecnológico para el mejoramiento de material de guerra, la diversificación de productos y servicios, entre los que se encontraba fabricar y reparar maquinaria, equipo e implementos agrícolas (memorias institucionales). Esto llevó a que cambiarán de denominación diversas factorías y se crearán la Fábrica de Municiones de Artillería, el Laboratorio de Pruebas, la Planta Experimental de Sosa, Cloro y Derivados y la Fábrica Nacional de Municiones Deportivas. En 1947 se decretó la creación del

Departamento de Industria Militar (DIM), autónomo hasta el 15 de septiembre de 1977 en que pasa a depender administrativa y presupuestalmente de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA, 2016:195).

Entre 1977 y 1990 entre las funciones del DIM se encontraban las de diseñar, fabricar y reparar maquinaria y equipo, así como realizar investigación tecnológica para mejorar sus productos. Los ingenieros egresados de la Escuela Militar de Ingenieros (EMI) se encargaban de la dirección, control y supervisión de las actividades fabriles, tanto técnicas como administrativas y participaron en el proceso de transferencia tecnológica mediante el que se inició la fabricación de armamento de una empresa europea, que en este trabajo denominaremos GH (SEDENA, 2016:196; Jesús, Pedro, comunicación personal).

En este periodo también se modernizaron algunos procesos mediante la importación de maquinaria para la fabricación de municiones, así como de herramientas. También el DIM estableció convenios de colaboración con empresas para la integración de vehículos blindados ligeros. Otro proyecto de cierta relevancia se presentó en 1979 mediante el que se pretendía desarrollar diseñar y fabricar un cohete tierra-tierra, del que se probaron algunos prototipos pero para finales de los 80s se canceló (SEDENA, 2016:197-200).

Las instalaciones del DIM, fueron clausuradas el 22 de septiembre de 1990 debido a que se detectaron procesos contaminantes, con este motivo se concluyó la relación laboral con el personal civil que integraba el sindicato de la Industria Militar. Hasta ese momento solo el nivel directivo, los jefes de fábrica y los obreros de la Fábrica de Pólvoras eran militares (SEDENA, 2016).

El 13 de septiembre de 1991 se creó la Dirección de Fábricas (DIFA), con todas las instalaciones, maquinaria y equipo que antes conformaban el DIM. El personal militar adscrito al DIM continuó laborando en la Dirección creada y se “reclutaron” técnicos y obreros. En este proceso se buscó dar prioridad a los antiguos obreros para conservar el conocimiento tácito del DIM, desafortunadamente a pesar de ese esfuerzo se perdió buena parte del mismo. Los pocos operarios que aceptaron continuar laborando, fueron contratados como militares y se les asignaron sus grados conforme al lugar que ocupaban en el escalafón del DIM (SEDENA, 2016).

De acuerdo con lo planteado en este apartado, ha sido largo y complejo el proceso que le ha llevado al país tener una Industria Militar. En el aspecto positivo se ha logrado un cierto nivel de institucionalización y consolidación, pero también se han perdido algunos elementos valiosos, como ocurrió en el proceso de desaparición del DIM.

4.2 Desarrollo y evolución de capacidades para la innovación en IM.

El cierre de los complejos fabriles en 1990 reflejó en gran medida la situación social y técnica en la que se encontraba la industria militar en México. La obsolescencia de los procesos productivos y la falta de atención al impacto en el medio ambiente, generaron las condiciones que motivaron y justificaron la clausura de algunas de las unidades de producción. Esa situación se buscó subsanar con la decisión de concluir la relación laboral con el núcleo de operaciones y mandos medios que se encontraban agrupados en el Sindicato de Trabajadores del Departamento de Industria Militar. Los líderes de esta agrupación sindical tenía una gran influencia, en el control de operaciones, ejercicio del presupuesto y administración de las unidades fabriles, aspectos que se reflejaban en las precarias condiciones de las instalaciones, en los atrasos en los programas de producción -que se traducían en adeudos de armas y municiones y que finalmente afectaban los programas de adiestramiento y operaciones del Ejército-, se observaban en la mayor parte de las áreas fabriles y se atribuían a la flojera sistemática (Taylor, 1911). El conocimiento y dominio de las actividades fabriles daban al obrero, el poder de decidir el orden y los tiempos de realización (Hernandez y Ramirez, 2010:64), lo que significaba una gran incertidumbre para el ápice estratégico.

Para 1990 el DIM tenía importantes adeudos de armas, cartuchos y granadas de diversos calibres a la Secretaría, situación que fue heredada a la DIFA recién creada. Al concluir la relación laboral con el

sindicato, que agrupaba a la mayoría del personal del núcleo de operaciones, se perdió gran parte de la información técnica de los diversos procesos. Los jefes de taller y obreros más calificados conocían a detalle los diversos procesos y de alguna manera se habían asegurado que el acervo técnico permaneciera en su poder y fuera transmitido entre generaciones en forma verbal y mediante la práctica diaria. Ese conocimiento tácito nunca estuvo en poder del personal militar, salvo algunas excepciones en que algunos ingenieros militares que se involucraron en algunos procesos de mantenimiento de armamento, fabricación de componentes para armas y municiones y los riesgosos procesos de carga de explosivos y propulsores.

Los problemas técnicos con los productos y el desconocimiento de la tecnología incorporada en cada producto, así como de las rutinas de fabricación, aunado a la falta de experiencia de los ingenieros en la administración de operaciones, provocó condiciones laborales complejas. Los ingenieros militares, ahora a cargo de las operaciones, se encontraron saturados de actividades, sin tiempo para investigar, para mejorar productos o desarrollar proyectos, trabajaban en horarios extendidos, buscando como hacer funcionar y mantener en operación maquinaria y equipo en su mayoría obsoleto.

La falta de preparación del ápice estratégico, en aspectos de administración de recursos humanos que no tenían una formación castrense -civiles-, llevó a la implementación de sistemas

administrativos, rutinas y formas de trabajo propias de las unidades de combate, sin considerar las diferencias en cultura y aspectos de escolaridad con el personal que buscaba laborar en las áreas productivas de IM, en las que laboraban obreros y técnicos que contaban con estudios de secundaria o estudios de nivel medio superior con especialidades de aplicación industrial -técnicos en maquinas herramientas, en dibujo mecánico, en procesos industriales, químicos, tratamientos químicos y superficiales, metalurgia, entre otras especialidades- y buscaban hacer carrera en las fábricas de la Secretaria. La clasificación del personal considerando su posición en la escala jerárquica del ejercito y no su preparación profesional o técnica, motivaron diversos conflictos. Ya que en el ápice estratégico todos eran considerados "soldados" y por lo tanto merecedores de los mismos beneficios, no había diferencia entre el personal de técnicos calificados que realizaban actividades productivas y aquellos soldados de las unidades que realizaban labores de adiestramiento u otras actividades netamente militares (Pedro, comunicación personal).

El cambio de régimen provoco diversas disfuncionalidades que se traducían en ausentismo, y en algunos casos desertión que dentro del régimen militar constituye un delito. La fatiga física y nerviosa provoca enfermedades, accidentes de trabajo y en gran medida producción defectuosa. Se sutituia a un obrero con cierto nivel de profesionalización por otro no cualificado en un momento en que se

tenían adeudos heredados de administraciones anteriores y crecientes demandas de productos de defensa (Pedro, comunicación personal).

En esta primera etapa se buscaba establecer cierto orden, porque se tenía como prioridad el adoctrinamiento⁶, disciplina, orden y limpieza, características en las unidades militares. Esa posición se contraponía a la herencia cultural de la organización, que además ponía en énfasis en el mantenimiento de la técnica y seguridad del trabajador en los diversos procesos.

La constante rotación de obreros, durante los primeros cinco años de la década de los noventa, obligó a establecer programas de reclutamiento y actividades de capacitación, para la captación de personal se realizaba promoción -se abrían bolsas de trabajo- en escuelas de nivel medio superior.

La puesta en marcha de IM en su nueva situación experimenta cuatro grandes procesos:

1. Se realiza capacitación intensiva del personal reclutado: pasaban a laborar en áreas de manufactura, control de calidad y mantenimiento, con la capacitación y conocimientos adquiridos en los cursos introductorios y en la práctica diaria,

⁶ Proceso constructivo y de adaptación en el que el recluta se ve alejado de su individualidad para formar parte de un grupo que tiene valores y actitudes definidas, cada individuo se ve expuesto a diferentes fuentes de estrés, como la intensa actividad física y falta de descanso, la primera etapa se le conoce como despluralización.

gran parte del personal desertaba en periodos máximos de 3 años.

2. Con la reapertura de fábricas, los ingenieros militares, ahora responsables directos de la administración y operaciones fabriles, empiezan a involucrarse de manera más directa en las actividades de IM. En muchos casos los ingenieros militares eran supervisores, coordinadores y ejecutores.
3. La tecno estructura se enfocó en buscar formas de aumentar los volúmenes de producción y diversificar los productos. El cambio tecnológico en el equipo empleado por las unidades del Ejército, usuarios de los productos de IM, obligó a buscar vías de actualización y diversificación de productos.
4. La necesidad de cubrir mayores volúmenes de producción, mejorar los productos actuales e incorporar nuevos productos al catálogo, constituyeron las principales problemáticas de la organización en la década de los años noventa. A esto se agregó la fuerte competencia a nivel internacional entre las compañías fabricantes de armas y municiones, dificultades en la adquisición de materias primas que en general se obtenían en el mercado internacional, reducción presupuestal constante y una marcada rotación de personal derivada de las condiciones de manejo de personal a que se sujetaban los técnicos y obreros.

La búsqueda de medios de actualización y diversificación de productos, la actualización o mejora de procesos, así como la búsqueda constante de eficiencia en los diversos procesos, constituyó un imperativo para los ingenieros militares.

La organización ha desarrollado estrategias para solventar diversas problemáticas que se presentan y que dificultan el cumplimiento de sus objetivos. Sus productos en la mayoría de los casos presentan cierto grado de obsolescencia, comparados con los empleados por ejércitos de otros países, con tecnología adquirida en Estados Unidos, Europa y China. Los productos de IM surgen de tecnologías que los países originarios desarrollaron para emplearse en la Segunda Guerra Mundial y en los conflictos de la década de 1960 (SEDENA, 2016; Jesús, Azteca, comunicación personal).

La tecnología de los productos de IM, así como los recursos con que contaba a finales del siglo pasado derivan fundamentalmente de dos etapas de transferencia tecnológica:

1. En una primera etapa, desde finales del siglo XIX hasta mediados del siglo XX, como parte de contratos de adquisición de armas individuales y colectivas. En ese momento los proveedores transmitieron conocimientos mediante capacitación, herramientas y refacciones para mantener las armas en operación;

2. En una segunda etapa, que inicia a finales de la década de los sesentas, se adquirió maquinaria, herramienta y materiales, así como la información técnica necesaria para la obtención manufactura de armamento individual en serie mediante transferencias tecnológicas.

Ahora bien, la actualización de productos, la necesidad de diversificarlos para estar en condiciones de cubrir nuevas necesidades, aumentar los volúmenes de producción, mientras se reducen los recursos asignados para el cumplimiento de sus programas, constituyen, en la propuesta de Schumpeter (1934), fuentes de innovación.

IM en 2005 contaba con una estructura administrativa en la que en el ápice estratégico se encontraba un director y subdirector general. Estos cargos se asignaban a militares de la máxima jerarquía quienes se formaban profesionalmente dentro del sistema educativo militar. En los noventa quienes ocuparon estos cargos no contaban con estudios de posgrado -realizados fuera del sistema educativo militar-, hasta 2001 que Moises asumió el cargo, se tuvo un director que contaba con estudios de posgrado en administración y alta dirección (Ulises, comunicación personal).

La dirección general contaba con un grupo de asesores en aspectos jurídicos, control presupuestario y evaluación del desempeño. En un siguiente nivel se encontraba el nivel directivo, en éste, el Director Técnico (Gabriel) se encargaba de coordinar las acciones de las

Unidades de Producción (UPs) y supervisar el cumplimiento de los programas de producción. Gabriel era jefe inmediato de los jefes de las UPs.

La tecnoestructura se integraba por organismos que proporcionan apoyo en aspectos de especialidades técnicas, entre los que sobresalía el Laboratorio, que se encargaba de determinar características físicas y químicas de materias primas y componentes producidos. Al inicio de los procesos productivos en el se verifica que las materias primas adquiridas cuenten con las especificaciones técnicas. Durante la materialización de rutinas de fabricación el laboratorio apoya en la verificación de propiedades químicas, físicas y dimensionales de los subproductos. Al finalizar el proceso en el se validan las características del producto terminado formalmente descritas en la documentación técnica. Durante el desarrollo de nuevos productos el Laboratorio proporciona servicios al Centro de Investigación (CI) o Unidades de Producción (UPs) en determinación fisicoquímica de materiales y en el análisis dimensional de algunos componentes (SEDENA, 2015:91-93), actividades básicas en los procesos de ingeniería inversa (Chifofsky, 1990).

Dentro de la tecnoestructura se ubica la Unidad de Investigación (UI), creada en mayo de 2002 para e realizar y coordinar actividades de investigación aplicada en temas relacionados con armamento, municiones y materiales propios de la IM; específicamente desarrollar

nuevos productos, participar en la mejora de productos y procesos, realizar análisis de falla y peritajes en productos de IM, además de proponer acuerdos colaboración con instituciones dedicadas a la investigación científica y tecnológica (SEDENA, 2015; 82).

El núcleo de operaciones, lo constituyen diversas UPs encargadas de la manufactura de los diversos productos de IM: armas individuales⁷, municiones o cartuchos y granadas en varios calibres y tipos, mantenimiento de vehículos blindados⁸. Esos son los productos principales de IM y dan nombre a las Unidades Productivas (UPs) o fabricas que se especializan en la obtención cada producto terminado. Otras UPs apoyan la obtención de los productos, manufacturando productos o materiales auxiliares, fabricando pinturas, componentes plásticos, herramientas y proporcionando servicios de tratamientos térmicos y superficiales (SEDENA, 2015).

En cada UPs, se desarrollaban diversas rutinas para la obtención de productos de su especialidad. En la fabricación de armamento, realizada en UPI, la producción se organizaba y controlada en pequeños lotes empleando maquinas herramientas de Control Numérico (CN) y convencionales, prensas de corte y doblado de láminas metálicas y procesos de tratamientos térmicos y superficiales, contaba

⁷ Llamadas así por que son empleadas por un individuo, a diferencia de las colectivas que requieren más de una persona para su manejo y operación.

⁸ En 1991 se realizaba mantenimiento y actualización de motores en vehículos blindados; a partir de 2011 se inició el diseño de un vehículo táctico blindado, del que 2 años después se produjo un pequeño lote (SEDENA, 2016).

con personal compuesto por técnicos en máquinas herramientas formados en escuelas técnicas y en la propia factoría.

En las unidades de producción hay mandos medios encargados de coordinar las operaciones, desarrollar actividades administrativas y técnicas. En ellas también se encargan de la resolución de problemas técnicos, así, las jefaturas y oficinas de producción, administración, mantenimiento, aseguramiento de calidad en las UPs quedan a cargo de Ingenieros Industriales Militares egresados de la Escuela Militar de Ingenieros (EMI).

Las rutinas de fabricación se derivan de la combinación de conocimientos establecidos en la documentación técnica disponible, así como los adquiridos, desarrollados y transmitidos entre operarios. Desde 1991 en la mayoría de las factorías se ha buscado ir documentando los procesos. En la UPI las operaciones se realizaban conforme a lo especificado en la documentación técnica, proporcionada durante la implementación de procesos de producción. Un técnico de origen alemán representante de la empresa GH asesoraba sobre las particularidades de los procesos de fabricación implantados por su compañía y en la elaboración de listados de componentes que anualmente IM adquiriría a su compañía para cumplir los programas de fabricación.

Markus tenía una oficina en UPI, era técnico, no ingeniero, pero tenía mucho conocimiento de todo lo que es arranque de viruta, tratamientos

térmicos, conocimientos de metalurgia, ...los alemanes dieron capacitación y Markus estaba ahí para apoyar; se echaba dos o tres vueltas al día a la fábrica y casi todos los obreros acudían con él cuando tenían algún problema con algún proceso o alguna operación de producción; tenía información muy bien clasificada, tenía planos, análisis cinemático del fusil, tenía muchísima información del proceso productivo de GH y cuando no tenía algo se comunicaba a Alemania... y rápidamente le hacían llegar la información; también aportaba mucho en la parte de adquisición de materiales, aunque yo veía un poquito viciado por que casi siempre se pedían herramientas de más,...en aquellos tiempos se compraba sin tomar en cuenta lo que se tenía en almacén (Carlos, comunicación personal).

Desde la implementación de procesos y hasta finales de 2005, solo se hicieron ajustes menores en los procesos, maquinaria y dispositivos. De acuerdo con el contrato no se permitía modificar o sustituir componentes o materiales, principalmente aquellos que se adquiría obligatoriamente como parte del contrato de transferencia tecnológica firmado con la empresa GH.

Para principios de 2005 las UPs tenían maquinaria y equipo de fabricación de la década de 1980, que consistían en máquinas herramientas de accionamientos manuales, maquinaria cuya operación dependía en gran medida de las habilidades de los operadores experimentados. La obtención de componentes y ensambles resultaba lento y era susceptible de errores, ya que se

realizaba a través de operaciones sucesivas, en las que se tenían que realizar diversos cambios de herramienta y de máquinas. Las piezas que se fabricaban necesitaban pasar de máquina a máquina para completar los procesos, produciéndose de forma lenta y con muchas complicaciones debido a los constantes cambios de operación y ajustes en operaciones requeridos para lograr mecanizarlas por completo. Se empleaban herramientas de corte en su mayoría de acero rápido y con geometrías básicas y poco eficientes. El personal de operarios estaba acostumbrado a trabajar lotes pequeños de piezas y a cuidar detalle a detalle de forma personalizada. Los operarios de UPI tenían la escuela alemana, aunque *degradada* (Francisco, comunicación personal), ya que la capacitación de Alemania se impartió entre 1980 y 1990 y más del 60% del personal que la recibió ya no se encontraba en la factoría para finales de los noventa. La UPI técnicamente se encontraba en la obsolescencia ya que los procesos de fabricación implementados hacia 20 años no habían sufrido cambios relevantes. A finales de siglo XX la tecnología de fabricación metalmecánica había cambiado a nivel mundial. En otras fábricas se empleaban técnicas de fabricación integradas por computadora, se empleaban máquinas y equipos dotados de cierta inteligencia que facilitaban la obtención de productos y permitían reducir tiempos de fabricación y aumentar la eficiencia en todos sentidos. Estas nuevas tecnologías también permitían la obtención de productos con un mayor nivel de complejidad, máquinas con múltiples ejes de trabajo ayudaban a la

generación de productos con superficies complejas con un solo montaje y con una precisión, que ni el mejor operador de IM hubiera podido lograr. Desafortunadamente en la institución no se tenía el conocimiento y deseo para decidir el cambio tecnológico, tendiendo como consecuencia que se entorpecía la mejora de productos y procesos y con esto se limitaba la capacidad de desarrollar nuevos productos y procesos alternos de fabricación (Francisco, comunicación personal).

4.3 Proceso de innovación.

Desde finales de 2004, en que Jesús ocupó el cargo de Director General de IM (Jesús), se llevaba a cabo una reunión semanal de los directores, jefes de fábrica y jefes de otros organismos de apoyo. En esas reuniones se informaba sobre la situación de sus áreas de responsabilidad, se presentaban problemáticas, propuestas o avances en los programas de trabajo.

En una de esas reuniones, realizada el siete de enero de 2005, Ulises Director del Centro de Investigación (DCI) presentó a Jesús la propuesta para desarrollar un modelo funcional de un fusil. El objetivo era contar con un modelo que permitiera determinar si IM tenía la posibilidad de desarrollar un arma para sustituir el fusil alemán que era empleado por las Fuerzas Armadas.

Al recibir la propuesta, Jesús preguntó - “¿a poco pueden con esto? ¿Cómo ves?”- cuestionó a Gabriel el Director técnico, quien no contestó, Ulises agregó --consideramos que con el apoyo de la Dirección Técnica y de UPI, es posible obtener un modelo funcional o un prototipo que permita evaluar la factibilidad de diseñar un fusil propio en este año-- en ese momento Gabriel mencionó, que se le había comentado del interés por desarrollar un fusil y que consideraba que se podía apoyar al CI en “su proyecto” (Ulises, comunicación personal).

Para algunos de los actores del proyecto X, específicamente los integrantes del equipo de diseño inicial, quienes pertenecían al CI, este es el origen del proceso de desarrollo tecnológico del fusil FX05 (Ulises, Artemio, Carlos, comunicación personal). Sin embargo, en algunos documentos oficiales, se difiere en diversos aspectos, ya que se narra el proyecto de forma muy general, sin ahondar en los detalles y sin mostrar el complejo desarrollo de este proceso inédito en la organización, como se puede observar en el siguiente fragmento:

...creadas las condiciones legales para el desarrollo del arma en México, se procedió a establecer una estrategia de producción. En primer término, se integró un equipo multidisciplinario de ingenieros especialistas y técnicos para el desarrollo del proyecto. Posteriormente se fijaron lineamientos como el emplear toda la infraestructura de la Industria Militar; utilizar materiales disponibles en el mercado nacional para manufacturar el fusil, y contar de forma permanente con la opinión del usuario, es decir, de las fuerzas armadas que finalmente portará el

armamento. Como parte del espíritu del proyecto, los especialistas acordaron también hacer uso intensivo de la informática para el diseño, modelado y análisis del Fusil FX-05, y ajustarse a la normatividad internacional vigente para este armamento y sus municiones (SEDENA, 2006:).

Los diferentes relatos sobre el origen del proyecto para el desarrollo del fusil son muestra de que por lo general en la literatura sobre innovación se registra lo planteado formalmente por la organización. La conformación de esas fuentes ha llevado a la construcción de un mito racionalizado (Meyer y Rowan, 1977), en el que la innovación es resultado de un trabajo perfectamente planificado y sistematizado. Mientras que si se toma en cuenta el testimonio de los individuos que participaron en la innovación, se manifiesta como el resultado de un proceso gradual, en el que se hubo de resolver diferencias, allanar obstáculos, muchos de ellos institucionales, e invertir esfuerzos individuales, que en ocasiones resultaron infructuosos.

En la entrevista a Jesús, él describió generalidades del proyecto y algunos acontecimientos de las fases avanzadas del proyecto, de manera que las actividades y los actores involucrados en las fases iniciales del proyecto quedaban invisibilizados. Esta visión sesgada de la ubicación física y temporal del proyecto es compartida incluso por un integrante del equipo de trabajo inicial, quien establece el origen del proyecto meses antes del inicio de actividades y no reconoce valor alguno a las actividades desarrolladas al inicio del proyecto:

...llegué en septiembre de 2004 cuando el proyecto ya estaba iniciado, sin embargo, creo que no estaba... era una idea todavía, era un gusto, era un deseo de querer hacerlo, pero no se tenía la infraestructura, la organización, la gente, era una idea, creo que puedo decir que empecé desde cero el proyecto, así lo he conceptualizado que éramos 6 o 7 gentes los que iniciamos ese proyecto... (Francisco, comunicación personal).

El equipo de diseño inicial estaba conformado por ingenieros militares quienes además de ser contemporáneos en la EMI, fueron los primeros tres ingenieros asignados al CI. Ellos deseaban diseñar un arma desde la administración de Moises⁹ que fungió como Director General de finales de 2001 a finales de 2004. Durante dicho período Ulises propuso, cuando menos en tres ocasiones diseñar un arma, una pistola o un fusil que tendría como objetivo mostrar que IM contaba con capacidades para desarrollar tecnología para fabricar armas, cuando menos individuales. La preparación profesional y los resultados obtenidos en la práctica en el desarrollo de productos, además del reconocimiento que

⁹ Desde 2001, en que se presentó el proyecto para la creación del Centro de Investigación (CI), se tenía en mente el desarrollo de un arma, se había promovido el desarrollo de proyectos de investigación en la Escuela Militar de Ingenieros para la caracterización de algunos componentes de armamento: determinar las características de un cañón, de los materiales empleados en este tipo de componente, las condiciones mecánicas de trabajo y procesos de fabricación; para el desarrollo del arma el componente crítico era el cañón, la UP1 había fabricado hasta ese momento cañones para armas calibre 7.62mm y 9mm, no así el calibre 5.56mm. Del análisis del funcionamiento de un arma de fuego individual, el componente crítico es el cañón; las condiciones de trabajo, presión de los gases y temperatura, a las que se somete este componente se vuelven críticas conforme se busca mejorar las características de las armas como aumentar la potencia, el alcance, volumen de fuego, reducir el peso, el tamaño, costo, criterios de diseño que son en ocasiones.

se había dado a la UI, eran elementos que motivaban sus ingenieros a plantearse el reto de incursionar en el diseño de armas.

Moises, si bien apoyó la los trabajos de investigación y desarrollo realizados en la UI, mostraba cierta preocupación por el diseño de armamento. Cuando se le planteaba la posibilidad de diseñar una nueva arma, contestaba con frases como: “no nos metamos en problemas”, -desarrollemos equipo para nuestros servicios de salud-, -mejoremos algunas cosas del armamento-, -mejoremos nuestros procesos-. El equipo de la UI obedeciendo sus indicaciones continuó realizando algunas mejoras a componentes de armamento, formuló una solución integral para el manejo integral de Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos (RPBI) de las instalaciones del sector salud militar, un proyecto que desde mediados de los años 90s promovía la SEDENA y en el que, entre 2003 y 2004, la UI estableció bases técnico administrativas mostraban la factibilidad técnica y económica para su implementación (Carlos, comunicación personal), proyecto que hasta 2007 no se había concretado.

Asimismo, en el CI se desarrollaron algunos equipos para el hospital central, como una grúa para el manejo de pacientes (Carlos, Francisco, comunicación personal), se inició el diseño de un equipo desfibrilador (Antonio, comunicación personal), un sistema para el manejo de explosivos a distancia (robot) que nunca se concluyó (Antonio, comunicación personal) y se diseñó un simulador de tiro de armas

individuales (SEDENA, 2006:212; Carlos, Francisco, Victoriano, comunicación personal). Este último proyecto revistió cierta importancia para los fundadores de la UI ya que, por un lado Moisés confiaba en que el UI podría desarrollar tecnología que permitiera sustituir los simuladores de tiro instalados en los campos de adiestramiento y lograr con esto una reducción del costo. Por otro lado, ante la incapacidad de desarrollar software y vincularlo a un sistema de control electrónico, La UI logró establecer el primer convenio de colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Mediante este convenio personal de investigadores especializados en inteligencia artificial y robótica se encargaron de desarrollar la electrónica y los algoritmos necesarios para el funcionamiento de los ambientes virtuales de entrenamiento. Mientras que el personal de la UI se encargó del diseño conceptual del producto, la adaptación de los dispositivos necesarios para lograr una simulación realista del funcionamiento del armamento y la integración del sistema. Como resultado se obtuvo un simulador de tiro de armas individuales con prestaciones superiores a los que se tenían instalados, a un costo menor al 20% del costo de aquellos y con una tecnología superior a los existentes en el mercado¹⁰. Se concluyó el proyecto y se realizaron diversas demostraciones del funcionamiento. Sin embargo, a pesar de las ventajas del sistema, el bajo costo y la capacidad de fabricar

¹⁰ De este proyecto no se dan referencia por que tanto para la SEDENA, como para la UNAM, este convenio representó un riesgo de crítica, debido a la idea que que los fines de ambas organizaciones se contraponía.

internamente las refacciones y componentes que presentaban fallas durante su operación, la sustitución de tecnología de los simuladores de tiro, quedó pendiente. Así que se siguieron comprando a precios muy elevados, al igual que sus refacciones y finalmente el proyecto quedó en el olvido (Ulises, comunicación personal).

Los proyectos antes aludidos permitieron que el equipo de la UI pudiera mostrar el nivel técnico de ejecución alcanzado: en ellos tuvieron la oportunidad de aprender nuevos elementos, llevarlos a la práctica y mostrar las bondades de enfocar ciertos recursos al desarrollo tecnológico. Además, además, el equipo pudo interactuar y formar alianza con otras instituciones que contaban con los conocimientos necesarios para el desarrollo de los proyectos, sin dejar de tener el control por parte de los directivos del UI.

Con la autorización del Jesús y el visto bueno de Gabriel¹¹ se iniciaron formalmente los trabajos de diseño del producto X. El CI elaboró un programa de trabajo a desarrollar en un periodo de cinco años y que consideraba 5 fases:

1. Desarrollo de un modelo funcional a realizarse entre febrero y agosto de 2005,
2. Desarrollo, fabricación y pruebas del prototipo de septiembre 2005 a octubre de 2006,

¹¹ El CI no requería de la autorización del DT, ya que estaba subordinado directamente a Dirección General, sin embargo, requería de la participación formal de la FA para reducir tiempos en la obtención de un prototipo y esto no sería posible sin la autorización del DT.

3. Desarrollo de procesos, diseño de herramental y especificación de maquinaria enero a diciembre de 2007.
4. Implementación de procesos de fabricación y obtención de un lote experimental de 1000 fusiles de enero a diciembre de 2008¹².
5. Fabricación de un lote piloto de 5000 fusiles y liberación del proyecto finales de 2009.

El equipo de trabajo de la Ulinició actividades de planeación, coordinación, análisis de problemas, conceptualización del diseño, dibujo de componentes, elaboración de modelos virtuales y físicos, diseño de experimentos y realización de pruebas experimentales (Ulises, Artemio, Carlos, comunicación personal).

Un proceso previo al desarrollo del proyecto X, que en este trabajo cobra relevancia, consiste en la conformación del equipo de trabajo inicial. El grupo que, si bien tenían la formación profesional de base, común con el resto de ingenieros en la IM, se diferenciaban en dos aspectos segundo: primero, para el momento en que se planteó el Proyecto X tenían conocimientos y habilidades en el desarrollo de productos y se encontraban realizando funciones relacionadas, segundo eran de los pocos ingenieros en IM que para 2005 habían realizado posgrados de nivel maestría en las principales escuelas públicas de educación superior.

¹² Entre las notas agregadas al programa de trabajo propuesto, se establecía que en la implementación era posible reducir los tiempos, si se asignaban recursos humanos y se adquiría la maquinaria, herramental, equipo y materia prima antes (Ulises, Artemio, comunicación personal).

Los miembros del equipo habían obtenido, desarrollado conocimiento y habilidades para el desarrollo de nuevos productos en los proyectos de diseño previos. Las actividades que pueden clasificarse como de exploración, algunos nuevos productos derivaron de una serie de aproximaciones sucesivas de prueba y error. Ese conocimiento sus pares en las diversas áreas de producción, mantenimiento o apoyo no habían tenido oportunidad de desarrollar ya que normalmente se sujetaban al seguimiento de los procesos establecidos.

Ulises por ejemplo, se había dedicado a al desarrollo de productos desde su llegada a IM, de manera que para el inicio del proyecto X su experiencia en la resolución de problemas de ingeniería, diseño y desarrollo de producto era de casi 9 años. Carlos realizó estudios de Maestría en Ingeniería en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, aunque su perfil profesional se enfocaba a investigación aplicada, siempre se inclinó por el análisis y resolución de problemas de ingeniería, así como el diseño de nuevos productos. En general se interesaba por la búsqueda de soluciones creativas, de manera que para 2011 realizó la maestría en diseño en la Facultad de Arquitectura de la UNAM (Carlos, comunicación personal).

En 1995 Artemio llegó a la Superintendencia de Ingeniería donde participó en el desarrollo de un mecanismo de relojería para automatizar el encendido de municiones. Seis meses después fue asignado a UPI donde desarrolló funciones de mantenimiento y

aseguramiento de calidad en la fabricación de armas individuales. Entre 2001 a 2003 realizó la Maestría en Ingeniería Industrial con especialidad en Logística en el Instituto Politécnico Nacional. Cuando fue nombrado para formar parte del equipo de trabajo que integraría al CI contaba con bases sólidas para las actividades de planeación, así como el diseño de procesos de fabricación, distribución de planta y otras actividades propias de los estudios de ingeniería y posgrado realizados (Ulises, Artemio, comunicación personal).

De esta manera puede asumirse que el proyecto X inicio con aspectos favorables, ya que se tenía la infraestructura base y las instalaciones en que se realizaron las primeras actividades de desarrollo del proyecto. El personal del equipo inicial contaba con preparación académica y profesional sobresaliente, especialización en actividades de investigación y desarrollo, aunque sus conocimientos técnicos de cuestiones de armamento y balística eran básicos, es decir, no tenían especialistas en armamento individual (Ulises, Artemio, Carlos, comunicación personal).

De acuerdo con la reconstrucción del proceso, que se realizó con los integrantes del equipo inicial de desarrollo, las fases en que se desarrolló el proyecto fueron las siguientes (Ulises, Artemio, Carlos, Francisco, Victoriano, Azteca, Pedro, comunicación personal):

0. Integración del equipo y creación de medios físicos para la innovación (1994 a diciembre de 2004).

1. Determinación de la factibilidad técnica para desarrollar el proyecto de diciembre de 2004 a enero de 2005).
2. Obtención del apoyo de Gabriel y factorías relacionadas, de la última semana de diciembre de 2004 y la primera de enero de 2005.
3. Presentación de la propuesta: 07 de enero de 2005.
4. Determinación del estado del arte. Análisis de armas similares disponibles en el mercado: a partir de la segunda semana de enero y hasta finales del mes de febrero de 2005.
5. Diseño conceptual, diseño de herramienta para forjado del cañón, fabricación de modelos funcionales (bancos de pruebas) y diseño de componentes y *styling* de la primera versión del fusil FX -se considera que a finales de esta etapa se presenta la masa crítica del proyecto-: de febrero a junio de 2005.
6. Dibujo, fabricación y prueba de réplicas del fusil G36: de marzo a junio de 2005.
7. Fabricación del primer prototipo del producto X: a partir de julio a septiembre de 2005.
8. Pruebas de funcionamiento del primer prototipo: septiembre de 2005.
9. Fabricación de lote experimental de 100 fusiles: octubre a diciembre de 2005.

10. Fabricación de lote piloto de 10,000 fusiles: enero a septiembre de 2006.
11. Producción a partir de 2007, se presentan diversos problemas técnicos para poner en marcha la producción, se dificulta la adquisición de materias primas, plásticos y aceros, así como maquinaria especializada, necesaria para cumplir los programas de producción, se presentan diversas fallas en los fusiles entregados que son resueltas conforme se van presentando la producción se estabiliza a partir de 2010.

4.4 Integración del equipo inicial y creación de medios físicos para la innovación.

Ulises, Carlos y Artemio fueron los ingenieros con que inició operaciones la UI, entre 2002 y 2004, se incorporaron cuatro ingenieros más. Ulises que se encargaba de la dirección de la Uly algunos técnicos que pertenecían al área había colaborado en algunos trabajos desde aproximadamente siete años antes. Moisés mostró preocupación por la creación de capital humano para la realización de actividades de investigación y desarrollo tecnológico, autorizó crear la UI a principios de su administración y mostró interés por contar con personal dedicado exclusivamente a resolver las problemáticas tecnológicas de procesos y materiales que planteaban las Unidades de Producción. Las características del equipo se presentan en la tabla 2.

Desde 1995 algunas de las instalaciones de la fábrica de IM más antigua, quedaran a cargo de la superintendencia de Ingeniería. El taller

mecánico, la galería de tiro y algunas instalaciones más, además del equipo de laboratorio y maquinaria que contenían, se agregaron al inventario de la Unidad de Investigación y Desarrollo que en 2002 constituiría La UI. Las máquinas herramientas convencionales como tornos, fresadoras, sierras y taladros que algunas fábricas tenían en calidad de desecho, fueron la base para el desarrollo de nuevos productos en IM (Azteca, comunicación personal).

Actor	Estudios	
Ulises	Ingeniería industrial, Maestría en Diseño, cursos de Diseño Asistido por Computadora (CAD) e Ingeniería Asistida por Computadora (CAE).	Diseño de producto, desarrollo de máquinas, participación en diseño de municiones, componentes de armamento y de sistemas de adiestramiento.
Artemio	Ingeniería industrial, maestría en Manufactura.	Producción en UPI. Participación en proyectos de diseño, actividades de planeación de la UI.
Carlos	Ingeniería industrial, maestría en ingeniería, cursos de Diseño (CAD) y Análisis de Ingeniería Asistidos por Computadora (CAE).	Diseño de componentes de armamento, mejora de productos, diseño sistemas de adiestramiento, modelado virtual y físico de componentes, integración de prototipos.
Francisco, Victoriano, Antonio, Rodrigo, Mario,	Ingenieros recién graduados al iniciar el proyecto.	Actividades de diseño y fabricación de componentes.

Jorge, Alejandro	Rick,		
Alejandro	Ingeniero producción UPI	Coordinó diversas actividades de producción para la obtención del producto.	
Miguel	Director de apoyo técnico entre 1994 y 2000		
Pedro	Jefe de investigación y desarrollo 1991-1996		
Aldo	Técnico en diseño, experto en modelado en 3D		
Agustín	Coordinador de Area en una Universidad Pública		
Heriberto	Jefe de Departamento de Modelos en una Universidad Pública		

Tabla 2 Actores del equipo de diseño inicial. Fuente. Elaboración propia.

En estas máquinas los técnicos e ingenieros de la UI fabricaron algunos componentes necesarios para la obtención de prototipos. Para el proyecto también se contaba con el apoyo de las fábricas, aunque éstas, normalmente daban prioridad a sus programas de trabajo y fabricaban los componentes requeridos en tiempos libres, o en algunos casos, en los turnos nocturnos -que se empleaban para subsanar atrasos, órdenes urgentes o trabajos de la UI. La coordinación de dichos trabajos se llevaba a cabo siguiendo la estructura formal: una solicitud a la DF, la autorización del Director General y la orden a la fábrica correspondiente. Informalmente, la alternativa a éste trámite era acudir

directamente con los jefes de fábrica, jefes de producción o encargados del taller donde debían realizarse las actividades y pedir el apoyo, agilizando con esto, la realización del trabajo. En esta modalidad era fundamental la capacidad de negociación, las relaciones interpersonales, vínculos de amistad y camaradería o autoridad jerárquica, de cargo, técnica o antigüedad como en el caso del Superintendente de Ingeniería.

El desarrollo del proyecto X no hubiera sido posible sin el sistema de Diseño Asistido por Computadora de la UI. El sistema se componía de cuatro estaciones de trabajo (*workstations*) -equipos de cómputo de altas prestaciones- y software de diseño e ingeniería asistidos por computadora (CAD, CAE, por sus siglas en inglés). Este sistema que fue adquirido a finales de 2001, al finalizar la gestión de Fernando (Director General 1994- DIC2001). La adquisición del equipo incluía además *software* de diseño y análisis de ingeniería para el trazado de modelos virtuales y simulación (Pedro, Ulises, comunicación personal).

En la década de 1990, la compra de equipo de cómputo en IM fue mínima, se adquirieron solo algunas computadoras personales (*PCs*) para cubrir necesidades administrativas de las áreas administrativas, finanzas y adquisiciones, no así para las áreas fabriles ni las áreas de apoyo o de investigación, como en el caso de la Superintendencia Técnica (Azteca, Aldo, comunicación personal). En dichas áreas hasta 1999 se empleaban máquinas de escribir e instrumentos de trazo y

escritura para la elaboración de documentación administrativa y técnica. La negativa a las solicitudes de adquisición de nuevas tecnologías se justificaba con argumentos como el reducido presupuesto disponible y el alto costo en los sistemas de cómputo. Esa situación provocaba que los ingenieros adquirieran equipo de cómputo con recursos propios para facilitar su trabajo. Estas computadoras se empleaban en actividades administrativas y en algunos casos para la elaboración de documentación técnica necesaria para las actividades de producción, como la representación de los componentes en dos dimensiones y elaboración de hojas en las que se registraban las operaciones a realizar para la obtención de un producto. La incorporación de equipo de cómputo a IM se realizó gradualmente, en buena medida por las nuevas generaciones de ingenieros militares que emplearon dichas tecnologías en la EMI para el desarrollo de trabajos de investigación y que simplemente no podían regresar a métodos de trabajo convencionales. Poco a poco las nuevas tecnologías se fueron incorporando a las áreas de trabajo, generalmente por necesidad de los usuarios que cubrían los costos que estas adquisiciones generaban.

La autorización de recursos para adquirir estaciones de trabajo para la UI, por más de \$1, 600,000 pesos en noviembre de 2001, no tuvo precedente y fue de gran importancia para el desarrollo tecnológico de IM, siendo evidente en el desarrollo del proyecto X. Sin embargo, entre 2002 y 2005 solo se proporcionaron recursos para la adquisición de un

servidor de archivos, dos computadoras personales, la adquisición de algunos materiales para el desarrollo de proyectos. En 2003 aproximadamente \$650,000 pesos fueron destinados para apoyar un convenio de colaboración con la UNAM y adquirir materiales para desarrollar un simulador virtual de tiro de armas individuales. Posterior a esas inversiones el CI no recibió recursos para la adquisición de equipo hasta el segundo semestre de 2005, en que se presentó el prototipo del fusil X.

4.5 Determinar la factibilidad técnica para desarrollar el proyecto.

Con la creación de la UI en 2002 y la integración del equipo de trabajo inicial, se atendieron diversos problemas tecnológicos, se planteaban conceptos de diseño diferentes a lo visto anteriormente en IM. El contacto con investigadores de la Facultad de ingeniería de la UNAM, de la División de Ciencias y Artes para el Diseño de la UAM Azcapotzalco, así como del CINVESTAV del Instituto Politécnico Nacional, abrió un nuevo panorama al pie veterano de la UI. Esas relaciones les ofrecieron nuevas formas de plantear problemas y buscar soluciones creativas fuera del campo de conocimiento adquirido en la EMI, incluso en la práctica profesional realizada en IM.

En 2004 la DT ordenó a las factorías y al CI presentar propuestas de solución a un problema que presentaba un dispositivo que permitía fijar un lanzagranadas a un fusil empleado por fuerzas especiales. El componente presentaba fracturas continuamente y el arma quedaba

inutilizada. El dispositivo diseñado algunos años antes por personal de FA presentaba una configuración de más de 15 piezas, entre componentes y elementos de sujeción. Su ensamblaje era muy complejo por el alto número de componentes y se desajustaba continuamente fracturando un componente del arma con el que tenía contacto. La solución propuesta por la UI consistió en un conjunto de tres componentes, dos componentes unidos por un perno que no presentaba problemas de ensamble y no afectaba los componentes del arma, ofreciendo la robustez y confiabilidad requerida en el armamento. Cuando se presentó la solución fue objeto de felicitación por parte de los usuarios, del personal de UPI y del Director General, no así del Director de Fábricas, quien ordenó realizar una investigación para determinar de donde se había copiado el dispositivo, no encontró algo parecido en la web (Carlos, comunicación personal).

El diseño de este componente tuvo un impacto muy favorable en la opinión que se tenía del CI. La base de este desarrollo fue el conocimiento y habilidades desarrollados previamente por ingenieros y técnicos, al diseñar y fabricar algunas máquinas para mejorar los procesos de fabricación. Además, de la experiencia del desarrollo de la familia de granadas cal. 40mm, para entonces se contaba con un sistema de diseño asistido por computadora que facilitaba en gran medida el modelado virtual de componentes y la simulación de ensamble y funcionalidad. También se tenía apoyo de las fábricas y se

daba cierta prioridad a las peticiones del CI. Esos aspectos que facilitaron en gran medida el diseño de nuevos productos (Ulises, Carlos, comunicación personal). El que los miembros de la UI fueran actores clave en el desarrollo de capacidades de innovación, conocer las capacidades que se tenían tanto en el CI como en las diversas plantas de IM, permitía vislumbrar la posibilidad de desarrollar tecnología propia de IM.

Durante su administración, Moises, generó las condiciones para formalizar diversos procesos administrativos, establecer mecanismos de rendición de cuentas y transparencia en el ejercicio de recursos presupuestales, planeación estratégica y el establecimiento de sistemas de gestión de promovidos por la Administración Pública Federal. Como parte de la realización de planes estratégicos se establecieron objetivos, misiones generales y una visión para cada uno de los organismos de IM. En el análisis realizado por la UI, se planteó el ideal de desarrollar trabajos de investigación enfocados en la resolución de problemáticas propias de IM y diseñar sistemas de defensa. Esa visión surgió de un trabajo de investigación realizado previamente por la UI, en el que los investigadores concluyeron que no era conveniente para IM incursionar en campos en los que las instituciones de investigación superior o centros de investigación del CONACYT tenían cubiertos. El sistema de investigación científica y tecnológica nacional contaba con infraestructura e investigadores de alto nivel y una base de

conocimiento que podía emplearse en beneficio de las Fuerzas Armadas. Por lo que se planteaba que lo adecuado era establecer una red de apoyo, en la que se aprovecharan las capacidades en ciencia y tecnología nacionales, para desarrollar proyectos de cierta complejidad tecnológica o resolver de forma conjunta problemáticas propias de IM (Ulises, Artemio, Carlos, comunicación personal).

Los estudios de posgrado realizados por Ulises, Artemio y Carlos, les permitieron conocer cómo se integraban grupos de trabajo en tres de las principales instituciones públicas de educación superior en México: la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN). En ellas se estructuraban grupos de investigación conformados por investigadores, estudiantes de licenciatura y posgrado y se empleaba la infraestructura disponible. Además los equipos realizaban convenios con empresas para el desarrollo de proyectos que tenían como objetivo resolver problemas tecnológicos y el diseño de nuevos productos. Esta forma de trabajo se buscó replicarlo en la UI, así que se promovió el desarrollo de proyectos de investigación con pasantes de ingeniería de la Escuela Militar de Ingenieros (EMI), se continuó la identificación y establecimiento de alianzas con proveedores y se buscó establecer convenios de colaboración con algunas universidades.

... un día nos sentamos en una reunión de trabajo y dijeron ... tenemos la capacidad de desarrollar un fusil -a lo mejor en ese momento no se había definido propiamente el calibre-, entonces la primera propuesta fue, vamos a jalarnos a los tesisistas de la Escuela de Ingenieros y vamos a pedirles que cada uno desarrolle algo relativo al fusil y en cinco años tendremos suficiente información como para poder integrar algo que nos permita diseñar un prototipo; ese fue el primer plazo, 5 años ¿por que los tesisistas? porque nosotros teníamos mucha chamba y ellos iban a poder ir haciendo esas aportaciones y en algún momento los íbamos a poder ir jalando al CI e iban a continuar desarrollando lo que trabajaron en la tesis, así surgió la primera idea del fusil (Victoriano, comunicación personal).

Como parte de la formación profesional en la EMI, los ingenieros industriales reciben una serie de cursos en temas industriales, de armamento y municiones, conocimientos básicos en balística, que al llegar a IM les permite incorporarse a las áreas productivas y asimilar con cierta facilidad información de diversos procesos, la configuración y características de componentes y ensambles en las armas producidas, así como su funcionalidad. Sin embargo no hay nada mejor para afianzar dichos conocimientos que la práctica profesional, como refiere Artemio:

“... tiene que pasar un proceso largo para que uno como ingeniero aprenda de tolerancias, aprenda de materiales, aprenda de cuestiones productivas, aprenda de manufactura, debes tener un enfoque sistémico

de lo que es la fábrica, por que finalmente la gente de planta siempre es muy creativa y hace modificaciones pero lo hace en menor escala ... (Carlos, comunicación personal).

En el CI había ingenieros con experiencia en desarrollo de producto, con posgrado en diseño y manufactura, no así en armamento y municiones:

...un chasco para mí fue no encontrar quien supiera balística no había; Fonseca era el que más o menos y sabia la balística que nos enseñaron en el colegio militar, - a ver - le digo -pues la balística interior, la exterior y la balística de efectos yo la conozco, pero quiera algo más profundo, quiero algo más técnico con más sabiduría-; no encontré ninguno, lo mismo no había ningún ingeniero especialista en armamento... (Jesús, comunicación personal).

Al evaluar las características geométricas, dimensionales y funcionales de cada componente, se encontró que, por sus requerimientos técnicos y los parámetros a cubrir para su obtención industrial, el componente de mayor complejidad era el cañón.

Los componentes clave de un arma de fuego son los que intervienen en el buen funcionamiento del arma de fuego, entre estos se encuentran el cañón, el cargador, el guardamanos, la empuñadura del arma, el disparador o gatillo y el receptor en que se ensamblan dichos componentes (UNODC, 2020). De todos ellos el cañón es la pieza de que está sometida a mayores esfuerzos y por lo tanto su fabricación representa mayor dificultad para la producción del arma. El proyectil o

bala (terminología ordinaria) atraviesa el cañón por medio de una carga de propulsión.

Considerando que el principal reto era obtener el cañón se consultó a Alejandro, jefe de producción de UPI, para verificar si era posible desarrollar un cañón en cal. 5.56 mm., ya que únicamente se habían fabricado cañones en calibres 7.62 y 9 mm. la respuesta fue que era factible fabricar el cañón ya que solo requería el *alma*, como llamaban a la herramienta empleada en el forjado interior del cañón (Ulises, Carlos, Alejandro, comunicación personal). Se realizó una breve evaluación de la complejidad de la herramienta, se inició el modelado virtual de la misma y antes de que se concluyera el diseño, se llegó a la conclusión que la fábrica de utillaje tenía capacidad para fabricar la herramienta de forjado, por lo que era factible obtener el cañón, el diseño de la herramienta y el desarrollo del proceso de fabricación de ésta. Es importante indicar que para los actores del proyecto ese diseño constituye una innovación y una aportación valiosa:

... desarrollamos la herramienta de manera que se pudiera producir en el mercado nacional a través de pulvimetalurgia¹³ de polvos...una herramienta de estas -las empleadas para fabricar el cañón del G3 que eran adquiridas a la empresa GH- costaba \$120,000 pesos, con un rendimiento aproximado de 3000 cañones, la que nos venden ahora, con

¹³ Según el Diccionario de la Real Academia de Ingeniería (RAI) es la rama de la metalurgia, adecuada para obtener piezas de gran precisión, basada en la compactación de polvos finos, a los que se sinteriza en hornos adecuados <http://diccionario.raing.es/es/lema/pulvimetalurgia>.

rendimiento de un tercio, es decir, aunque compremos tres, nos sale a mitad de precio; nada más en la herramienta de suajeado, le hemos ahorrado a la Secretaría (Victoriano, comunicación personal).

Es importante señalar que en este momento solo se pretendía mostrar que el CI tenía capacidad de lograr el diseño conceptual y estética - original-, del fusil y obtener un modelo funcional que permitiera evaluar la posibilidad de desarrollar un arma que pudiera sustituir al fusil que en ese momento empleaban las tropas.

4.6 Lograr el apoyo de Gabriel y UPs relacionadas.

Desde 2004, el C.I. contaba con infraestructura y capital intelectual suficiente para generar la estética y combinación idealizada de componentes para lograr las funciones de un fusil, *hecho* a la medida de las necesidades del usuario a que estaba dirigido, el soldado mexicano. Esto implicaba materializar la idea, de manera que pudiera “venderse” y lograr el desarrollo tecnológico y, en una etapa más avanzada, la producción en serie. Sin embargo, para poder pasar de un modelo virtual o físico a un modelo funcional o a un prototipo, con el que se pudieran realizar pruebas de funcionamiento exhaustivas, era necesario contar con el apoyo del Jefe de la UP1 y UP2.

De la UP1 se requería apoyo para fabricar el cañón del arma y algunos otros componentes. Entre estos se requería personal con habilidades para desensamblar los fusiles que debían analizarse, para ajustar y ensamblar los diversos componentes y finalmente, para realizar

pruebas de funcionamiento. Además, se consideraba imprescindible, la participación del personal de UPI debido a que, de tener éxito en el diseño conceptual, se tendría mayor facilidad para implantar los procesos fabricación en el momento que se liberara el proyecto, debido a que al sentirse parte del proyecto se esperaba lograr la menor resistencia al cambio y aumentar la cooperación por parte de los operarios.

La jefatura de UPI se negó a apoyar, el proyecto argumentando la gran carga de trabajo que tenían. Aunque el jefe de producción había manifestado poder destinar cierto tiempo de máquinas para el desarrollo de componentes del prototipo. En el caso de las fábricas de herramientas se contactaron dos, ambas tenían una carga importante de trabajo, hubo respuesta positiva e interés por parte de la UP2 para la fabricación del *alma*, no así en el caso de la UP3, que de inició se negó argumentando una alta carga de trabajo y posteriormente la falta de detalles técnicos en los planos de diseño necesarios para fabricar los diversos componentes (Ulises, Artemio, Carlos, comunicación personal).

Con excepción del jefe de la Fábrica de Utillaje, La mayoría de los jefes de fábrica consultados sobre la posibilidad de que apoyaran las actividades de desarrollo del fusil, durante la primera fase mostraron poca disposición. Sin embargo, algunos jefes de área se mostraron interesados en el proyecto y ofrecieron cierta ayuda.

Con este resultado el equipo presentó el DCI con Gabriel y le expuso la factibilidad de diseñar un fusil, con el que se pudiera tener una alternativa al proyecto de transferencia de tecnología presentado por la empresa GH para la fabricación del fusil G36¹⁴ en las instalaciones de IM. El equipo le expuso las capacidades de diseño y fabricación que se tenían, de los trabajos desarrollados previamente, así como la estrategia a seguir. Gabriel escuchó atentamente, realizó algunas preguntas generales y finalmente ordenó que Ulises presentara la propuesta al Director General en el próximo acuerdo que se realizaría el viernes 07 de enero de 2005.

4.7 Presentación de la propuesta.

La propuesta se presentó en la forma y términos que se indican en la primera parte. Como ya se expuso cuando se realizó la propuesta no hubo un comentario propositivo o de apoyo evidente por parte de Gabriel, únicamente mencionó que la UPI podría apoyar el proyecto y de ahí la conversación se realizó entre Jesús y Ulises. Sin embargo, ante la sorpresa e incredulidad de los jefes de fábrica presentes Jesús aprobó la propuesta anotando un *OK* en el documento (Ulises, comunicación personal).

¹⁴ Heckler & Koch G36 (Gewehr Model 36) es un fusil de asalto de calibre 5,56 mm diseñado por Heckler & Koch en Alemania durante la década de 1990 como sustituto del fusil HK G3, Además lo emplean un gran número de unidades de operaciones especiales de diversos países.

4.8 Estado del arte.

La primera fase comprendía un análisis y estudio comparativo de las principales armas individuales, que eran fusiles calibre 5.56mm disponibles en el mercado. En una visita de supervisión realizada al CI, una semana después de la autorización del proyecto, el Director General observó avances en el análisis comparativo que el equipo de trabajo estaba realizando con las armas proporcionadas (Ulises, Artemio, Carlos, comunicación personal).

Se le mostraron cada una de las armas que se habían conseguido y al observar el G36 lo tomó y observó detenidamente y dijo, algo así es lo que quiero-, comentario que como se verá más adelante generó algunos conflictos. El director de la Ulle explicó que aquel era el fusil G36 de H&K, del que se pretendía realizar la transferencia tecnológica, que el fusil era bueno, pero su fabricación resultaba compleja. En esa reunión se explicaron algunas de las mejores características de todos los fusiles. Por ejemplo, el M16 de la empresa Colt era el preferido por las fuerzas especiales, debido a las características de operación, confiabilidad, así como a la sencillez de diseño, de manera que la idea inicial era obtener un prototipo derivado de éste, además por su diseño minimalista era más fácil de fabricar. El equipo añadía que el hecho de ser de los fusiles con más tiempo en el mercado le daba la ventaja de haber sido probado en diversos escenarios bélicos. De cualquier manera el equipo insistió en que el fusil mexicano tendría las mejores características de aquellos (Ulises, comunicación personal).

El análisis comparativo entre fusiles se realizó en primera instancia en la UI, allí se desensamblaron las armas y se observó la disposición de componentes y la forma en que interactuaban para completar el ciclo de funcionamiento del arma. En algunos casos se solicitó apoyo de la FA para el desensamble y al Laboratorio se enviaron algunos componentes para un análisis dimensional preciso. Las observaciones realizadas en el análisis comparativo se documentaban y algunos de los datos fueron tomados para el planteamiento del diseño conceptual, como las medidas generales, la funcionalidad de los diversos grupos del arma. Además, el cargador, la culata ajustable, retráctil, los mecanismos de transporte y operación fueron elementos que se analizaron para buscar incorporarlos al diseño conceptual del fusil (Ulises, Carlos, comunicación personal).

Estos trabajos fueron desarrollados con el personal y en las instalaciones de la UI, sin participación de personal externo. En este periodo el proyecto aún no llamaba la atención, así que se laboraba diariamente en horarios normales, se tomaba un arma, se analizaba, se discutía sobre la mecánica del arma y se tomaban notas. La intención era caracterizar las armas para obtener información que permitiera configurar el arma esperada.

4.9 Masa crítica del proyecto: Diseño conceptual, desarrollo de herramienta y obtención de modelos funcionales (bancos de pruebas).

El diseño conceptual y desarrollo del prototipo puede establecerse como la primera etapa del proyecto. Se trata del periodo que inició con la autorización del proyecto y concluye con la obtención de resultados del primer banco de pruebas y la presentación de los primeros modelos funcionales obtenidos. Producto de ese trabajo se integró un prototipo funcional y se presentaron los detalles técnicos y estilísticos del diseño.

Una de las preocupaciones principales de Ulises era desarrollar un concepto de diseño que resultara atractivo y funcional para los usuarios. Los requerimientos ergonómicos del usuario final tenían prioridad. A continuación se establecieron las restricciones para la producción, se deseaba un producto que facilitara la fabricación en el mediano plazo con la infraestructura, personal e información disponibles. Además, los responsables del proyecto pensaban en la necesidad de provocar una reacción positiva de quienes lo evaluarían técnica y operativamente, así como de quienes tomarían la decisión de adoptarlo, si se quería lograr la aceptación y futura implementación. En especial, porque se tenía presente que la decisión de adquirir la implementación de la tecnología para la fabricación del fusil G3, surgió en lo más alto de la Administración Pública Federal:

...en SEDENA se inclinaban por un arma belga, el Fusil Automático Ligero (FAL), sin embargo de repente ordenaron de la presidencia que

se comprara el G3; un tal Zimmerman fue el que negoció en la Presidencia de la Republica ...fíjate como las cosas se arreglan más políticamente que desde el punto de vista técnico; el FAL decían que era robusto, que tenía las características que uno requería, mientras que el G3 era muy estaba hecho para alemanes ..., entonces es importante que uno vea realmente cuales son las necesidades propias y las resuelva uno desde el punto de vista técnico(Jesús, comunicación personal).

El equipo de trabajo inició la creación del concepto de diseño a partir de las propuestas planteadas en la oferta de transferencia tecnológica de la empresa GH para fabricar un fusil de asalto calibre 5.56mm, arma individual adoptada por los ejércitos de los miembros de la Organización del Atlántico Norte (OTAN) (SEDENA, 2006:254). Los interesados en adoptar el proyecto de transferencia tecnológica promovían la adopción del fusil argumentando la conveniencia de adoptar la normatividad a que se sujetaban los miembros de la OTAN, sin aclarar que México no forma parte de ésta. El equipo de diseño partió de esta idea para proponer la fabricación del nuevo fusil, como una alternativa a la presentada por la empresa alemana (Alejandro, comunicación personal).

En esta etapa Ulises organizó las actividades a desarrollar con el apoyo de Artemio y Carlos, quienes participaron en el la elaboración del concepto de diseño que incluía la traducción de necesidades a especificaciones de diseño. El grupo realizó una investigación para

establecer el nombre o marcar y el logo del fusil ¿Cómo nombrar al fusil que nacería en IM? En el caso del G36 la denominación corresponde a la expresión alemana *Gewehr Model 36* -fusil o rifle modelo 36-, mientras que en el F2000 corresponde a la designación en francés de *Fusily* con el 2000 se hace alusión a la década en que se puso en servicio (FN página Oficial), así que

... en una reunión en el CI se discutió el nombre, mediante una lluvia de ideas se coincidía en que debía llevar la letra F como parte de la nomenclatura correspondiente a un fusil; seguía el modelo y alguien dijo que al ser la primera versión se debía agregar un 1 o 01, para designarlo como la primera versión; entre bromas se comentó que no era muy buena idea ya que frente a la serie M de los fusiles norteamericanos -del que se analizó era la versión 16-,o frente al XM8¹⁵ el armas individual más moderna para ese momento, la designación 01 daría idea de ser una versión sin historia, ni pruebas de campo, optando por agregar el 05 para indicar que en 2005 se desarrolló del prototipo; finalmente se agregó la inicial X de Xihcoatl, quedando integrado FX05 (Ulises, comunicación personal).

Ulises buscó elementos simbólicos que pudieran fijarse en el imaginario social de la organización, asociar la marca a elementos presentes en la cultura organizacional, una cultura plagada de héroes y hechos gloriosos. El mito del dios de la guerra debía de tener cierto

¹⁵ XM8 designación del fusil de asalto modular ligero que se encontraba en desarrollo a finales de la década de 1990 y comienzos de la década del 2000. El Ejército trabajó con la compañía fabricante de armas alemana, Heckler & Koch para desarrollar el arma que se ajustara a sus requerimientos.

efecto en quienes vivían para la guerra, sin saber que era. Lo más inmediato fue Huitzilopochtli, el dios de la guerra de los mexicas, quien era representado con un arma: la Xiuhcoatl, la *serpiente de fuego*, el arma con la cual acabó con sus enemigos, las cuatrocientas estrellas del sur y su hermana la diosa Coyolxauhqui. Sobre esta idea se desarrolló la marca y el logo del arma. En base a las representaciones existentes el equipo estilizó una serpiente, también muy común en las culturas mesoamericanas, agregando elementos que representarían componentes organizacionales: el individuo, los organismos y el liderazgo que imponían una nueva cultura, la cultura de innovación. Además se incluyeron elementos de la organización en constante interacción, en armonioso movimiento hacia el futuro. La fuerza de este concepto fue tal que, cuando se presentó, no se hizo ningún cambio a la propuesta, posteriormente se elaboraron carteles con la conceptualización de la idea central del proyecto y de las características generales del fusil y constantemente se revisaban (Ulises, Victoriano, comunicación personal).

Artemio se encargó de la planeación de actividades a realizar, elaboró la ruta crítica del proyecto, es decir establecer tiempos para la realización de cada actividad, identificar aquellas que resultaban crítica, así como la secuencia que debían seguir:

... me encargué, ... de hacer la planeación y ruta crítica, ...y lo que si aprendimos Carlos, Ulises y yo, fue elaborar con mucha precisión todo el

método de desarrollo de nuevos productos, esa metodología creo fuimos los primeros en el ejército en aplicarla puntualmente, desde buscar un área de oportunidad, hacer un prototipo virtual y todo hasta llegar una producción masiva, eso lo aplicábamos los tres y eso nos sirvió para hacer una ruta crítica con estándares internacionales (Artemio, comunicación personal).

Carlos por su parte se encargó del análisis de componentes, de dar seguimiento a la determinación de materiales y la búsqueda de información crítica para el desarrollo del proyecto.

Se presentó el programa de trabajo a Gabriel para obtener el visto bueno, quien rápidamente hizo una serie de observaciones relacionadas con los tiempos de desarrollo propuestos. Él ordenó que se recortaran los tiempos ya que lo que se había proyectado para desarrollarse era en un plazo mínimo de 4 años, de 2005 a 2009 y ordeno que se redujera para que 2006 se tuviera el primer lote fabricado. Las fases de diseño conceptual, diseño de producto, desarrollo tecnológico y arranque de producción en serie ;se debían realizar en menos de dos años! Con esa decisión fueron reducidos al máximo los tiempos. En un borrador del programa había una línea que correspondía al proceso de fabricar un fusil similar al G36, Gabriel agregó "30 FUSILES", tachó con una X las ultimas dos letras y agregó la sílaba AR quedando la palabra " F U S I L A R ...", a la vez que comentaba -¡vamos a fusilar, no a diseñar!- (Ulises, comunicación personal).

Entonces el proceso de trabajo consistía en que las representaciones virtuales en tres dimensiones se realizaban en el área de modelado. Primero se realizaba de cada uno de los componentes y posteriormente se realizaban procesos de ensamble virtual para visualizar las diversas etapas de ensamble que componían cada parte del arma. En esta fase del proyecto fue donde se desarrolló la parte más laboriosa del proyecto ya que la representación de cada componente se debía realizar con precisión y gran detalle, con la poca información que proporcionaban Ulises y los investigadores. El equipo bosquejaba y discutía las características de cada conjunto, gran parte de estas decisiones se anotaban en una libreta donde quedaba registrado el avance de cada fase del proyecto -se estableció esta técnica de registro de actividades y se le denominó *libreta del diseñador*, que para algunos llegó para quedarse ya que la siguieron empleando después de su salida de la UI(p.e. Mario)¹⁶. Una vez acordadas las características de cada componente o sistema se generaba el modelo virtual y sobre este se realizaban ajustes y modificaciones, Aldo, Carlos, Rick, realizaban el modelado virtual, Ulises plasmaba las ideas en croquis o bosquejos un tanto burdos y los explicaba verbalmente. En muchas ocasiones las instrucciones carecían de detalles y estos se iban agregando conforme avanzaba el desarrollo de modelos, como lo refiere Francisco:

¹⁶ Sistema de registro que, para este trabajo de investigación, resulta muy importante ya que se han podido recuperar numerosos detalles del proceso de desarrollo.

El primer problema era entender lo que había que hacer, entender que es lo que se quería, uno ve y focaliza nada más la parte del trabajo que va hacer uno, no todo el contexto porque en su momento creo que no era parte del panorama general..." yo era el encargado de una porción sin saber todo el contexto del proyecto...como recién llegado no tenía acceso a esa información...has esto ¿Qué? En realidad, no sé qué quieran y se hacía, -no eso no es- ¿qué quiere? Nadie sabíamos que teníamos que hacer, eran ideas" (Francisco, comunicación personal).

La generación de ideas en las estaciones de trabajo permitía ir construyendo el modelo virtualmente. Del intercambio de ideas surgían algunos croquis y bosquejos del conjunto que se deseaba desarrollar. Inicialmente se experimentó con la figura que debía tener el arma, así que la definición de conjuntos se derivó de las observaciones realizadas a las mejores características de los fusiles analizados.

En esta fase se empezaron a aumentar las horas de trabajo, eran jornadas de más de doce horas, en las que se avanzaba en varios frentes. El inicio de actividades era a las siete de la mañana y continuaban hasta la tarde, en los primeros días, posteriormente el personal solo salía algunas horas a medianoche o por la madrugada:

...se tenía hora de entrada, más no de salida...entrabamos a las siete y salíamos algunos días a las veintiún horas, a las once y en ocasiones ni

salíamos...”; mi matrimonio estuvo a punto de fracasar...” (Aldo, comunicación personal)

Con la obtención del primer modelo virtual, en el que básicamente se plasmaron algunas ideas sobre la geometría que debía presentar el fusil, con culata ajustable que permitiera adaptarlo a las diferentes del soldado mexicano, plegable para que pudiera emplearse por las diferentes armas o especialidades de las unidades, ambidiestro, para que pudieran emplearlo eficazmente personas que usaran primordialmente cualquiera de las dos manos. Respecto a las características de fabricación se planteó incorporar la mayor cantidad de materiales disponibles en el mercado nacional, usar extensivamente polímeros, para reducir peso, costo y facilitar la fabricación y lograr la fabricación en serie con la menor inversión posible, empleando al máximo la infraestructura con que contaba IM. Estas características y deseos hacían parte del diseño conceptual del arma, una descripción que plantea el ideal del producto a desarrollar (Ulises, comunicación personal).

4.10 Obtención de “prototipos rápidos”.

La materialización física de las ideas desarrolladas fue un aspecto crucial en la promoción del proyecto. Para lograr la aceptación del proyecto y el apoyo que se requería para continuar con el desarrollo, era necesario mostrar avances tangibles. Por esa razón desde etapas tempranas del proyecto se inició la materialización de componentes a

nivel prototipo. En primer lugar se diseñó y fabricó la herramienta de forjado del cañón, por medio de una estrategia de ingeniería inversa se definieron los parámetros necesarios para su fabricación: características del material y propiedades mecánicas, la geometría y dimensiones. A partir del análisis metalográfico y dimensional, en el que participaron ingenieros y técnicos de dos fábricas de herramientas, el laboratorio y la UI, de forma que se completaron los datos de diseño necesarios para su fabricación, como lo refiere Carlos:

... se hizo ingeniería inversa...se seccionaron dos cañones... longitudinal y transversalmente,... y mediante una técnica de moldeo de resina, utilizada en el control de calidad de herramientas, en un cañón nuevo se obtuvo una estampa de la recámara, lo que permitió complementar la información necesaria para definir el perfil del interior del cañón, a partir de la cual se obtuvieron las características físicas de la herramienta (Carlos, comunicación personal).

Con los datos obtenidos Aldo modeló la herramienta de forjado del cañón, este proceso que revistió cierta dificultad debido a la complejidad de la geometría. Sin embargo, el equipo logró en pocos días tener el diseño terminado, ya que contaba con sólidos conocimientos y habilidades en modelado virtual y procesos de manufactura producto de cinco años de trabajo en ese tipo de actividades (Ulises, comunicación personal).

Como puede observarse, la adaptación de procesos industriales y la utilización de maquinaria y equipo de las áreas productivas, complementaron las capacidades del CI. De manera análoga ocurrió con las habilidades y conocimiento de los investigadores de la Ulen su interacción con ingenieros, técnicos y operarios de las fábricas de herramientas y el laboratorio central. De esta manera la apertura y deseo de cooperación tanto del personal del área de investigación, como del dedicado a la producción permitieron solventar diversos problemas técnicos que se enfrentaron durante el proyecto.

Una vez que se tuvo el diseño y especificaciones generales -que después se fueron ajustando- el jefe y los ingenieros de la fábrica de Utillaje aceptaron con agrado el reto de fabricar la herramienta necesaria para el forjado interior del cañón, era algo que nunca habían intentado debido a que dicha herramienta se adquiría a la empresa **GH**. El lograr fabricar esta herramienta tuvo múltiples beneficios para IM y para la institución:

- 1) Económico. El diseño y fabricación nacional de herramienta representaba una reducción del costo de compra a GH mayor a un 70%.
- 2) Reducción en la dependencia tecnológica del exterior,
- 3) Capacidad para diseñar y fabricar herramientas para otros calibres y
- 4) Reconocimiento de las capacidades de IM por parte de operarios, técnicos, ingenieros y directivos.

En esta fase la generación de ideas de diseño y características estéticas del fusil debían plasmarse. Por lo que el equipo inició la fabricación de algunos componentes empleando la maquinaria que se tenía disponible. También se utilizaron algunos moldes de silicón para obtener algunos componentes. El desafío era grande porque hasta ese momento en IM no se habían empleado sistemas de prototipado rápido por medio de impresión 3D. Es posible aseverar que a nivel nacional el empleo de dichos sistemas se encontraba limitado y era solo empleado por grandes empresas y algunas universidades, entre las que se encontraba la División de Ciencias y Artes para el Diseño (CyAD) de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM).

En esta parte se encuentra discrepancia entre el discurso oficial y los acontecimientos experimentados por los actores iniciales del proyecto. Por un lado, Ulises y Mario refieren que entre los meses de mayo y junio se acudió a una universidad pública, a solicitar apoyo para la impresión de los primeros modelos del fusil. Mientras que Jesús y textos oficiales (SEDENA, 2006) relatan que la obtención de modelos por impresión en tres dimensiones (3D) se realizó en una universidad privada y describen actividades que tuvieron lugar en un momento y condiciones distintas,

En agosto de 2005, me informaron que en el tec de monterrey habían adquirido una máquina auxiliar en el diseño industrial, que servía para materializar los bocetos que los ingenieros de la UI hacían en computadoras, para después materializarlos con un material plástico

suave a escala real, recuerdo que después de que obtuvimos toda la información de la máquina, compramos dos en los Estados Unidos, que nos llegaron en menos de 30 días (Jesús, comunicación personal).

La UAM-A recibió en febrero de 2005 una máquina de impresión 3D de tecnología por deposición de polvos o cerámica¹⁷, sin embargo, antes del proyecto se había utilizado únicamente para la capacitación de estudiantes y profesores, debido a que la institución no contaba con los materiales necesarios. Esta situación favoreció la petición para obtener los primeros modelos del fusil X, ya que el coordinador del área manifestó buena disposición, que no compartió el jefe del taller de modelado 3D, quien consideraba que los objetivos de la universidad no estaban alineados con los asociados al diseño y producción de armas, a pesar de las reticencias iniciales, terminó aceptando porque vio una oportunidad para poner en funcionamiento la máquina:

Era poner en práctica el funcionamiento del equipo, un equipo que acababa de llegar nuevo, que había que echarlo a andar por que iba a pasar como pasó con otras cosas, que se va a quedar ahí parada sin funcionar o utilizarse y la otra era que desde mi punto de vista era un proyecto importante por que hasta donde yo sabía, esa era la primera vez que se iba hacer algo como eso en nuestro país, al fin de cuentas si las cosas salen bien, vamos a participar en un proyecto que va a

¹⁷ UAM-A adquirió un sistema de impresión 3D con tecnología PBIH (Powder Bed and Inker Head). Esta tecnología de prototipado rápido consiste en la pulverización de un aglutinante sobre un lecho de polvo, que luego se solidifica en sección transversal. Cada capa se imprime de una manera similar a como lo hacen las impresoras de papel tradicionales de chorro de tinta, con la diferencia de que, en este caso, la capa de tinta o aglutinante son aplicados sobre un lecho de polvo, capa a capa. <https://impresiontresde.com/tecnologias-deimpresion-3d-industrias/>.

beneficiar a la tecnología mexicana que va implicar un beneficio para la IM, pero sobre todo para nuestro país, eso fue lo que me animó a hacerlo...El material que nos dieron me permitió mantener en operación el laboratorio y ponerla a funcionar con los alumnos que estaban terminando sus integrales, si no hubiera sido por eso, hubiera sido difícil mantener el laboratorio, por que como pasa muchas veces se adquieren los equipos pero no los suficientes insumos...Nos proporcionaron resina y polvo para la fabricación de sus modelos y nos dieron casi el doble del material que usamos en las impresiones... los primeros prototipos sirvieron para definir dimensiones, tolerancias, cosas por el estilo...creo que fueron 3 o 4 versiones distintas desde que empezó, de las que imprimí como diez modelos (Heriberto, comunicación personal: 200723)

De esta manera se obtuvieron los primeros prototipos rápidos por impresión en 3D en el Taller de CAD/CAD en CYAD UAM-A. Esto se trataba de los primeros modelos de lo que sería el fusil FX. Sin embargo, los modelos obtenidos por impresión en cerámica presentan una funcionalidad limitada y se emplea para materializar ideas y mostrar ciertas características del producto. En el caso del proyecto permitió mostrar la configuración inicial, dimensiones generales, características estéticas y verificar algunos detalles de ensamble.

La producción de estos modelos acercó al personal de la UIal empleo de ésta tecnología -entonces nueva- y permitió que el encargado de la operación del equipo adquiriera experiencia en el empleo como parte del proceso de diseño. Así que es posible afirmar que se trató de la

introducción de una innovación. Al momento de imprimir las piezas del modelo de IM en el laboratorio, solo se habían realizado los ejemplos de prueba con la ayuda del técnico de la empresa que vendió el equipo, por lo que materializar los prototipos se obtuvo experiencia significativa en su uso, ya que se presentaron algunos inconvenientes: la geometría de los modelos virtuales que enviaba el CI en ocasiones no cumplían con los parámetros requeridos por el equipo, los espesores de pared estaban calculados para ser fabricados en plástico, más no de cerámica, lo que provocaba que las piezas quedaran defectuosas o demasiado frágiles, por lo que Heriberto los revisaba y realizaba la correcciones necesarias.

Al principio me enviaban los archivos, y después como que se vino el tiempo encima empezaron a enviar personas para que trajeran los modelos y sobre todo al final los enviaban, yo revisaba los archivos y si yo encontraba algún error, ellos se encargaban de hacer las correcciones o los cambios en el momento; una vez, por ejemplo, las paredes que tenía el modelo eran muy delgadas y no iban a resistir la impresión y obviamente no iban a resistir el ensamble (Heriberto, comunicación personal: 200723).

También se aprendieron parámetros del proceso de impresión 3D como que el tiempo de extracción de la pieza no debe ser menor al que le toma a la máquina concluir el modelado. Asimismo se pudieron conocer los detalles de diseño, fabricación y manejo del equipo que no fueron detectados hasta que se realizó este ejercicio. El tiempo de

proceso fue el más difícil de digerir por los encargados de la fabricación, pues continuamente se tenían retrasos y para este momento la presión de Jesús por ver algo *tangible* era constante, por lo que en ocasiones se sacaban las piezas antes de tiempo y terminaban fracturándose, hasta que se impuso el Jefe de Laboratorio de Modelos:

Yo lo que aprendí en ese proyecto, fue el por el proceso a prueba y error, por que se nos rompían las piezas, era que debía esperar casi el mismo tiempo que había tardado en imprimir, para poder sacar las piezas, ya que como el polvo se humedecía, al sacar las piezas estaban húmedas y eran muy frágiles...y como ustedes tenían el tiempo encima...Se fabricaron como 4 versiones, la última la tuve que imprimir dos veces, por que como se la llevaron y ustedes le aplicaron la resina se les rompió, me la llevaron para que la volviera a imprimir y entonces les dije -sabes qué, aunque se enojen, pero esta pieza yo la saco y le pongo la resina- esa fue la última que recuerdo que hicimos...(Heriberto, comunicación personal).

No había dominio sobre el equipo, se veía que apenas empezaban a trabajar en el, fue un proceso de aprendizaje por prueba y error, por que se fracturaban las piezas (Mario, comunicación personal).

No quedó más que esperar y aceptar que, aunque en la innovación se carece de tiempo, siempre hay procesos que no pueden acortarse.

Esta experiencia y el hecho de entregar algo tangible a Jesús, permitió adquirir una impresora 3D propia, ya para se había demostrado que la

mejor tecnología para la impresión 3D era la de FDM (Fluid Deposition Method)¹⁸. Así que se contactó al distribuidor de la marca y se pudo conocer de cerca la tecnología y posibilidades. El distribuidor como parte de su promoción comercial accedió a fabricar -imprimir en 3D- algunos modelos del fusil. La impresión se realizó en una máquina que adquirida por el Tecnológico de Monterrey en Campus Estado de México, muestras que en su momento se presentaron a Jesús, quien autorizó la compra de una máquina. La interacción con el técnico del fabricante de impresoras FDM 3D permitió resolver el problema de tener componentes funcionales, es decir, que se pudieran someter a pruebas de funcionamiento, a nivel prototipo.

Una vertiente del proyecto consistió en la obtención de réplicas del fusil G36, esta fase del proceso de desarrollo se derivó del comentario de Jesús en la primera visita al CI -¡algo así es lo que quiero!-, refiriéndose al G36. Algunos de los acompañantes de Jesús entendieron ese comentario en el sentido de ¡copien el G36!, mientras que para Ulises aquel comentario significaba la dirección que se debía tomar sobre la

¹⁸ La tecnología de prototipado rápido FDM (Fused Deposition Modeling) fue desarrollado por S. Scott Crump a fines de la década de 1980 y se comercializó en 1990, se trata de una tecnología de fabricación aditiva comúnmente utilizada para aplicaciones de modelado, creación de prototipos. El principio de fabricación aditiva consiste en colocar cierta cantidad de material en capas mediante una boquilla que se mueve en dirección horizontal y vertical mediante un mecanismo de control numérico y extruye material termoplástico para formar capas a medida que el material se endurece generando así el modelo; de esta manera se logra la producción de piezas finales con muy buenos acabados y propiedades estructurales que generalmente permiten obtener prototipos que funcionan como lo haría el producto terminado y no solo con fines de demostración, como en el caso de las de tecnologías de deposición de polvos.

funcionalidad y estética esperados del proyecto como se terminó haciendo, así que nunca concibió realizar una la copia de aquel fusil,.

Sin embargo, Gabriel se propuso obtener una copia de aquel fusil, así que se le tuvo que explicar que no era necesario hacer una copia del fusil alemán. La intención de analizar los fusiles era realizar una comparación del desempeño de cada arma y proponer una configuración que integrara las mejores características de éstos, tanto físicas como ergonómicas que permitieran cubrir las necesidades del usuario, que era el soldado mexicano. Gabriel insistió en repetidas ocasiones en que el mejor camino de llegar al fusil sería a través de su reproducción, por lo que continuó ejerciendo presión para que se realizara la copia del G36 esperando ponerlo en producción antes de concluyera el 2005.

En todo caso, el desarrollo de prototipos similares al G36 fue un proceso de ingeniería inversa que permitió a los ingenieros de IM aplicar conceptos de desarrollo tecnológico, adaptar rutinas empleadas en los procesos productivos para lograr conocer detalles de funcionamiento del arma, características de los materiales y parámetros de los procesos de manufactura con que los obtuvieron los componentes originalmente. Por su parte al ápice estratégico se involucró en la coordinación de actividades entre diversos especialistas dedicados a dichas labores, involucramiento que no se había observado anteriormente, ya que normalmente en las actividades productivas o

técnica -como les llamaban- no intervenía el Director General, la supervisión se realizaba por medio del Director de Fábricas o por el *staff* del Director. En este caso, el proyecto tuvo la atención absoluta de Jesús – tienes que dedicarte al proyecto, en mi caso mis energías eran para eso (Jesús, comunicación personal)-.

En esta fase del proyecto el Ulises tomó la decisión de trasladar el equipo de diseño a una oficina de UPI, que se encontraba cerca del edificio de gobierno de IM, el Laboratorio y las UPs que participaban en el proyecto. Con ese movimiento se esperaba reducir los tiempos de coordinación y obtención de información generada en éstos y la reducían de los desplazamientos para la presentación de informes y gestiones administrativas que se debían realizar en el edificio de gobierno, como parte del del proyecto (Ulises, Artemio, Carlos, comunicación personal).

Algunos de los ingenieros de la UI realizaron visitas a diversas fábricas en las que se buscaba adquirir información para lograr concluir el proyecto en el plazo propuesto. Una de las visitas que influyeron en el proyecto X, fue la realizada en marzo de 2005 a las instalaciones de una fábrica de armamento europea. En aquella visita cuatro ingenieros de IM, observaron la tecnología empleada en el diseño y fabricación de armas de diversos calibres, observaron las prácticas seguidas en el diseño, manufactura, aseguramiento de calidad y pruebas a que se sometían sus productos, lo que proporcionó abundante información

que inspiró el diseño y fabricación del fusil (Carlos, comunicación personal).

Asimismo, el equipo visitó fabricantes de moldes y de inyección de plástico, proveedores de materias primas, como los polímeros de ingeniería requeridos, en parques industriales del estado de México y Querétaro. La idea era encontrar una fábrica que pudiera maquilar los componentes requeridos. En uno de estos recorridos se visitó el Centro de Investigación Avanzada y Desarrollo tecnológico de Querétaro CIADTEQ, cuyos directivos propusieron apoyar en el diseño de moldes de inyección necesarios para la fabricación en serie de componentes del fusil y la impartición de un curso de diseño de moldes parte de ese convenio incluyó la entrega moldes de silicón para la obtención de modelos físicos o. prototipos.

En el proceso de ingeniería inversa se realizaron análisis físicos, químicos y dimensionales de los diversos componentes del fusil muestra para la generación de la información técnica para fabricar los diversos componentes. Mientras que para realizar los ensambles en los componentes plásticos se recurrió a una técnica de vaciado de resinas en moldes de silicón. El diseño y fabricación de dichos moldes se logró gracias al convenio de colaboración firmado con el Centro de Investigación Avanzada y Desarrollo tecnológico de Querétaro CIADTEQ y los trabajos se realizaron en su Unidad de Desarrollo

Tecnológico del Estado de Querétaro (UDITEQ) que se localiza en San Luis Potosí.

Eduardo, quien se encargaba de la Unidad de Aseguramiento de Calidad (DUAC), fue designado para la fabricación de moldes. Para llevar a cabo esa labor solicitó que le asignaran ingenieros de la UI, sin embargo Ulises se opuso debido a que todo el personal tenía actividades asignadas. Así que Gabriel organizó un concurso para un curso de diseño de moldes en el CIADTEQ, en cuya evaluación participaron varios ingenieros de los que al parecer solo uno aprobó el examen. Es difícil explicar que un grupo de ingenieros con deseos de recibir capacitación especializada no haya aprobado un examen de aspectos básicos en procesamiento de plásticos habiendo recibido una guía de estudio. Sin embargo, esos fueron los resultados que se informaron a Jesús. Además, al parecer ninguno de los ingenieros evaluados conoció los resultados obtenidos, únicamente supieron que no fueron aceptados. Al respecto existía la versión de que sus jefes no permitieron su participación ya que asumían que esas actividades correspondían al CI y el hecho de que se designara a su personal afectaría su capacidad productiva y había riesgo de que al concluir la capacitación fueran asignados permanentemente al CI. Finalmente se nombraron dos ingenieros de las fábricas que se encargarían de la fabricación de moldes y dispositivos, dos que desarrollaban actividades administrativas y el CI tuvo que designar tres ingenieros (Francisco, Antonio, Jorge, comunicación personal).

De acuerdo con lo descrito anteriormente los ingenieros mejor capacitados para el diseño se encontraban en la UI, principalmente porque la institución había invertido gran parte de su tiempo laboral en desarrollar sus competencias en este campo¹⁹, esos aspectos fueron aprovechados por Eduardo para desarrollar una alternativa de diseño (Francisco, Jorge, comunicación personal), como también lo refiere Antonio:

Eduardo iba para ver lo del diseño del fusil, para la fabricación de moldes...teníamos fusiles G36, Walter 22, P9 y una ametralladora HK21, ya que además se pretendía hacer una ametralladora, con las ideas..., bueno no ideas, con sus ordenes– quería que se hiciera una ametralladora y dos bullpups. (Antonio, comunicación personal)

Desde que se habían mostrado los primeros modelos y se había logrado el apoyo total al proyecto y conforme se fue avanzando, por parte de otras áreas de IM se empezó a manifestar una lucha interna por resolver problemas técnicos del diseño o simplemente por tener una participación, que fuera apreciada por el DGIM:

Cada quien quería su propia propuesta, por ejemplo, José estaba haciendo su propio mecanismo de disparo, había muchos esfuerzos

¹⁹ El personal de ingenieros ya contaba con ciertos conocimientos en el empleo de software CAD para el modelado virtual de componentes; la dedicación exclusiva al desarrollo de trabajos de desarrollo tecnológico les permitía dedicar cierto tiempo de su horario de trabajo a capacitación en el manejo del software de diseño, que hacían de manera autodidáctica, recibiendo cierto acompañamiento de parte de los ingenieros que habían recibido capacitación formal.

aislados... y realmente los que tenían la responsabilidad eran los de la UI (Antonio, comunicación personal).

Alberto pudo desarrollar algunos modelos de fusil, aprovechando las capacidades de los ingenieros que se asignaron para recibir el curso de diseño de moldes, el acceso a recursos tanto de IM como del CIADTEQ y de la empresa contratada para la fabricación de moldes, aunque sus propuestas solo se trataban de ajustes estilísticos a los fusiles que tomó de base:

Se intentó cambiar la forma del fusil alemán, modificando solo el exterior; fabricamos con este método 2 bullpups y otro modelo de fusil; uno con piezas de una pistola ametralladora, otro con piezas del fusil que se encontraba en servicio y el tercer con piezas de un fusil calibre 5.56mm (Antonio, comunicación personal).

No obstante que el convenio firmado era para la impartición de un curso de diseño de moldes, que tuvo un costo de casi un millón de pesos, el personal solo recibió algunas horas de capacitación sobre generalidades en diseño de piezas plásticas. En realidad el aprendizaje fue en la práctica, sobre el proyecto, sin capacitación formal (Antonio, Jorge, comunicación personal), los que tenían conocimientos en SolidWorks diseñaban, el resto se encargaba de realizar actividades de moldeo de la resina con lo que se obtuvieron los prototipos (Jorge, comunicación personal).

Alberto generó una serie de conflictos alrededor del proyecto X, su interés en presentar una propuesta de diseño a título personal provocó una sobrecarga de actividades para los que quedaron a cargo de las actividades del proyecto X en la UI. En las diversas actividades que coordinó a lo largo del proyecto estuvo ligado a diversos conflictos personales con algunos de los ingenieros a su cargo (Ulises, Francisco, Victoriano, Antonio, comunicación personal).

4.11 Actividades de diseño.

En el mes de mayo se intensificaron las actividades, la presión de parte de Jesús se hacía sentir por medio de Gabriel que diariamente visitaba el área de modelado, que se había instalado en una de las oficinas de la UPI. Normalmente llegaba y se le informaba de los avances de los trabajos que se estaban realizando. En alguna ocasión se le mostró el avance del diseño del fusil propio y su reacción fue contraria a la esperada por los investigadores, manifestó un gran descontento, indicando que el personal debía concentrarse en el modelado y elaboración de planos de la réplica. Días después llegó de imprevisto y observó que en una de las estaciones de trabajo se estaba trabajando un modelo de fusil X y nuevamente ordenó que se suspendieran aquellos trabajos y que se trabajara exclusivamente en la elaboración de planos de la réplica, prohibiendo que se realizaran otros trabajos. Para este momento varios ingenieros se habían sumado al proyecto, las jefaturas de las factorías habían ofrecido apoyo para fabricar los

diversos componentes del fusil. Aunque la mayoría solo asistía cuando se presentaban los Directivos, o en algunos casos realizaban actividades que no beneficiaban directamente al proyecto (Ulises, Artemio, Carlos, comunicación personal).

Considerando que en cualquier momento el DGIM iba a requerir el diseño propio, se organizaron las actividades de tal manera que en horas laborales, cuando podía presentarse un supervisor, se elaboraban planos del fusil alemán, mientras que en el nuevo fusil se trabajaba en horario no oficial, en horario de comida o por la noche. Así que el personal trabajaba a partir de las 22 horas y hasta entrada la madrugada (Ulises, Aldo, comunicación personal).

De esta manera se avanzó en las actividades de diseño del fusil X y las de ingeniería inversa mediante las que se obtuvo la réplica del fusil alemán. Una vez que el equipo concluyó el análisis dimensional y la elaboración de planos que se entregaban a las factorías involucradas para la fabricación de componentes el personal de la UI se concentró en la fabricación de un modelo funcional o banco de pruebas. Ese dispositivo permitió probar los mecanismos de disparo, de carga y el funcionamiento del cañón, ya que contenía la mayoría de los componentes diseñados para el fusil X sin refinar y sin detalles estéticos. La simulación del funcionamiento empleando este modelo, generó información valiosa que permitió verificar diversos aspectos funcionales del fusil X (Ulises, Carlos, Mario, comunicación personal).

En el mes de junio se había logrado obtener los modelos por impresión en 3D con apoyo de la UAM-A y se tenía una presentación con las características finales de la primera versión del fusil X que Ulises presentó directamente a Jesús. En esa reunión le presentó el diseño conceptual del fusil X y se presentaron los modelos obtenidos, se informó de la problemática que se tenía con los trabajos de fabricación de la réplica y se insistió en el riesgo de ser acusados de plagio por realizar la copia de un arma. Además, el equipo era consciente de que los trabajos para obtener la réplica consumían recursos importantes del proyecto, se consideraba que no era conveniente copiar el arma por los riesgos legales, no solo para IM, sino para la Secretaría. Finalmente, Jesús autorizó trabajar exclusivamente en el fusil X, aunque ya se estaba concluyendo la fabricación de un pequeño lote de réplicas.

Esta decisión no le agradó mucho a Gabriel y se cree que buscó la manera de entorpecer los trabajos que el CI coordinaba con las fábricas. En la UI continuaba el diseño de componentes y ensambles. La fabricación de algunos componentes para el armado de prototipos era cada vez más lenta. En las fábricas se presentaban problemas de ajuste de componentes, se cometían errores de manufactura y se tenían que volver a trabajar componentes ya terminados (Carlos, Victoriano, comunicación personal).

En julio de 2005, se realizaron pruebas de funcionamiento -de las réplicas fabricadas- en presencia del Titular de la Secretaría. En estas

pruebas se presentaron algunos incidentes por el mal funcionamiento de algunas réplicas -que por su construcción “artesanal” y las características de los materiales empleados en éstas, presentaban diversos problemas de ensamble-, las fallas se justificaron argumentando que su fabricación era un paso necesario para verificar las capacidades de IM en la fabricación de armamento individual. Los responsables del proyecto explicaron que las pruebas realizadas solo tenían la finalidad de mostrar que los ingenieros conocían los principios de funcionamiento del arma y por tanto pudieron replicarla, como se muestra a continuación:

Las pruebas fueron severas y consistieron en caída libre y disparos en ráfagas...con esas medidas se obtuvieron bases técnicas y los criterios necesarios para elaborar métodos de prueba y diseño de experimentos que más adelante permitirían desarrollar sistemas con base en la norma ISO 9001:2000 para alcanzar productos de calidad (SEDENA, 2006:265).

Al concluir la demostración se presentó el proyecto para el desarrollo del fusil nacional y en el acto se aprobó el proyecto (Jesús, comunicación personal).

Las realizaciones de las pruebas ante el alto mando legitimaron un proceso en el que el Gabriel y Eduardo tomaron una serie de decisiones que afectaron la ejecución del proyecto en sus fases iniciales. Además, los resultados obtenidos en las pruebas no fueron de utilidad para la continuación de las fases subsecuentes, como oficialmente se ha

informado (*idem*). Sin embargo, el acercamiento a la funcionalidad del arma, las actividades de desensamble de ésta, el análisis dimensional de los diversos componentes, la determinación de sus características físicas y químicas permitieron a los participantes -ingenieros y técnicos del Laboratorio y de algunas factorías- generar capacidades para la realización de técnicas de ingeniería inversa para el desarrollo de nuevos productos, a la vez que se involucraban en el proyecto X (Ulises, comunicación personal).

La decisión de enfocarse en los trabajos de diseño del fusil propio, no fueron del agrado de Gabriel y se cree que buscó la manera de entorpecer los trabajos que Ulises coordinaba con las fábricas. En el CI el diseño de componentes, así como los ensambles continuaban avanzando, sin embargo, la fabricación de algunos componentes para el armado de prototipos era cada vez más lenta. En las fábricas continuaban presentándose problemas de ajuste en los ensambles, se cometían errores de manufactura y se tenían que volver a trabajar componentes ya terminados (Carlos, Victoriano, comunicación personal).

Finalmente, a mediados de septiembre se armaron los primeros prototipos y se tuvieron resultados positivos. Pero el equipo requería ajustar algunos componentes y las pruebas realizadas no fueron exhaustivas. Por parte, el área de ensamble de UPI seguía realizando

ajustes para que el primer prototipo funcionara sin interrupciones (Antonio, comunicación personal).

Jesús tenía una preocupación constante por acercarse a quienes participaban en las diversas actividades del proyecto X, así que visitaba el área de modelado virtual, el Laboratorio, los talleres, la galería de tiro. Él tenía presencia en las diferentes partes donde se realizaban las diversas actividades. Él buscaba tener cercanía con el personal de todos los niveles jerárquicos, organizaba desayunos o comidas con los generales, jefes, oficiales y tropa, en las que aprovechaba para conversar con el gran equipo de trabajo (Jesús, Francisco, Victoriano, Antonio, comunicación personal).

Una de las áreas en donde el superior recibía los primeros informes del día era en el gimnasio, al que se presentaba a las cinco de la mañana. En éste lugar los Jefes de Fábrica le informaban sobre los acontecimientos ocurridos durante la noche y diversos aspectos. A este espacio también acudían algunos ingenieros de menor jerarquía a los que también cuestionaba sobre el desarrollo de sus trabajos (Victoriano, comunicación personal).

Muchos de los partes matutinos eran en el vapor, llegaba al vapor en la mañana y ahí se enteraba de primera mano, cinco y media de la mañana, que había pasado la noche anterior, de quienes de los que estábamos en el vapor, de los que iban, de los que le daban parte en la mañana; Yo iba al vapor diario y me preguntaba ¿Cómo va el prototipo? directamente, y

a lo mejor no iba quien tenía que darle parte y cuando él iba a desayunar, ya tenía cierta información y había esos conflictos ¿Quién le dijo? (Victoriano, comunicación personal).

Así que a finales de septiembre, por este tipo de acercamiento con el personal, en una entrevista informal, derivó en la sustitución Ulises:

...hubo un atraso como de dos meses, no había avance y le pregunte a uno de los ingenieros de la UI y me dijo “Ulises nos está diciendo que en caso de que lo resolvamos que debemos ir lentos, porque usted nos va a correr, porque se va a quedar usted con la gloria”, salí de ahí e inmediatamente ordené el cambio (GOG, comunicación personal).

Unas horas después Ulises recibió la orden de presentarse de inmediato a su nueva área de trabajo, preguntó a Gabriel sobre los motivos, quien solo le contestó que así lo había decidido Jesús y no hubo más preguntas ni respuestas. Ulises no buscó hablar con el Director General, se presentó en el área a donde fue asignado, para este momento, el diseño conceptual y físico del fusil se encontraba concluido, se encontraba integrado a nivel prototipo y se habían realizado pruebas. De cualquier manera el producto aún requería de diversos ajustes para lograr un funcionamiento estable, sin interrupciones y con seguridad para el usuario, actividades que de alguna manera correspondían a la UPI y las fábricas de herramientas, para Jesús la destitución de Ulises del cargo de Director del Centro de Investigación permitieron el avance del proyecto:

...coincidentalmente a los pocos días se resolvió el problema que había...me preocupaban los resultados, yo quería resultados y avances rápidos, que no se daban... (Jesús, comunicación personal).

Jesús tomó esta decisión sin conocer la versión de Ulises, tampoco hubo interés de éste, por conocer los motivos o aclarar la situación que habían motivado el cambio.

Hay que decir que al revisar los comentarios y argumentos expresados sobre el desarrollo del proyecto y analizar lo establecido en el discurso oficial plasmado en documentos (p.e. en SEDENA, 2006), se observa cierto desconocimiento por parte de Jesús sobre la dinámica en que se desarrolló el proyecto:

... siguiendo los principios técnicos de Estado Mayor, se hicieron los primeros estudios y la factibilidad de darle vida a una familia de armas individuales totalmente hechas en México,... busqué darle una organización empresarial al trabajo, con conexiones mediante el uso intenso del internet, informes diarios desde sus estaciones de trabajo de avances y rezagos, cuidando los horarios laborales, y así tener al día los resultados (Jesús, comunicación personal).

Para el trabajo de diseño parte de la información se obtuvo mediante búsquedas en la Web, pero la mayor parte de trabajo, consistió en trabajo creativo, actividades de análisis, elaboración de propuestas de diseño, dibujo y modelado, en los que se invirtieron muchas horas al día (Ulises, Victoriano, Antonio, comunicación personal). Conforme a lo ya

mencionado, los horarios de trabajo iniciaban a las 0700 horas o antes y no había hora de salida (Mario, Aldo, comunicación personal). Durante el ensamble de los bancos de prueba las UPs entregaban los componentes fabricados y los ingenieros de la UI realizaban el ensamble y ajustes durante la noche, para poder informar a primera hora sobre los resultados (Mario, comunicación personal). Los informes de avances y retrasos en el proyecto eran proporcionados por Gabriel, quien se apoyaba por supervisores que daban seguimiento a los diversos trabajos (Mario, comunicación personal). También se obtenía información de diversas fuentes y en muchas ocasiones no se verificaba la veracidad, lo que ocasionaba conflictos a los investigadores de primera línea, a la organización del proyecto y sobre todo a las capacidades de innovación construidas anteriormente (Ulises, comunicación personal).

En la segunda fase del proyecto, que se desarrolla del mes de junio al mes de diciembre de 2005, se fabricaron y probaron 100 fusiles. El 28 de junio se creó un organismo independiente a la UI para elaborar la documentación necesaria para la implementación de procesos de fabricación en serie de los componentes diseñados (SEDENA, 2006: 213). Esa labor era para desarrollar los procesos de manufactura, determinar la secuencia de operaciones, maquinaria, herramienta y dispositivos necesarios para la fabricación en serie del fusil se integran ingenieros y técnicos de diversa áreas. En apariencia esa decisión fue de mucha

ayuda para la UI, sin embargo, Jesús dispuso que Artemio se integrará al organismo recién creado, reduciendo la capacidad de la UI que continuaba realizando algunos ajustes al diseño, mejorando componentes y ensambles y realizando pruebas de funcionamiento (Carlos, Victoriano, Antonio, comunicación personal).

Para la integración de la infraestructura necesaria para la fabricación se emplearon recursos generados con ajustes de algunos programas de fabricación y mantenimiento, se crearon mecanismos para aprovechar al máximo las capacidades de IM, se redujeron las contrataciones de servicios que pueden ser realizados internamente y en algunos casos se efectuaron modificaciones o actualizaciones a maquinaria especializada para reducir la dependencia tecnológica y los costos (Jesús, comunicación personal).

Otra fuente de financiamiento para el proyecto surgió de la venta de servicios del Laboratorio Central a empresas o de la mediación realizada para la comercialización de armas y municiones entre particulares, empresas y gobiernos en todos los niveles. En este aspecto se puede observar la resolución creativa a la falta de recursos destinados a un proyecto que no estaba considerado para ese ejercicio presupuestal, como refiere Jesús:

... el acuerdo con el General Gerardo Clemente Ricardo Vega García, no fue terso, cuando le mencioné mi intención de fabricar una familia de armas individuales, comenzando con un fusil cal. 5.56, similar al calibre

que usan los países de la OTAN, textual me dijo: “¿no sabes que los más chingones en el mundo haciendo armas son los alemanes?” le repliqué que la Industria Militar había nacido en 1916 haciendo armas de la época, fusiles Mausser de repetición y de gran calidad, que ahora era tiempo de dar el gran salto hacia adelante y cumplir con el legado de Don Venustiano Carranza, de fabricar nuestras propias armas; también le mencioné la necesidad de innovar por el rezago de la industria militar. A regañadientes me dijo: “te voy a autorizar para que no digas que no te di la oportunidad, pero no vas a tener un centavo de presupuesto para este proyecto y continuamente te estaré supervisando para ver los avances”; le repliqué con respeto, que ya vería de dónde obtenía los recursos necesarios, procuraría ahorros y economías propias. El reto era mayúsculo, poca simpatía por un proyecto innovador y cero recursos, no podía estar peor el ambiente... (Jesús, comunicación personal).

En ese momento se inició la adquisición de maquinaria y equipo, tanto para continuar con el diseño, como para la fabricación en serie del arma. Esa tarea correspondía a los jefes de fábrica y sus jefes de ingeniería, con la supervisión de Gabriel y el Departamento de Compras. Con esa finalidad se buscaron proveedores de máquinas, equipos, moldes, aceros, plásticos y en fases posteriores la compra de miras telescópicas para equipar el fusil (Rick, comunicación personal). En primer término, se adquirió equipo de cómputo, equipo de medición -sobresale una cámara rápida- y máquinas de impresión 3D o de Prototipado Rápido. De manera paralela, en menos de dos años se adquirieron diversas máquinas y equipos con los que se renovó la infraestructura de la UP1 y

sus fábricas de apoyo (Carlos, Mario, Jorge, Rick, comunicación personal).

Estas adquisiciones implicaron la actualización de diversos actores en todos los niveles, como los operarios, supervisores e ingenieros, quienes realizaron cursos para la operación, programación y mantenimiento, cursos de programación de Control Numérico Computarizado (CNC), cursos de Diseño, Análisis y Manufactura Asistidos Por Computadora (CAD/CAE/CAM). Algunos de los cursos se impartieron en planta y otros en las instalaciones de los fabricantes de la maquinaria y de 2006 a 2007 dos ingenieros realizaron un "Curso en Propiedad Industrial" en el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (Carlos, Francisco, Victoriano, Antonio, comunicación personal).

Al parecer en este aspecto también existe discrepancia²⁰, ya que para el Director General durante su estancia en el IM promovió el desarrollo profesional de los ingenieros militares:

Con el paso del tiempo, me dí cuenta que necesitábamos ingenieros especializados en aceros y polímeros principalmente, por lo que busqué en donde capacitarlos incluyendo algunos técnicos; envié 21 a estudiar a los centros de investigación en diferentes estados de la república y al

²⁰ Del 01 de enero de 2005 al 30 de noviembre de 2006, periodo que corresponde a la administración de Jesús, no se tienen registros de que algún ingeniero haya realizado cursos de posgrado; es a partir 2008 que los ingenieros militares aprovechan la apertura y fomento para la realización de posgrados; se realizan maestrías especialidades en polímeros, materiales, ingeniería mecánica, mecatrónica; en algunos casos como parte de convenios de colaboración, en otros, derivados de gestiones de los interesados; de esta manera para 2012 IM contaba 4 Doctores en Ciencias, 5 Maestros en Ingeniería, 2 en Diseño y 1 en Estudios Organizacionales (Carlos, Francisco, Victoriano, Antonio, comunicación personal).

politécnico mandamos 4 ingenieros a que hicieran doctorado (Jesús, comunicación personal).

En este periodo, personal de la UI, de la UPI y de las fábricas de herramientas conjuntaron esfuerzos para lograr la fabricación de un lote experimental de fusiles X, después de tres meses de trabajo y de horarios de trabajo extendidos, se lograron tener los primeros prototipos del nuevo fusil mexicano:

La segunda fase fue fabricar un lote de 100 fusiles, con las características propias del FX05 al 01 de diciembre de 2005, en realidad hicimos 200 fusiles... (Jesús, comunicación personal).

Una pregunta que surge es ¿como los ingenieros realizaron estudios - posgrados en ingeniería en centros de investigación o universidades- mientras se confrontaban el desarrollo tecnológico del arma? Hay que tener presente que el diseño de procesos de manufactura, herramientas y dispositivos y la integración de maquinaria requirieron de horarios extendidos en todas las áreas involucradas. Esta carga de trabajo motivó en esta etapa del proyecto algunos incidentes, principalmente entre los miembros del equipo inicial de trabajo:

Hubo una ocasión en que se molestaron conmigo, bueno, Gabriel; por el hecho de que yo había estado trabajando desde el jueves y no había ido a la casa, no me había cambiado, ...tenían que salir las cosas, era diciembre y entonces el Jesús dio un pavo, le dije a un compañero que estaba ayudándome -me voy a ir, no me he bañado, me echas un grito si

es que me buscan- y me fui y al siguiente día cuando regresé, el martes, ante todo el mundo dijeron que yo era un traidor, que había abandonado el barco cuando más me requerían, eso dijo Jesús, por que el Gabriel le informó que me había retirado por la tarde; posteriormente Gabriel habló con todos los ingenieros y me dijo -ya no queremos que sigas participando- y le dijo a Victoriano y a otro ingeniero -pónganse a hacer un mecanismo de disparo-, en ese momento yo esperaba una reacción, no sé... de compañerismo o de equipo, y ellos dijeron -si mi general, vamos a presentar algo completamente diferente-;...ese día dieron un bono y ya no me tocó...; finalmente ellos no hicieron nada y usaron el trabajo que yo había desarrollado (Antonio, comunicación personal).

Para supervisar la fabricación de moldes en Portugal, para dicho fin se designó a Eduardo, Victoriano ingeniero de la Uly Juan ingeniero de la Unidad de Producción encargada de atender las necesidades de dispositivos y herramientas. Su designación tenía como objetivo enlazar las actividades de diseño, que realizaban los ingenieros de la UI mientras se fabricaban los moldes, en un proceso de ingeniería concurrente. En esta fase del proceso se presentaron problemas de coordinación y comunicación, ya que se enviaban algunos dibujos y modelos virtuales que el equipo de Portugal -Victoriano- no actualizaba y finalmente el fabricante de moldes realizó su trabajo con información obsoleta, problemas que después se tuvieron que resolver en IM (Antonio, comunicación personal). Al parecer tampoco se tomaron en cuenta las dimensiones de las máquinas de inyección de plástico disponibles -algo

básico en el diseño de moldes de inyección de plástico-, lo que generó la necesidad de adquirir máquinas de mayores capacidades (Jesús, comunicación personal).

Durante su estancia en Portugal Eduardo, también enfrentó algunos conflictos:

Son de esas cosas que me pregunto ¿Cómo es posible que la gente no se diera cuenta? O si se daban cuenta ¿por que lo permitían?...Si pudiera describir en una palabra a Eduardo, diría “nocivo”; ... no nos gustaba salir con el, para empezar regresábamos bien tarde; estar en Portugal me gustó mucho por que fue otra experiencia, pero la chamba fue tan intensa y estábamos en diferentes horarios y a veces no dormíamos; ...una ocasión me parece que era un viernes, llegamos y nos dijo vamos a salir a tomarnos una copa, casi nos obligó, fuimos a una tipo cafetería, ... pero al Eduardo ya se le subía muy rápido, entonces salimos del bar y me empezó a reclamar y yo no le contestaba, pues era el jefe, pero llegó un momento que se puso frente de mí y que me agarra de las solapas y que le quito la mano, no me toque, es lo único que le voy a pedir, no me toque-, - te voy a regresar a México-, -regréseme el primer vuelo que me disponga yo me regreso no tengo por qué estarlo aguantarlo a usted, ni usted tiene por qué estarme aguantando a mí-, finalmente no me regresó...(Victoriano, comunicación personal,).

Al igual como lo ocurrido en otras circunstancias, parece que el ápice estratégico no se enteró de estos inconvenientes o si lo hizo, nunca se tomó acción alguna para corregir o evitar este tipo de situaciones.

A nivel directivo también se enfrentaban algunos inconvenientes relacionados con el desarrollo:

...el primero de diciembre de 2005 ...nos presentamos con el General Secretario, ahí le entregué el fusil 001 grabado con el nombre del Presidente Fox y otro fusil con su nombre -fue este día porque era aniversario de gobierno-, para que se lo hiciera llegar al presidente como un logro de su administración; grande fue mi sorpresa, cuando más tarde me mandó llamar a su despacho, me regresó los dos fusiles y me comentó que al presidente no le gustaban las armas y que él tampoco quería la que le habíamos dado... lo importante fue que el General Secretario ordenó que el lote de 200 prototipos fuera enviado para someterlos a pruebas en todos los ambientes físicos y en los diferentes mandos territoriales (Jesús, comunicación personal).

En enero de 2006 se concluyeron los ajustes al diseño del fusil FX-05 y en los dos primeros meses del año se realizaron pruebas de funcionamiento en diferentes regiones del país, para exponer el arma a diversos factores ambientales, evaluar el desgaste de los materiales y obtener una retroalimentación del diseño (SEDENA, 2006:277). En este momento dio inicio la tercera fase que consistió en fabricar 5,000 fusiles, aunque finalmente a principios de septiembre se cubrió la meta de fabricar 10,000 unidades, meta programada para diciembre¹⁷

...en realidad fabricamos 10,000 fusiles hasta el 5 de septiembre de 2006, para que participaran en el desfile militar de ese año, fue un esfuerzo

conjunto de obreros, técnicos, ingenieros y directivos que fructificó adecuadamente (Jesús, comunicación personal).

EL CI en el proyecto inicial había propuesto diseñar y obtener un modelo funcional de febrero a agosto de 2005. De septiembre de 2005 a octubre de 2006 se realizaría el desarrollo, fabricación y pruebas del prototipo. De enero de 2007 a diciembre 2007 desarrollar procesos de fabricación, especificar y adquirir maquinaria, equipo y herramental. Durante 2008 se tenía proyectada la implementación de procesos de fabricación y fabricación de un lote experimental de 1000 fusiles y a finales de 2009 después de fabricar y probar un lote piloto de 5000 armas. Con este desarrollo gradual se esperaba que el grupo de diseño y las áreas encargadas de desarrollar los procesos de fabricación en serie, de realizar la selección, compra e integración de maquinaria y equipos, así como las áreas de producción pudieran asimilar la nueva tecnología e incorporarla al acervo tecnológico de IM.

El Centro de Desarrollo Industrial (CDI) desarrolló -en concurrencia con las áreas de producción y el CI- la documentación necesaria para la obtención en masa de los componentes. La manufactura se realizó en UPI, en las fábricas de herramientas y en algunas fábricas de IM que anteriormente no habían estado involucradas en la fabricación de armamento individual, implementando las operaciones con la infraestructura disponible (SEDENA, 2006:269).

Todo parecía ir bien con el desarrollo del proyecto X, ya que se habían cumplido las metas propuestas por Gabriel, salvo por que el CI había evitado que el producto final fuera una copia del fusil alemán. Para el ápice estratégico todo había salido *a pedir de boca*, como lo expresaba Gabriel. El 16 de septiembre de 2006 se presentó el fusil como parte del Desfile Conmemorativo de la Independencia de México, se mostraron al mundo 10000 fusiles de diseño y fabricación mexicanos.

Hay que indicar que el desarrollo de un producto del nivel del FX05 daba a Jesús cierta ventaja sobre sus pares en la carrera por la designación del puesto de titular del ramo por los próximos seis años -principalmente por la presencia pública que la difusión del proyecto significaba-. Eso provocó que desde el inicio de la segunda fase del proyecto se recibían diariamente diversos visitantes, quienes después de visitar el edificio de gobierno visitaban el área de Diseño Asistido por Computadora que había instalado el CI en la UPI, donde podían observar como el fusil iba tomando forma, mientras escuchaban atentamente la explicación de las particularidades del proyecto que amablemente daba Jesús. Los mandos militares, políticos, comunicadores fueron testigos de la concepción y nacimiento del fusil -Que mejor cierre de esta campaña publicitaria que el Desfile Conmemorativo-, aunque al parecer no se obtuvo la publicidad esperada:

... las envidias estaban a flor de piel, las intrigas no se hicieron esperar,... y aunque los 10,000 fusiles FX05 se insertaron en el marco de la modernización de las fuerzas armadas y desfilaron con las tropas, bloquearon que los locutores dijeran algo relacionada con tan importante logro sexenal (Jesús, comunicación personal).

Parece ser que el día que se presentaron los dos prototipos al Secretario de la Defensa, se comunicó que el Director sería el comandante de la columna del desfile el último año de la administración pública 2000-2006. Hay que tomar en cuenta que en las últimas cuatro administraciones el comandante de la columna del último desfile militar del sexenio fue nombrado para ocupar en el siguiente período presidencial el cargo más alto de la estructura militar. Así que muchas personas daban por hecho el nombramiento de Jesús como titular de la secretaria del ramo en la siguiente administración. Sin embargo, se nombró al General Guillermo Galván Galván como nuevo secretario de la Defensa y éste, una vez establecido en el cargo, ordenó que Jesús se hiciera cargo de un Cuartel General en Oaxaca, concluyendo así su estancia en IM y sus aspiraciones de ocupar el más alto cargo dentro de la organización militar en México.

Una nota de un diario nacional, en la que se exponía que el fusil X era una copia del G36 alemán y se acusaba a la Secretaría de plagio, se difundió y pudo haber influido en la decisión presidencial de nombrar al Gral. Galván y no a Jesús. El artículo contenía una serie de detalles

que en su mayoría carecían de veracidad, de acuerdo a lo expresado por algunos entrevistados:

Un General que llegó a subsecretario en la siguiente administración, le comentó a la hermana del presidente electo que el Director se había robado la patente del fusil G-36, así lo filtraron al periodista Raymundo Rivapalacio, que publicó una nota que la cabeceó: "El fusil fusilado", refiriéndose al FX-05, más destructiva no podía ser (Jesús, comunicación personal).

...todo empezó por un periodicozo, -"SEDENA plagia G36 de los Alemanes", y a raíz de ahí viene un contacto entre Markus Bantley y otro de GH que vino de Alemania, en IM obviamente se encendieron las alarmas; yo todavía no me iba al IMPI al curso de propiedad industrial pero ya estábamos más o menos adentrados en el tema; algo con lo que yo no estuve de acuerdo es que les enseñáramos a los alemanes todo lo que habíamos estado haciendo, se les enseñaron modelos, análisis, planos, proceso de manufactura y al final del día dijeron -no tenemos nada que reclamar- y ya, se publicó en el periódico en un cuadrado muy pequeño, en el olvido, no era nota... (Victoriano, comunicación personal).

...nuestros principales enemigos eran los abogados de la asesoría jurídica, no creían en nosotros. Preparamos los argumentos y estuvimos con los alemanes y les dimos jaque mate después de los periodicosos en contra de mi General Jesús, y recuerdo que a mi tocó hacer el acta donde firmaron los alemanes que no habíamos violado la propiedad industrial...fue cuando se comunicó a los medios de comunicación que

dieran vuelta atrás con esas ocho columnas que nos habían desacreditado, pero lo pusieron hasta atrás en un artículo de quince renglones...(Artemio, comunicación personal).

En la sala de juntas de la Dirección General, los alemanes dijeron que habíamos violado la propiedad industrial; primero les preguntamos que si tenían registradas sus patentes en México -no las tenían-; qué si estábamos haciendo una producción masiva para vender - era para consumo interno-; desarmamos un G36 y un FX y les comentamos cuales eran sus patentes y cuales eran las nuestras y que nos dijeran donde se había violado la propiedad industrial -no pudieron encontrar absolutamente nada- y entonces firmaron el acta de no violación a la propiedad industrial; un jefe ingeniero muy admirado fue el que hizo todo esto, con su inteligencia estructurada, muy agudo, muy certero (Artemio, comunicación personal).

Hubo una reunion en la Defensa, los alemanes propusieron...ya vimos que no tenemos nada que perseguir, ustedes tienen su propio diseño, pero si notamos varios errores, entonces proponemos que HK les ayude en el desarrollo del FX, y digan que fue un desarrollo entre HK y ustdes, y nos permitan explotar la comercialización del arma, -dejenos a nosotros con nuestras broncas- ... (Victoriano, comunicación personal).

No se sabe a ciencia cierta cuales fueron los elementos tomados en cuenta para la designación del Secretario de la Defensa Nacional en 2006 y si la publicación de la nota influyó en ésta decisión, afectando los intereses de Jesús, ya que también varios diarios de circulación

nacional habían publicado diversas notas en que se le asociaba a violaciones a los derechos humanos en ciertas operaciones militares.

En 2007 Rojas²¹ -quien no participó en el inicio del proyecto- propuso detener la producción para rediseñar el arma y corregir las deficiencias que presentaba. Sin embargo, el jefe de UPI gestionó para que se continuara la fabricación y corrección de problemas sin parar la fabricación del fusil. Con ese objetivo en mente solicitó la designación de dos ingenieros del equipo de diseño inicial de la UI, con quienes estableció un área de diseño en su factoría.

Llego a FA a petición del Subjefe de UPI...quien le vendió la idea a Javier que si nos asignaban a UPI iba a salir el fusil...cuando llegamos tuvimos que empezar de cero el desarrollo de calibres, debido a que habían perdido la información...tan de cero que hubo muchos calibres que tuvimos que volver a medir y modelar para poder fabricarlos nuevamente... (Victoriano, comunicación personal).

De esa forma iniciaron por establecer cierto orden en la elaboración y control de la documentación técnica:

... empezamos a generar carpetas y empezamos a generar calibres y entonces teníamos cañón FX fulano de tal y el nombre del calibre y ahí estaba el modelo, la solicitud, el bosquejo todo lo necesario y en físico

²¹ Rojas llegó para coordinar las actividades de la UI y del Centro de Desarrollo Industrial y con estos propuso la creación de una dirección encargada de la coordinación de actividades de investigación y desarrollo de IM (Antonio, comunicación personal)

teníamos los planos y los rayoneos que le íbamos haciendo, los análisis de laboratorio (Victoriano, comunicación personal).

El CI planeo implementar los procesos de fabricación en serie en 5 años, a partir del momento que inició el proyecto, quien elaboró el programa de trabajo y ruta crítica del proyecto previendo que los tiempos de implementación de procesos podrían reducirse en cierta medida si se asignaban los recursos necesarios. Sin embargo, la reducción a menos de dos años -21 meses aproximadamente-, afectó el producto final. Así que entre 2007 y 2010 los fusiles fabricados y entregados a las tropas presentaron diversos problemas técnicos, entre los que se contaban componentes rotos, defectuosos o con problemas de ensamble que constituían un riesgo para el usuario. Esto provocó que volviera la tradicional crítica a las fallas y problemas de calidad, que de forma recurrente hasta los años 90 los usuarios hacían de los productos de IM, algo que desde su llegada Jesús había reclamado y buscado minimizar.

Diversos actores se enfrentaron a varios problemas técnicos -tanto en el funcionamiento del fusil, como en aspectos relacionados con las actividades de manufactura-, en todo caso, derivados del desarrollo acelerado del arma y que se fueron acumulando conforme se avanzó en el desarrollo tecnológico. Entre los encargados de realizar las correcciones al diseño y continuar con la fabricación se encontraban algunos de los integrantes del

equipo inicial que ahora trabajaban para UPI, encargada de cumplir con los programas de producción comprometidos.

Tuve la fortuna de quedarme toda mi vida en el FX desde enero de 2005 hasta septiembre de 2018...llegue a FA a finales del 2008 y estaban las broncas fuertes,... por que el diseño ya estaba, pero no estaba el desarrollo de la fabricación en serie, ese fue otro proyecto y a mí me toco también, y ahí estuve hasta que terminamos (Victoriano, comunicación personal)

Hubo un momento en que el FX estaba desahuciado; Fui testigo en 2008, claramente, de la muerte de nuestro hijo prematuro (ibidem).

¿Que salvó al Fx?, fueron cuestiones no sé, si del destino o coincidencias, vinieron los problemas con GH por el suministro de refacciones;...en ese momento no se habia dejado de fabricar el G3, llevabamos dos lineas, planeación de FX y planeación de G3, dijeron ¿Qué vamos hacer? - tenemos el FX mi general-, eso fue hasta cuando Javier se fúe y llegó el DG6 (ibidem; 5:44).

Posterior a estos acontecimientos se presentaron problemas que no se habían previsto, como el suministro de acero, la adquisición de una máquina para la conformación interior de cañones fue un problema que no se resolvió hasta la administración de 2012-2018. Esos detalles demuestran que el ingenio y creatividad no son suficientes para el desarrollo de tecnología propia. La dependencia del exterior es aún muy grande, no existen fabricantes de acero, de maquinaria, de

polvoras en el país que puedan cubrir las necesidades de la Industria Militar. En consecuencia, para que una innovación tecnológica sea viable es necesario fortalecer el ecosistema que le proveerá los recursos materiales y la infraestructura necesaria para llevarse a cabo.

En 2018 al concluir la fabricación de fusiles necesarios para dotar al Ejército Mexicano, Jesús recibió la condecoración de servicios distinguidos por el Proyecto FX:

La idea, dirección y resultados del proyecto, me fueron reconocidos hasta el 29 de noviembre de 2017 por el Sr. General Salvador Cienfuegos Zepeda mediante la condecoración "Distinción Militar", se tomaron su tiempo en la sedena para reconocermé, pero me ha quedado la satisfacción y el honor de haber hecho algo tangible, mensurable e importante para mi país, darle algo de orgullo a nuestra población que parece que vive abstraída en el surrealismo (Jesús, comunicación personal).

En la misma ceremonia Ulises y dos ingenieros más, recibieron la Condecoración al Mérito Técnico por su participación destacada en el proyecto X. No se sabe como fue que después de 13 años se consideró a uno de los promotores del proyecto, aunque es justo reconocer que hubo varios ingenieros y técnicos cuya participación fue muy valiosa para la materialización del proyecto y hasta la fecha no han recibido reconocimiento alguno.

Capítulo 5. Resultados de la investigación.

En este proyecto de investigación se busca comprender el cambio derivado de los procesos de innovación tecnológica en las organizaciones del sector público. La base es una perspectiva de análisis interpretativa y un enfoque amplio o integral característico del campo de los estudios organizacionales, para entender los elementos del contexto, las particularidades de los actores (individuos y grupos), los elementos materiales y condiciones en que se desarrollan las innovaciones tecnológicas (Wolf, 1989: 406). Hay que tener presente que la innovación es un fenómeno complejo que representa una gran incertidumbre para los actores involucrados como sugieren Pooley y Van de Ven (1989).

En el esquema de análisis propuesto resaltan algunos elementos que se consideran primordiales en el estudio de los procesos de innovación y cambio: el conocimiento, la creación de capacidades y redes de intercambio, el diseño y como elemento transversal a estas categorías, el poder, que son los que se presentan en este capítulo.

5.1 Conocimiento.

El desarrollo e introducción de un nuevo producto o proceso, en sí mismo es una experiencia de aprendizaje continuo, ya que tiene como punto de partida el aprendizaje organizacional acumulado en el desarrollo, producción y comercialización de productos anteriores. Por

ejemplo, Chandler (1992) muestra como las grandes multinacionales durante el siglo XX, invirtieron gran parte de sus utilidades en el desarrollo de nuevos productos (p.98).

Para Foucault (1992, 2005, 2008, 2010) el conocimiento consta de dos polos: el discursivo y el no discursivo. Foucault (2005) examinó por primera vez los efectos sociales del conocimiento producido por las “prácticas discursivas”, término que usa para denotar un campo particular de conocimiento. Foucault señala que lo que se acepta como normal, natural y verdadero en la sociedad proviene de formaciones discursivas, regularidades y modalidades enunciativas, que definen qué acciones y verdades son posibles (Willcocks, 2004). Por tanto, el discurso no es solo una forma de comunicarse, también es una forma de clasificar, distinguir y evaluar (Jørgensen, 2001). En especial, porque a través del discurso el sujeto implica explicaciones, representaciones y justificaciones del mundo, como lo demuestran los discursos sobre la locura (Foucault, 2010), el castigo (Foucault, 1992) y la sexualidad (Foucault, 2008).

En ese primer polo se encuentran los documentos oficiales, en los que se consigna la visión de la alta dirección, su papel central, que incluso se mitifica. Bajo ese orden de ideas se puede señalar que la intención es justificar su existencia y hacer evidente la apropiación que hacen de procesos y resultados en los que su participación fue irrelevante. En el estudio de caso de esta investigación, este polo es evidente en los

documentos elaborados por la institución al presentar un relato en el que los directivos de IM tuvieron una participación fundamental en el desarrollo del proyecto X. Incluso en esos documentos, los autores llegan al extremo de presentar una historia que no está sustentada en lo que en realidad ocurrió, si se contrasta con el testimonio de los miembros del equipo. El mejor ejemplo de este asunto es la introducción de la tecnología 3D, porque los participantes señalan que fue a través de una universidad pública, mientras que el relato oficial indica que fue mediante una universidad privada.

El segundo polo del conocimiento es el no discursivo, que incluye instituciones, arquitecturas, técnicas y tecnologías que se consideran objetos e instrumentos específicos de verificación, explicación y legitimación y que a su vez producen y refuerzan enunciados específicos sobre campos del conocimiento. La interacción de lo discursivo y lo no discursivo produce la realidad, incluidos los objetos y rituales de la verdad. Aplicada en el contexto organizacional, una visión foucaultiana muestra que tanto las prácticas discursivas como las no discursivas transmiten representaciones del cambio organizacional (Leclercq-Vandelannoitte, 2011). El cambio organizacional y la tecnología reflejan una visión de la organización y las intenciones de los tomadores de decisiones, desarrollada en prácticas discursivas y no discursivas (Leclercq-Vandelannoitte, 2011). En lo referente al cambio organizacional en el caso de estudio es notorio que existieron tensiones entre los directivos y los miembros del proyecto. Así que mientras los

primeros inicialmente fueron reacios a permitir el desarrollo del proyecto, los segundos presionaban por diversos medios que se permitiera. Hay que reconocer que llegó un momento en el que ambas partes llegaron a un acuerdo sobre la viabilidad del proyecto y así se pudo avanzar, aunque sin dejar de existir tensiones, porque las innovaciones introducidas a la organización derivaban en un cambio organizacional.

El cambio organizacional implica, por tanto, una visión amplia del contexto y la historia organizacional, en la que los eventos no son solo cambios en las actividades organizacionales sino también en la forma en que las personas perciben, hablan y justifican sus prácticas. De esta forma, los tomadores de decisiones pueden construir y gestionar de manera discursiva las contradicciones y paradojas en los cambios organizacionales (Stoltzfus et al., 2011). Además, el discurso encarna dualidades que conducen a consecuencias no deseadas, que pueden mantener aún más la paradoja en los entornos organizacionales (Engeström y Sannino, 2011).

Sobre este aspecto, el proyecto y su resultado se constituyen en parte de ambos polos de conocimiento, ya que al haber concluido adecuadamente sus procesos todos deseaban hacer evidente su contribución. Esto derivó en tensiones entre los actores participantes, pero por la característica de la institución se fueron diluyendo mediante el principio de autoridad y el control.

5.2 Creación de capacidades.

El desarrollo de nuevos productos consiste en un proceso colectivo en el que un conjunto de sistemas técnicos, habilidades y sistemas gerenciales se conjuntan para desarrollar o adoptar nuevas tecnologías o bienes para satisfacer necesidades específicas que son planteadas por el mercado o los consumidores (Teece, 2010). En el caso estudiado, el proyecto X inició al reconocer que los consumidores requerían un producto actualizado, que implicaba el cambio tecnológico de la principal línea de producción.

Para Romijn y Albaladejo (2002), la creación y evolución de capacidades depende de factores internos y externos. Al interior de las organizaciones la formación y experiencia laboral del nivel directivo, así como las características profesionales del núcleo de operaciones, son elementos importantes en la consolidación de dichas capacidades. También intervienen factores cognitivos como la formación del personal en el trabajo, el conocimiento de la infraestructura y su involucramiento en las actividades de desarrollo tecnológico, que en general implican procesos de aprendizaje. Entre los factores externos se encuentran el contexto histórico social, político cultural y geográfico.

En el caso de estudio se observa como a principios de la década de 1990 IM experimentó ciertos problemas técnicos e incertidumbre derivada del desconocimiento de los detalles técnicos incorporados a sus rutinas de trabajo. Los supervisores e ingenieros, se enfrentaban a diversos

problemas técnicos y administrativos que postergaron la realización de proyectos de mejora de productos y procesos, así como la formación de ingenieros y técnicos. En la institución al presentarse un cambio estructural, el ápice estratégico adoptó un rol protagónico al asumir la dirección y control de administrativo de un complejo fabril. Sin embargo, a los directivos les faltaba tener mayor conocimiento en la administración industrial y tecnológica, y ello limitó el desarrollo de innovaciones en la organización a finales del siglo XX.

A mediados de la década de 1990, la tecnoestructura inicia el desarrollo de municiones, dispositivos y máquinas, Gracias a esta iniciativa para 2002 se había logrado consolidar una línea de producción de municiones con una inversión mínima. En la organización el significado atribuido a estas aportaciones en la organización fue construye a partir del reconocimiento al ingenio mexicano aplicado a lograr al incremento en capacidades productivas a pesar de las restricciones presupuestales que impedían inversiones en infraestructura. Mito fundacional que minimiza la sistematización del crecimiento de capacidades en pro de una supuesta genialidad espontanea. Asi que contrario a la versión popular hay que resaltar que la mayor aportación de esta experiencia se encuentra en el desarrollo de capacidades de innovación que permitieron el desarrollo de rutinas enfocadas a la generación de nuevos bienes y a la resolución de problemas tecnológicos emergentes. Esa experiencia permitió que la organización creara una base tecnológica, con herramientas, espacios de trabajo y

un pequeño grupo de ingenieros y técnicos dedicados exclusivamente a esas tareas, lo que constituye la aportación principal de los equipos de desarrollo de la década de los 90, al desarrollo de capacidades de IM.

A principios de la década de 2000, la organización contaba con un grupo de investigadores con una formación orientada al desarrollo tecnológico. Esa situación coincidió con la llegada de un Director General con una formación empresarial, cuya visión motivó la creación de la UIy promovió la resolución de problemas tecnológicos.

El CI se ubicaba cerca de instituciones de educación superior, lo que facilitó que algunos ingenieros realizaran estudios de posgrado. El interés del director del IM y las relaciones que se hicieron con las universidades permitió que algunos investigadores de esas casas de estudios se involucraran en el desarrollo de proyectos, aportando conocimientos y en algunos casos facilitando el empleo de equipos sofisticados para la realización de trabajos de investigación de IM. Además, el hecho de ser integrante de una secretaria de estado facilitaba el acceso a empresas y dependencias para materializar algunos proyectos de I+D.

Un aspecto del contexto que impulsó en gran medida la generación de capacidades para innovar en IM, fueron las iniciativas de gobierno federal enfocadas a establecer modelos de gestión empresarial en las diversas dependencias del sector público. La creación de la Oficina de Innovación Gubernamental estableció el Modelo Estratégico de

Innovación Gubernamental (MEIG) en México para promover la implementación de sistemas de calidad e innovación en los diversos organismos de la administración pública mexicana. La política era que en todas las oficinas de gobierno, hospitales, escuelas era imperativa la implementación de sistemas de calidad y el desarrollo de innovaciones.

La innovación gubernamental se definía... como el movimiento cultural y estructural que busca reformar radicalmente la orientación, la capacidad y la velocidad de respuesta estratégica de la administración pública federal, ... El focus estratégico es que la innovación del gobierno debe tener como propósito superior, mejorar la capacidad de gobernar para atender los anhelos y expectativas de la sociedad mexicana y recuperar con ello la confianza en sus autoridades (González, 2009:18).

De acuerdo a lo planteado en este apartado es notable que para el desarrollo de una innovación se requiera que existan las condiciones materiales, de política pública y se cuente con una masa crítica que sea capaz de llevar a cabo el proyecto. La innovación tecnológica no surge por individuos que de forma aislada llevan a cabo el trabajo, se requiere la participación de equipos adecuadamente capacitados.

5.3 Creación de redes de conocimiento.

IM desarrolló una red robusta y multidisciplinaria de relaciones mediante sus investigadores que realizaron estudios de posgrado y especialización profesional en las principales escuelas públicas de educación superior. Gracias a ello, investigadores de estas

universidades participaron en diversos trabajos de desarrollo tecnológico de la UI entre 2002 y 2007. La red de vinculación amplió las posibilidades de solución a los problemas planteados en el IM, porque al tener la posibilidad de acceso a laboratorios de diversas instituciones también permitía soluciones multidisciplinarias.

Durante su formación, los investigadores conocieron la forma en que universidades públicas y centros de investigación integraban equipos de investigación conformados por investigadores, estudiantes, infraestructura disponible y empresas. El CI buscó replicar esa forma de trabajo, así que se promovió el desarrollo de proyectos de investigación en el que participaran pasantes de ingeniería militar, se continuó con la formación de una cartera de proveedores y se promovió la colaboración con universidades y centros de investigación.

La vinculación con universidades, centros de investigación y empresas privadas constituye redes que amplían las fronteras y capacidades de la organización. Aunque dada la naturaleza de la organización, anteriormente había evitado esta dinámica, ya que esta apertura podría crear vulnerabilidades o amenazas de espionaje industrial. Sin embargo, como se observa en el estudio de caso, durante la primera década del siglo XXI, se facilitó en gran medida el intercambio con organismos externos y el establecimiento de redes de apoyo, facilitó la obtención de resultados óptimos, por lo tanto la experiencia fue positiva. En las fases de obtención de prototipos, desarrollo tecnológico

y puesta en marcha de la producción participaron universidades, centros de investigación y empresas, que en sus respectivas especialidades realizaron diversas aportaciones para iniciar las rutinas fabriles.

Los participantes del ápice estratégico, la tecnoestructura, el núcleo de operaciones que tomaron parte en el proceso y contribuyeron con sus resultados a la conclusión del proyecto, se vieron inmersos en la dinámica generada en el proceso de desarrollo y temporalmente se integraron en una organización circunstancial o grupo de proyecto (Ulrich, 2004). En este grupo se incluyeron los participantes de los organismos externos que participaron en diferentes momentos y con diferentes objetivos dentro del proyecto, todos integrados en esta organización con un solo fin: obtener una solución a la problemática planteada al principio del proyecto.

Las actividades de diseño conceptual del producto y obtención de modelos se encontraban dentro de las competencias de la UI y contaba con infraestructura y capital intelectual suficiente. Sin embargo, el equipo requería del apoyo de los fabricantes para la obtención de algunos componentes cuya complejidad implicaba el empleo de equipo, maquinaria, herramientas y personal para la fabricación y pruebas de funcionamiento. Además, la participación del personal del núcleo de operaciones en la fase de desarrollo facilitó la implementación de rutinas de fabricación. Es relevante que el

involucramiento de los usuarios desde las fases de diseño iniciales redujo la resistencia al cambio que pudiera generarse al momento de implementar los procesos de fabricación en serie.

En conclusión, para llevar a cabo un proyecto de innovación tecnológica la organización requiere contar con una amplia red que le permita tener acceso a conocimiento, infraestructura y habilidades individuales y colectivas.

5.4 El diseño.

El diseño es un elemento central en el proceso de innovación tecnológica que es revisado en este trabajo de investigación. Una serie de interacciones entre individuos, grupos, elementos físicos constituyen un acto creativo que inicia una idea y concluye con la materialización de un artefacto físico. El nivel de complejidad y creatividad de producto resulta de la suma de interacciones, actividades, conocimientos de las aportaciones de los actores involucrados.

El desarrollo exitoso de producto requiere diversas habilidades y talentos que como ya se mencionó, difícilmente posee una sola persona, por lo que es necesario integrar equipos de diseño que involucren individuos con personalidades, capacidades, especialidades y experiencia, en diferentes niveles, de acuerdo con la complejidad del producto deseado. Estos equipos deben estar motivados para realizar

sus aportaciones y cooperar con otras personas. La motivación de los miembros del equipo para concentrar energía colectiva en la creación o desarrollo de una solución puede provocar una cohesión duradera entre los integrantes del equipo que trasciende al proyecto.

En el estudio de caso, el proyecto X, los actores organizacionales involucrados realizaron diversas actividades mediante las que generaron información y elaboraron las representaciones requeridas para la manufactura de elementos físicos necesarios para materializar el producto, en el tiempo disponible. La participación de los encargados del diseño, fabricación de prototipos, se realizó en forma concurrente, bajo un esquema de gestión del proyecto integrado (Ulrich, 2004).

La primera etapa del proyecto consistió en una serie de actividades de análisis tanto de los requerimientos del usuario, como de los elementos disponibles para integrar la propuesta de solución. Las actividades tienen que ver con lo que Dougherty (1996) describe como vinculación organización-mercado. En ese sentido el equipo de trabajo de CI tuvo participación de manera preponderante en dichas actividades. Planteadas las bases de diseño se establecieron los procesos para obtener información técnica con la finalidad de generar conocimiento que permitiera la obtención de los componentes que revestían mayor complejidad, aspecto que se logró con el proceso conocido como ingeniería en reversa o inversa. De acuerdo con lo manifestado por los entrevistados las actividades de diseño y el desarrollo de producto, en

que se generaron las especificaciones y se representaron para establecer las rutinas necesarias para replicar el producto en serie, se realizaron de manera concurrente.

En conclusión, la investigación y desarrollo requiere que los proyectos sean integrales con una distribución de tareas razonable y el establecimiento de tiempos para su conclusión.

5.5 Poder.

Algunas características organizacionales afectan los equipos de desarrollo de nuevos productos provocando disfuncionalidades, entre estos se encuentra: la centralización del poder de decisión, las lealtades funcionales, recursos inadecuados y la falta de representación interfuncional. La centralización del poder de decisión que asumen los gerentes generales o funcionales implica su intervención continua en los detalles de un proyecto de desarrollo, en muchos de los casos, sin un completo entendimiento de las particularidades del trabajo del equipo, lo que reduce la efectividad o provoca conflictos cuya resolución se suma a la complejidad del proyecto.

En el estudio de caso se observa una aguda centralización del poder de decisión de Gabriel, quien no tenía antecedentes profesionales relacionados con desarrollo de producto, modifica los alcances del proyecto, las características de los entregables y los tiempos del programa. Esas acciones obligaron al equipo a invertir mayores recursos en la materialización del producto. La intervención de algunos

actores que se encontraban en posiciones privilegiadas y buscando mejorar sus posiciones funcionales o políticas influyeron en las decisiones, sin considerar las afectaciones, y trascendieron las metas del proyecto, lealtades funcionales que ocasionaron serios problemas técnicos, administrativos y legales.

El no contar con los recursos adecuados o suficientes redujo la capacidad de concluir las tareas de desarrollo de manera efectiva. Los entrevistados refieren habilidades o conocimientos limitados del personal de las Unidades de Producción involucradas. De igual manera los financieros o tecnológicos disponibles en la primera fase, antes de que el proyecto alcanzara la masa crítica suficiente eran reducidos. Respecto a la representación interfuncional en el equipo del proyecto, las áreas de manufactura y otras funciones críticas participaron adecuadamente en concurrencia.

En el caso que se analiza las relaciones de poder son evidentes, dado que se trata de una organización vertical y jerárquica. Como se comentó previamente, ello permitió que el discurso oficial sobre el desarrollo del producto resaltara la participación de los directivos. Sin embargo, es evidente una tensión con los participantes del proyecto, quienes son conscientes de que la dirección no los acompañó de la forma en la que se establece en el discurso oficial, pero se reconoce que el conocimiento generado y las experiencias obtenidas, les generó competencias aplicables al desarrollo de nuevos proyectos. Hubo

momentos en los que la centralización del poder de decisión puso en riesgo el desarrollo del proyecto. En esa situación los líderes del proyecto tuvieron que negociar o presentar alternativas para convencer a la alta dirección y poder continuar con el proyecto.

5.6 El proyecto X y el cambio organizacional en IM.

En este contexto, el cambio organizacional se revisa desde la perspectiva de Foucault, quien considera que contrario a la forma en la que se había concebido a la historia de manera lineal, en realidad se crea a partir de una serie de sucesos que se van conjuntando para provocar un suceso o un hito histórico, constituyendo un proceso no lineal.

En el estudio de caso desarrollado existe una narrativa oficial que describe como se organizó un grupo de ingenieros, quienes de forma concurrente desarrollaron un producto y la tecnología necesaria para obtenerlo a nivel industrial. El proyecto X fue un proceso sin precedente que, de acuerdo con este discurso fue posible gracias al liderazgo de la alta dirección. A pesar de que al revisar otros testimonios es evidente que esa versión no es del todo acertada, sobre el cambio organizacional es indiscutible que los directivos aceptaban que la institución tuvo un proceso que implicó transformaciones importantes en su quehacer cotidiano.

En lo que respecta a la percepción que tuvieron los integrantes del equipo sobre el cambio vivido en la organización, resalta el que ellos son conscientes de que tuvieron la necesidad de incorporar otros conocimientos, métodos y herramientas que les permitieron participar en el proyecto innovación. Asimismo, el cambio se mantuvo en su práctica posterior, siendo el mejor ejemplo la libreta del ingeniero que varios de ellos siguieron usando en otras tareas. Por último, es necesario tener en cuenta que cada miembro del equipo tiene su propia noción de lo ocurrido, de allí que en las entrevistas se hayan expresado de diversas maneras, pero coincidían en que el proyecto X fue clave para hacer evidentes transformaciones que la organización tuvo que incorporar, como nueva tecnología, formas de organización del trabajo y el establecimiento de relaciones académicas.

En el nivel del contexto, la organización se vio orillada a transformarse, debido a que la política pública de ese tiempo, entre otras cosas ponía un fuerte acento en que las instituciones tenían que desarrollar innovaciones, exigencia que para algunas instituciones eran excesivas, pero que para IM fueron factibles. Además, hay que mencionar las modificaciones de 2002 de la Ley de Ciencia y Tecnología, en donde se establecían nuevos lineamientos para la investigación nacional, enfatizando que esta no sólo fuera teórica o especulativa, sino que tenía que tener resultados tangibles, especialmente en lo referente a innovación tecnológica. En ese contexto surgió el CI de IM, que agrupó al equipo clave para el desarrollo del proyecto, quienes por su formación

y experiencia sabían que contaban con elementos suficientes para el desarrollo de una innovación tecnológica que cristalizó en el proyecto X.

Por último, al concluir el estudio se observa que el proceso de innovación está constituido de una serie de hitos, de ensayos de prueba y error, de ir hacia adelante y retroceder de manera iterativa. En general el proceso de innovación en el estudio de caso fue circunstancial y coyuntural para la organización. Incluso es notable la tensión existente entre los directivos y el equipo responsable del desarrollo del proyecto. Derivado de la evidente contradicción entre los intereses institucionales o personales que enarbolaban los directivos en contraposición de los que tenían los miembros del equipo de desarrollo.

Conclusión.

Concluir este trabajo de investigación constituye una experiencia gratificante por diversos motivos. En primer lugar significa concluir los estudios de doctorado iniciados hace más de cuatro años. En segundo lugar el proyecto ha constituido una tensión constante desde sus inicios en que se tuvieron una serie de de inconvenientes para plantear el marco de estudio inicial y lo largo de su desarrollo se han presentado diversos obstáculos que se han tenido que sortear, dudas sobre la forma en que debía desarrollarse, los alcances que debía tener y como materializar el caso de estudio, entre otros.

Los estudios organizacionales ofrecen una diversidad de enfoques desde los que podía desarrollarse el proyecto de investigación, tales como la cultura, el liderazgo, las relaciones de poder, la generación de conocimiento, entre otras temáticas, desde las que se han realizado diversos trabajos enfocados en comprender el desarrollo de lo que se conoce como difusión de innovaciones (Rogers, 1995). El autor de esta tesis propone que la innovación es una categoría de análisis organizacional, un elemento transversal a partir del cual pueden analizarse todos estos enfoques a través de los que se pueden analizar diferentes segmentos del fenómeno organizacional.

Así que el investigador enfrenta dos elementos que forman parte de la realidad contemporánea: innovación y organizaciones. Al respecto Etzioni (1965), dice que el sujeto moderno vive y se desarrolla en un

mundo de organizaciones, que hace recordar que la modernidad inicia con la aparición de organizaciones que rigen los diversos ámbitos de la vida del ser humano (Weber, 1947). En el caso de la innovación corresponde a Schumpeter (1939), expresar la importancia de los emprendimientos, de las actividades creativas, de los descubrimientos que generan una serie de cambios en las estructuras económicas y sociales y que surgen como esfuerzos de las organizaciones. Esos antecedentes permiten percatarse que innovación y organizaciones son mutuamente constitutivos e indisolubles (Barley 1986, Scarborough y Corbett 1992, Heller 1994).

Por otro lado, considerando las implicaciones derivadas del cambio tecnológico, en los ámbitos social, económico y político, se ha abundado en la idea de que las organizaciones contemporáneas están obligadas, en mayor o en menor grado, a innovar (p.e. Freeman, 1974 y 1994). Caracterización que hace de la idea de innovación un concepto central desde principios del siglo pasado y que sin embargo aún es un constructo que se caracteriza por su complejidad y por la incertidumbre que encierra.

Con estos antecedentes, se planteó el reto de estudiar la innovación como una categoría organizacional, a partir de la cual, podría tenerse una vía de acceso al entramado de la problemática organizacional. Un constructo que permite al estudioso de las organizaciones, a partir del análisis de sus procesos, tener una vía de acceso a la comprensión de la complejidad organizacional.

El proyecto pretende salir de los marcos de estudio de la innovación en las organizaciones a partir del estudio de los procesos de generación de conocimiento, de las expresiones del poder o de los efectos del cambio tecnológico. El objetivo que guio a la investigación fue que a partir del análisis de los procesos de innovación se conociera de manera integral algunos de los aspectos de la realidad organizacional como: la generación de conocimiento durante los procesos innovadores, mientras se observan las relaciones de poder y las implicaciones del uso de nuevas tecnologías.

El supuesto inicial de la presente investigación plantea que es posible analizar y comprender parte de la complejidad organizacional a partir del análisis de los procesos de innovación. Es decir, analizar el fenómeno de la innovación desde diversos enfoques permite ahondar sobre la realidad organizacional al momento en que se presentan y esas múltiples aproximaciones tienen implicaciones directas en las formas de conceptualizar la organización.

Lo anterior implicó en primer lugar acotar el concepto, al enfocarse en el estudio de la innovación tecnológica, que consiste en la creación de nuevas combinaciones de medios o factores o métodos de producción, la apertura de nuevos mercados, nuevas fuentes de suministro de materias primas o la implementación de nuevas formas de organización aspectos que generan procesos de cambio que perturban las estructuras (Schumpeter 1934). La importancia atribuida a la innovación tecnológica en el desarrollo económico se asocia a la

generación continua de conocimiento y avances tecnológicos asociados que impactan las diferentes esferas sociales.

La innovación Tecnológica implica una acción colectiva, bajo este supuesto se entiende que lo obtenido del proceso, es resultado de la acción colectiva. Los esfuerzos individuales no son entendidos para este efecto como innovaciones. En lo Individual se participar en algunas de las fases de la innovación como el diseño, la invención o la investigación de aspectos específicos, no del resultado de dichas actividades que como un todo son los que constituyen la innovación. Esta es un proceso de generación de conocimiento que se realiza en diversas etapas en las que se van integrando ideas, saberes y diversas manifestaciones, a través de una serie de interacciones de diversos actores dentro y fuera de los límites visibles de una organización.

Bajo ese orden de ideas la innovación es vista como una crisis o lo que Van de Ven (2001) denomina una conmoción, en la que se genera una dinámica en que las estructuras e instituciones existentes son puestas en duda, surgen nuevas formas de entender la organización, se generan nuevas rutinas, se conforman coaliciones que permiten lograr los objetivos del proyecto. Un proceso en diversas etapas, en las que se van aglomerando conocimientos, ideas y diversas manifestaciones, a través de una serie de interacciones de diversos actores dentro y fuera de los límites visibles de una organización. El proceso presenta tensiones o paradojas organizacionales o contradicciones derivadas de

actividades contradictorias de exploración y explotación, la incertidumbre, el compromiso requerido y la libertad esperada por los actores.

Los resultado del estudio del concepto de innovación desde la perspectiva de los estudios organizacionales se consideran satisfactorios, a pesar de las limitaciones que el marco de estudio pueda presentar. El modelo de investigación no se enfoca en mostrar lo que la organización hace ni en la búsqueda de eficiencia, sino en proporcionar elementos que permitan comprender cómo es la organización y el significado que para sus actores, representan sus interacciones.

Durante el trabajo de campo se observó que los actores mostraron buena disposición para compartir el recuerdo de las vivencias y emociones que experimentadas durante el proceso, que tuvo lugar casi quince años antes, desde el Director hasta el técnico en dibujo manifestaron buena disposición para compartir su experiencia, permitiendo al investigador aproximarse al fenómeno desde las perspectivas que los actores tuvieron durante el proceso.

Se retoma la idea de que las realidades organizacionales son construidas y que el concepto de organización resulta de las relaciones humanas y la interacción social de los individuos que la componen. Al analizar la innovación como una serie de elementos cognitivos y materiales es factible asumir que la organización se crea y se recrea en

cada proceso innovador y esta concepción es la que busca captar y decifrar el investigador.

De los resultados del análisis de la información obtenida en el trabajo de campo se concluye que en los procesos de innovación se presentan experiencia de aprendizaje continuo, la aplicación de conocimiento organizacional acumulado durante el desarrollo, producción y comercialización de productos anteriores. las innovaciones se constituyen de conocimientos y habilidades de la organización.

Las innovaciones son construidas socialmente por las acciones e interacciones de diversos actores: organizaciones, diseñadores, ingenieros, técnicos, obreros, administradores e inversionistas, como pudo apreciarse en el estudio de caso de la investigación. Una cuestión que es llamativa es que cuando se concluyó el proceso, al institucionalizarse la innovación, las aportaciones de los diversos actores quedaron ocultas en la narrativa oficial.

De igual manera en el caso del proceso de construcción de capacidades, estas se crearon durante un largo proceso en el que surgió la tecnoestructura, la formación de un grupo de ingenieros, la formación en el trabajo, la tecnología disponible y las actividades de investigación y desarrollo tecnológico de menor complejidad, los cuales generaron las condiciones necesarias para iniciar el desarrollo del producto.

Mediante la información recogida se reconstruye el proceso, en el que pueden identificarse un primer periodo de consolidación de la organización, la creación de infraestructura, rutinas y formación de personal con habilidades y conocimientos acordes a los requerimientos del proyecto. Una serie de factores técnicos y administrativos internos, así como políticos, económicos y sociales que forman parte del contexto de la organización en la década de 1990 y primera mitad de la del 2000, período en que se generaron las condiciones bajo las que se construyeron las capacidades necesarias para la realización del proyecto.

La segunda fase corresponde propiamente al desarrollo del producto en el que se aplicaron diversos conocimientos para la generación de ideas y elementos físicos. Entre otras cosas, en este período fueron desarrollados modelos que permitieron predecir el funcionamiento del producto, se establecieron esquemas de trabajo para la obtención de los componentes y ensambles del producto. En esta etapa surgieron rutinas de trabajo enfocadas a la protección del conocimiento generado, que se agregó al acervo de la organización. Finalmente se establecieron procesos de producción masiva, en los que se observa que producir el bien en grandes cantidades, representa mayor dificultad y requerimientos debido a las necesidades tecnológicas y cognitivas requeridas en el núcleo de operaciones.

En el estudio de caso se observa un proceso de desarrollo de capacidades y el efecto de destrucción creativa en el que se generaron nuevas formas de trabajo y se destruyeron algunas de las establecidas. La base tecnológica y humana con que inició el proyecto, al finalizar éste, quedó desarticulada. En este aspecto no se profundizó, sin embargo, resulta de interés conocer los motivos que incidieron en esta decisión, ya que muestra como la estrategia de la organización no se enfocaba en la generación de capacidades de exploración, sino en la de explotación, ya que a esta fueron asignados los recursos.

Los resultados obtenidos muestran de manera general la relación de la innovación con factores contingenciales y la complejidad de la organización. A estos subyacen la lucha entre los deseos de trascender de los actores organizacionales y las fuerzas institucionales que para solucionar las demandas de actualización tecnológica consideran como mejor alternativa la transferencia de modelos.

De los elementos que se encontraron durante la investigación, es viable conceptualizar el proceso de innovación tecnológica como una dinámica que se desarrolla en una compleja red, donde diversos actores interactúan y realizan aportaciones individuales y el resultado no es sólo la suma de sus contribuciones, sino el producto de la interacciones de todos los componentes, bajo el marco de una organización.

El estudio tiene un carácter exploratorio y aún presenta diversas vertientes por descubrir. Una veta que se visualiza consiste en ahondar en el carácter fenomenológico de la investigación. También hay que mejorar la forma de acceso a la recuperación de eventos en que se desarrolla un proceso innovador a través de sus actores, ya que el estudio de una innovación, se realiza una vez que concluido el proceso, cuando el producto ya fue probado y goza de cierta aceptación por parte del mercado objetivo.

Para el momento en que el resultado de las interacciones ha sido calificado de innovación, es posible que los equipos de trabajo se encuentren desarrollando un nuevo producto o se hayan desarticulado o puede que ni sean parte de la organización que vio nacer el producto. En ese momento los actores pueden estar dispuestos a compartir recuerdos de sus vivencias en los procesos creativos, externar los significados colectivos construidos, de las emociones y vivencias, que en muchos de los casos son diluidos al institucionalizarse el producto, quedando sus creadores en el olvido.

Por último, entre las cuestiones que se aprendieron durante la investigación es que es necesario plantear proyectos de investigación que abarquen de forma amplia o integral diferentes problemáticas para generar conocimiento que impacte de manera positiva las diversas problemáticas sociales de las organizaciones.

Bibliografía.

Adler S, Paul. (2009). Introduction. A social Science which Forgets its Founders is Lost, en Adler S, Paul (2009) The Oxford Handbook of Sociology and Organization Studies, Classical Foundations. Oxford. UK, p.p. 3-19.

Adler, P. S. (2015). Community and innovation: from Tönnies to Marx.

Adler, P. S., & Borys, B. (1996). Two types of bureaucracy: Enabling and coercive. *Administrative Science Quarterly*, 41(1), 61–89. CrossRefGoogle Scholar

Adler, P. S., & Borys, B. (1996). Two types of bureaucracy: Enabling and coercive. *Administrative Science Quarterly*, 41(1), 61–89. CrossRefGoogle Scholar

Afuah, Allan, 1999, La dinámica de la innovación organizacional, Oxford University Press, 1999, Oxford México.

Alvesson, M. (2013). *Understanding organizational culture* (2nd ed.). Los Angeles: Sage. Google Scholar

Alvesson, M. (2013). *Understanding organizational culture* (2nd ed.). Los Angeles: Sage. Google Scholar

Beije, P. (1998). *Technological change in the modern economy*, Cheltenham, U.K.: Edward Elgar.

Bennett, N., Harris, A., & Preedy, M. (1997). *Organizational effectiveness and improvement in education*. GB: Open University Press.

Berg Johansen, C., & Waldorff, S. B. (2015). What are Institutional Logics- and Where is the Perspective Taking Us?. In *Academy of Management Proceedings* (Vol. 2015, No. 1, p. 14380). Briarcliff Manor, NY 10510: Academy of Management.

Berger, Peter y Thomas Luckmann, (1967/2003) *La Construcción Social de la Realidad*, Amorrortu Editores, Buenos Aires

Boukamel, O., & Emery, Y. (2017). Evolution of organizational ambidexterity in the public sector and current challenges of innovation capabilities. *The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal*, 2(22).

Burns, T., and G. M. Stalker (1961), *The Management of Innovation*, London: Tavistock Publication.

Burns, T., and G. M. Stalker (1961), *The Management of Innovation*, London: Tavistock Publication.

Cabrera L., *La herencia de Carranza* (1920), En *Obras completas*. 4 v. (Eugenia Meyer, ed.) México, Ediciones Oasis. 1975. V. 3. Pp.

Cabrero Mendoza E., D Arellano Gault (1993), *Análisis de innovaciones exitosas en organizaciones públicas: Una propuesta metodológica*, *Gestión y Política Pública*, volumen II, número 1, enero-junio 1993.

Caldwell, R. (2007), "Agency and change: re-evaluating Foucault's legacy", *Organization*, Vol. 14 No. 6, pp. 769-791.

Camargo-Borges, Celiane y Emerson K. Rasera, 2013, *Social Constructionism in the Context Organization Development*. Sage Open april- June.

Cameron, K.S. y Quinn, R.E. (1988), "Organizational paradox and transformation", en Quinn, R.E. y Cameron, K.S. (Eds), *Paradox and Transformation: Toward a Theory of Change in Organization and Management*, Ballinger, Cambridge, MA, pp. 12-18.

Carbonell, P., & Rodríguez Escudero, A. I. (2006). Cómo acelerar el proceso de desarrollo de los nuevos productos en diferentes contextos de complejidad tecnológica. *UCJC Business and Society Review (formerly Known As Uni-versia Business Review)*, 3(11). Recuperado en: <https://journals.ucjc.edu/ubr/article/view/570>

Chandler, A. D. (1992). Organizational capabilities and the economic history of the industrial enterprise. *Journal of economic perspectives*, 6(3), 79-100. ISO 690 Source: *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 6, No. 3 (Summer, 1992), pp. 79-100. Recuperado en: American Economic Association Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/2138304> Accessed: 18-10-2017 17:52 UTC

Chandler, A.D. (1977), *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*, Cambridge (Mass.); Harvard University Press.

Chandler, A.D. (1977), *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*, Cambridge (Mass.); Harvard University Press.

Chandler, A.D. (1990), *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*, Cambridge (Mass.): Harvard University Press.

Chandler, A.D. (1990), *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*, Cambridge (Mass.): Harvard University Press.

Chikovsfky, E., & Cross, J. (1990). Reverse Engineering and Design Recovery: a Taxonomy. *IEEE Software*, 5.

Clegg, S. (1998), "Foucault, power and organizations", in McKinlay, A. y Starkey, K. (Eds), *Foucault, Management and Organization Theory*, Sage, London, pp. 14-28.

Clegg, S.R. & Hardy, C. (1996). Introduction. *Organizations, Organization and Organizing*. In Clegg, S.R., Hardy, C. & Nord, W.R. (Eds.). *Handbook of Organization Studies*. Londres: Sage.

Clegg, Stewart (1990) "Modern Organizations. Organization studies in the Postmodern world", Sage, London.

Creswell, J. W. (2007). *Qualitative Inquiry and Research Design. Choosing Among Five Approaches*. Thousand Oaks: Sage.

Crotty, M. 1996a *Phenomenology and Nursing Research*, Churchill Livingstone, Melbourne

Crotty, M. 1996b 'Doing phenomenology' *Qualitative Research Practice in Adult Education*, eds P. Willis & B. Neville, David Lovell Publishing, Melbourne, pp. 272-82

Crotty, M. 1995 'Phenomenology as radical criticism' *Proceedings, Asia-Pacific Human Science Research Conference*, eds F. Kretlow, D. Harvey, J. Grubb, J. Raybould, G. Sandhu & H. Dosser, Monash University, Churchill, pp. 87-97.

Damanpour, F., KA Szabat, W.M. Evan (1989), "The Relationship Between Types of Innovation in Public Libraries and Organizational Performance", *Journal of Management Studies*, Vol. 26, num. 6, noviembre 1989.

DiMaggio, P. J. & Powell, W. W. (Eds.) (1991). Introduction. In W. W. Powell & P. J. DiMaggio (Eds.), *The new institutionalism in organizational analysis* (pp. 1-38). Chicago: University of Chicago Press.

DiMaggio, Paul J. y Powell Walter W. (1983) *The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields*. *American Sociological Review*, Vol 48, Issue 2.

Dougherty, D. (1999). *Organizing for innovation. Managing organizations: Current issues*, 174-189.

Douglas, Mary. (1986) *How Institutions Think*, New York: Syracuse University Press.

Drucker, P. F. (1985). *Innovación y Emprendimiento: Práctica y Principios*. Nueva York: Harper & Row.

Durand, R., Szostak, B., Jourdan, J., & Thornton, P. H. (2013). Institutional logics as strategic resources. In *Institutional Logics in Action, Part A* (pp. 165-201). Emerald Group Publishing Limited Durand, R. (2006). *Organizational evolution and strategic management*. Sage.

Engeström, Y. y Sannino, A. (2011), "Discursive manifestations of contradictions in organizational change efforts: a methodological framework", *Journal of Organizational Change Management*, Vol. 24 No. 3, pp. 368-387.

Feld, M. D. (1959). Information and authority: The structure of military organization. *American Sociological Review*, 24(1), 15–22.

Feldman, M. S. (2000). Organizational routines as a source of continuous change. *Organization science*, 11(6), 611-629.

Ferlie, E., Fitzgerald, L., Wood, M., & Hawkins, C. (2005). The non-spread of innovations: The mediating role of professionals. *Academy of Management Journal*, 48(1), 117–134.

Foucault, Michel (1992). *Vigilar y castigar: Nacimiento de la prisión*. Madrid, Siglo XXI.

Foucault, Michel (1997), Michel Foucault: Ethics, Subjectivity and Truth, The New Press, New York, NY.

Foucault, Michel (2005) La arqueología del saber. México, Siglo XXI.

Foucault, Michel (2008). Historia de la sexualidad 1: la voluntad del saber. Buenos Aires: Siglo XXI.

Foucault, Michel (2010) “La locura y la sociedad”, en Obras Esenciales, Madrid, Paidós.

Francis Flynn and Jennifer Chatman, “Strong Cultures and Innovation: Oxymoron or Opportunity?” in Managing Strategic Innovation and Change: A Collection of Readings, 2nd ed., ed. Michael Tushman and Philip Anderson (Oxford: Oxford University Press, 2004), 234-251.

Freeman, C. (1971) The Role of Small Firms in Innovation in the United Kingdom. Report to the Bolton Committee of Enquiry on Small Firms, London: HSMO.

Freeman, C. (1971) The Role of Small Firms in Innovation in the United Kingdom. Report to the Bolton Committee of Enquiry on Small Firms, London: HSMO.

Freeman, C. (1974), The Economics of Industrial Innovation, London: Penguin.

Freeman, C. (1974), *The Economics of Industrial Innovation*, London: Penguin.

Freeman, C. (1994), *The Economics of Technical Change*, Cambridge Journal of Economics, 18, pp. 463-514.

Freeman, C. (1994), *The Economics of Technical Change*, Cambridge Journal of Economics, 18, pp. 463-514.

Freeman, Christopher. (2003). A Schumpeterian renaissance? SPRU Electronic Working Paper Series no. 102. Brighton: University of Sussex.

Freeman, Christopher. 1982. *The economics of industrial innovation*. Cambridge: MIT Press.

Freeman, Christopher. 1982. *The economics of industrial innovation*. Cambridge: MIT Press.

Freeman, Christopher. 2003. A Schumpeterian renaissance? SPRU Electronic Working Paper Series no.102. Brighton: University of Sussex

Friedland, R. & Alford, R. R. (1991). Bringing society back in: Symbols, practices, and institutional contradictions. In W. W. Powell & P. J. DiMaggio (Eds.), *The new institutionalism in organizational analysis* (pp. 232–263). Chicago: University of Chicago Press.

Friedland. R. Y Alford. R.R. (1999/1991). Introduciendo de nuevo a la sociedad: símbolos, prácticas y contradicciones institucionales. En Powell W.W. y DiMaggio, P.J. (Comp.). El Nuevo Institucionalismo en el Análisis Organizacional. México: Fondo de Cultura Económica.

Friedland. R. Y Alford. R.R. (2001). Introduciendo de nuevo a la sociedad: símbolos, prácticas y contradicciones institucionales. En Powell, W. y DiMaggio J. (Ed.) El nuevo institucionalismo en el análisis organizacional, pp. 294-329. México: Fondo de Cultura Económica.

Galler, B. A. (1995). Software and intellectual property protection: copyright and patent issues for computer and legal professionals. Greenwood Publishing Group.

Geertz, Clifford, 2005, La interpretación de las culturas, Editorial Gedisa, Barcelona.

Gergen, Kenneth J. y Tojo Joseph. (1996) Organizational Science in a Postmodern Context, Journal of Applied Behavioral Science, No. 32.

Godin, B. (2005), Measurement and Statistics on Science and Technology: 1920 to the Present, London: Routledge

Godin, B. (2006a), On the Origins of Bibliometrics, Scientometrics, 68 (1), pp. 109-133.

Godin, B. (2006b), Research and Development: How the “D” got into R&D, *Science and Public Policy*, 33 (1), pp. 59-76.

Godin, B. (2006c), The Linear Model of Innovation: The Historical Construction of an Analytical Framework, *Science, Technology, and Human Values*, 31 (6), pp. 639-667.

Godin, B. (2008). In the shadow of Schumpeter: W. Rupert Maclaurin and the study of technological innovation. *Minerva*, 46(3), 343-360.

Godin, B. (2008). Innovation: the History of a Category. Project on the intellectual history of innovation working paper, 1, 1-67.

Godin, B. (2009a), Homer G. Barnett and Culture Change: A Student of Innovation among the Anthropologists, Project on the Intellectual History of Innovation, INRS: Montreal, Forthcoming.

Godin, B. (2009b), Innovation as Evil, Project on the Intellectual History of Innovation, INRS: Montreal, Forthcoming.

Godin, B. (2009c), Making Science, Technology and Innovation Policy: Conceptual Frameworks as Narratives, 1945-2005, Project on the History of Statistics on Science, Technology of Innovation, INRS: Montreal, Forthcoming.

Godin, B. (2012). “Innovation Studies”: The Invention of a Specialty. *Minerva*, 50(4), 397-421.

Goffman, E. (1991). On the characteristics of total institutions. In: E. Goffman (Eds.), *Asylums. Essays on the social situation of mental patients and other inmates* (pp. 13–115). London: Penguin.

Gonzales-Miranda, Diego René (2014) “Los Estudios Organizacionales. Un campo de conocimiento comprensivo para el estudio de las organizaciones”, en revista *Innovar*, vol. 24, núm. 54 pp.43-58.

González, J. J. S. (2009). La administración pública de Vicente Fox: del modelo estratégico de innovación gubernamental a la agenda de buen gobierno. *Espacios Públicos*, 12(24), 8-31

Greenwood, R., Oliver, C., Lawrence, T. B., & Roy Suddaby (Eds.). (2008). *The Sage handbook of organizational institutionalism*. Sage.

Greenwood, Royston; Oliver, Christine; Suddaby, Roy; Sahlin, Kerstin. (2008) Introduction. *The SAGE Handbook of Organizational Institutionalism*. SAGE, Londres.

Guba, E.G. y Lincoln, Y.S. (1994) Competing paradigms in qualitative research. En Denzin, N.K., Lincoln, Y.S. (Eds), *Handbook of Qualitative Research*. London: Sage.

Hajjar, R. M. (2014). Emergent postmodern US military culture. *Armed Forces and Society*, 40(1), 118–145.

Hall H. Richard (1996), *Organizaciones Estructuras, procesos y resultados*, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., México.

Hannan, M. T., & Freeman, J. (1984). Structural inertia and organizational change. *American Sociological Review*, 49(April), 149–164.

Hannan, M. T., Pólos, L., & Carroll, G. R. (2007;2012;). *Logics of organization theory: Audiences, codes, and ecologies*. Princeton: Princeton University Press.

Hardy, C. y Leiba-O’Sullyvan, S. (1998), “The power behind empowerment: implications for research and practice”, *Human Relations*, Vol. 51 No. 4, pp. 451-483.

Hayes, R. H., Hayes, R. H., Wheelwright, S. C., Wheelwright, S., & Clark, K. B. (1988). *Dynamic manufacturing: Creating the learning organization*. Simon and Schuster.

Hernández Magallón, A. y Ramírez Martínez, G. (2010). *El control administrativo de FW Taylor, 100 años después*.

Heydebrand, Wolf (1989) “New organizational forms”, *Work and occupations*, Vol. 16, núm. 3, Agosto 1989.

Hundsnes, T. y Meyer, C. (2006), “Living with paradoxes of corporate strategy: a complexity perspective”, *Journal of Organizational Change Management*, Vol. 19 No. 4, pp. 437-446.

Ibarra Colado, E. (1991) "Notas para el estudio de las organizaciones en América Latina a partir de la reflexión crítica de la Teoría de la Organización" en Ibarra Colado, Eduardo y Luis Montaña Hirose (coords.) Ensayos críticos para el estudio de las organizaciones en México, UAM-I, Miguel Ángel Porrúa.

Ibarra Colado, Eduardo (2000), "Teoría de la organización, mapa conceptual de un territorio en disputa", en De la Garza Toledo, Enrique, Tratado Latinoamericano de Sociología del Trabajo, COLMEX, FLACSO, UAM y FCE, México, pp. 245-284.

Jewkes, J., D. Sawers and R. Stillerman (1958), *The Sources of Invention*, London: Macmillan. (empirical studies of what came to be called technological "development". For an early discussion of technological development among sociologists, see Jewkes et al. (1958: chapter 8).

Jørgensen, K.M. (2001), *Power, Knowledge and Organizing*, Aalborg Institut for Uddannelse, Læring og Filosofi, Aalborg Universitet, Aalborg.

Kanter, R. M. (1988). When a thousand flowers bloom: Structural, collective, and social conditions for innovation in organizations. *Knowledge Management and Organisational Design*, 10, 93-131.

Kazanjian, R. K., Drazin, R., & Glynn, M. A. (2000). Creativity and technological learning: the roles of organization architecture and

crisis in large-scale projects. *Journal of Engineering and Technology Management*, 17(3-4), 273-298.

Krick, Edward, 2006, *Introducción a la ingeniería y al diseño en la ingeniería*, Limusa, México.

Kuhn, Thomas S. (1971) *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de cultura Económica, México.

Leclercq-Vandelannoitte, A. (2011), "Organizations as discursive constructions: a Foucauldian approach", *Organization Studies*, Vol. 32 No. 9, pp. 1247-1271.

Maclaurin, W. R. (1953), *The Sequence from Invention to Innovation and its Relation to Economic Growth*, *Quarterly Journal of Economics* 67 (1), pp. 97-111.

Maclaurin, W. Rupert. 1947. *Federal support for scientific research*. *Harvard Business Review* Spring: 385–396.

Maclaurin, W. Rupert. 1950b. *The process of technological innovation: The launching of a new scientific industry*. *American Economic Review* 40: 90–112.

Maclaurin, W. Rupert. 1953. *The sequence from invention to innovation and its relation to economic growth*. *Quarterly Journal of Economics* 67(1): 97–111.

Maclaurin, W. Rupert. 1954. Technological progress in some American industries. *American Economic Review* 44(2): 178–200.

March, J. G. (1994). The evolution of evolution. In J. A. C. Baum & J. V. Singh (Eds.), *Evolutionary dynamics of organizations* (pp. 39–49). New York: Oxford University Press.

Marshall Scott Poole y Andrew H. Van de Ven Ed. (2004), *Handbook of Organizational Change and Innovation*, Oxford University Press.

Martínez, A. (2014). *Diseño Organizacional Para la Innovación. El Caso de un centro de Investigación y Desarrollo*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Estudios Organizacionales, Universidad Autónoma Metropolitana, octubre de 2014.

Martínez, G. R., Larios, G. V., & de la Rosa Albuquerque, A. (2011). Estudios organizacionales y administración. Contrastes y complementariedades: caminando hacia el eslabón perdido. In revista electrónica *Forum Doctoral* (No. 3).

Marton, F. (1986). Phenomenography a research approach to investigating different understandings of reality. *Journal of Thought* vol. 21, no. 3, Fall, pp. 28-49, *Journal of thought*, 28-49.

Mason, J. H. (2003), *The Value of Creativity: the Origins and Emergence of a Modern Belief*, Aldershot (Hampshire): Ashgate.

Mason, O. T. (1895), *The Origins of Invention: A Study of Industry Among Primitive People*, Cambridge (Mass.): MIT Press.

Meyer. J.W. y Rowan. B. (1999/1977) *Organizaciones institucionalizadas: La estructura formal como mito y ceremonia*. En Powell. W.W. y DiMaggio, P.J. (Comp.). *El Nuevo Institucionalismo en el Análisis Organizacional*. México: Fondo de Cultura Económica.

Mintzberg, H. (1984). *La esencia de la estructura. Estructuración de las Organizaciones*. Barcelona. Ariel.

Moustakas, C. (1994). *Phenomenological research methods*. Sage publications.

Nelson, R. R. (1995). Recent evolutionary theorizing about economic change. *Journal of economic literature*.

Nonaka, I. T., & Takeuchi, H. (1995). H.(1995). *The knowledge-creating company*.

OECD/Eurostat (2018), *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg, <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>.

Olivé, L. (2009). Por una auténtica interculturalidad basada en el reconocimiento de la pluralidad epistemológica. In L. Olivé et al (Aut.). Pluralismo epistemológico (pp. 19-30). (pdf). (12 pp).

Olsthoorn, P. (2011). Military ethics and virtues. An interdisciplinary approach for the 21st century. London, New York: Routledge.

Ortega Riquelme, Juan Manuel (2004) El nuevo institucionalismo en la ciencia política. Revista Mexicana de Sociología, Vol 66, Número especial octubre 2004, p.p.49-57 Universidad Nacional Autónoma de México.

Perrow, C. (1972). Complex organizations. A critical essay. Glenview, IL: Scott, Foresman and Company.

Powell, Walter W. (2007) The New Institutionalism. To appear in The International Encyclopedia of Organization Studies. Sage Publishers.

Prekert, F. (2006), "A theory of organizing informed by activity theory: the locus of paradox, sources of change, and challenge to management", Journal of Organizational Change Management, Vol. 19 No. 4, pp. 471-490.

Quinn, J.B. (1985).Managing innovation: Controlled chaos. Harvard Business Review, 63 (May-June), 73-84.

Ramírez Martínez, Guillermo, Germán Vargas Larios y Ayuzabet de la Rosa (2011) "Estudios Organizacionales y Administración. Contrastes y complementariedades: caminando hacia el eslabón perdido", en revista electrónica Forum Doctoral, Número 3 Enero-Abril, pp. 7-53.

Ran, Bing y Thimoty J. Golden, 2011, Who are We? The social construction of Organizational Identity through Sense-Exchange. *Administration y Society*, 43 (4).

Rogers, E. M. (1983), *Diffusion of Innovation*, New York: The Free Press.

Rosa Alburquerque, A. D. L. (2002). *Teoría de la organización y nuevo institucionalismo en el análisis organizacional*. *Administración y Organizaciones*.

Rothaermel and Hess: *Building Dynamic Capabilities Organization Science* 18(6), pp. 898-921. © 2007 INFORMS.

Schumpeter, J.A. (1934), *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*, Cambridge: Harvard University Press.

Schumpeter, J.A. (1942), *The Process of Creative Destruction*, in *Capitalism, Socialism and Democracy*, Chapter 7, New York: Harper, 1962.

Schutz, A., & Luckmann, T. (1973). *The structures of the life-world* (Vol. 1).
northwestern university press.

Scott, Richard (2012) *Teoría contemporánea institucional*, en Vergara,
Rodolfo. *Organización e Instituciones*, BBAP y Siglo XXI, México.

Scott, W. R. (1995). *Institutions and organizations*. Sage Publications,
1998, pp. 33-62. 186:1).

SEDENA (2006); *Industria militar mexicana: las armas de la paz*,
Secretaría de la Defensa Nacional, Dirección General de Industria
Militar, México; ISBN, 9685535027, 9789685535021, 303 páginas.

SEDENA (2015); *Manual de Organización y Funcionamiento de*
Dirección General de Industria Militar, DN M 2800, Dirección
General de Industria Militar; revisado el 12 de julio de 2020 en
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/48570/M.O.F._
Direcci_n_General_de_Industria_Militar.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/48570/M.O.F._Direcci_n_General_de_Industria_Militar.pdf).

SEDENA, *Ley de Ascensos y Recompensas del Ejército y Fuerza Aérea*
Mexicanos, 15 abr. 2020: Recuperada en:
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/22_150420.pdf el 20
ago. 2020: 13:14 hrs.

Segal, M. W. (1986). *The military and the family as greedy institutions*.
Armed Forces and Society, 13(1), 9–38.

- Seo, M.G. y Creed, D. (2002), "Institutional contradictions, praxis and institutional change: a dialectical perspective", *Academy of Management Review*, Vol. 27 No. 2, pp. 222-247.
- Soeters, J. (2000). Culture in uniformed organizations. In N. M. Ashkanasy, C. P. M. Wilderom, & M. F. Peterson (Eds.), *Handbook of organizational culture and climate* (pp. 465–481). Thousand Oaks: Sage.
- Soeters, J. (2008). Ambidextrous military: Coping with contradictions of new security policies. En M. den Boer & J. de Wilde (Eds.), *The viability of human security* (pp. 109–124). Amsterdam: Amsterdam University Press.
- Soeters, J., Winslow, D., & Weibul, A. (2003). Military culture. En G. Caforio (Ed.), *Handbook of the sociology of the military* (pp. 237–254). New York etc.: Kluwer.
- Spiegelberg, 1982 *The Phenomenological Movement: A Historical Introduction* 3rd edn, Martinus Nijhoff, Boston
- Spiegelberg, H. 1981 *The Context of the Phenomenological Movement*, Martinus Nijhoff, The Hague
- Stanley, R. (2004). Transferencia de tecnología a través de la migración científica: ingenieros alemanes en la industria militar de Argentina

y Brasil (1947-1963). *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, 1(2), 21-46.

Stinchcombe, A. L. (1968). *Constructing social theories*. Chicago: University of Chicago Press.

Tang, S. (2017). *A general theory of institutional change*. Routledge.

Taylor, Frederick W., 1983 (1911), *Principios de la administración científica*, trad. de Ramón Palazón, México, Herrero [The Principles of Scientific Management].

Teece, D. J. (2010). Alfred Chandler and “capabilities” theories of strategy and management. *Industrial and Corporate Change*, 19(2), 297-316.

Thornton, P. H., Ocasio, W., & Lounsbury, M. (2012). The institutional logics perspective: A new approach to culture, structure, and process. Oxford University Press on Demand.

Thornton, P.H. & Ocasio, W. (1999). Institutional Logics and the Historical Contingency of Power in Organizations: Executive Succession in the Higher Education Publishing Industry, 1958-1990. *American Journal of Sociology*, 105(3), 801-843.

Thornton, P.H. & Ocasio, W. (2008). Institutional Logics. In: Greenwood, R.; Oliver, C.; Sahlin, K. & Suddaby, R. (Eds.). *The SAGE Handbook of Organizational Institutionalism* (99-129). London: SAGE Publications.

- Tönnies, F. (1957). *Community and society*. New York: Harper & Row.
- Ulrich, K. T., Eppinger, S. D., & Alvarez, R. V. M. (2004). *Diseño y desarrollo de productos: enfoque multidisciplinario*. McGraw-Hill.
- Unesco (2005) *Hacia las sociedades del conocimiento. Informe mundial de la UNESCO*. Ediciones Unesco.
- UNODC (2020), *Fundamentos sobre armas de fuego y municiones*, Viena, recuperada en: https://www.unodc.org/documents/e4j/Firearms/E4J_Firearms_Module_02_-_Basics_on_Firearms_and_Ammunition_ES_final.pdf; text/html; 55.83 KB (57,171 bytes), visitado 08 agosto de 2020 11:33:00 GMT-5.
- Van de Ven, A. (1999). *El viaje de la innovación. El desarrollo de una cultura organizacional para innovar*. Oxford,.
- Van de Ven, A. H., & Hargrave, T. J. (2002). *Social, technical, and institutional change: A literature review and synthesis*. Strategic Management Center, University of Minnesota.
- Van Manen, M. (2014). *Phenomenology of practice: Meaning-giving methods in phenomenological research and writing*. Routledge.
- Van Manen, M. (2015). *Researching lived experience: Human science for an action sensitive pedagogy*. Routledge.

Vega de Jiménez, Marinela, & Rojo, Yajaira (2010). Red: estructura para generar innovación. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XVI(4),699-708.[fecha de Consulta 28 de Agosto de 2020]. ISSN: 1315-9518. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=280/28016613012>

Williamson, O. "The Modern Corporation: Origins, Evolution, Attributes", *Journal of Economic Literature* 19, 4, 1981, pp. 1537-1567.

Winslow, D. (2007). Military organization and culture from three perspectives: The case of the army. In G. Caforio (Ed.), *Social sciences and the military; an interdisciplinary overview* (pp. 67–88). Abingdon: Routledge.

Wolff, K.H.1984 'Surrender-and-catch and phenomenology' *Human Studies* vol. 7, no. 2, pp. 191-210

Young, P. V. (1949). Las técnicas de la investigación social. Capítulo IX: El método histórico y el fenómeno social. *Revista Mexicana de Sociología*, 425-446.

Young, P. V. (1949). Las técnicas de la investigación social. Capítulo IX: El método histórico y el fenómeno social. *Revista Mexicana de Sociología*, Vol. 11, No. 3 (Sep. - Dec., 1949, 425-446. Published by: Universidad Nacional Autónoma de México, Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/3537960> Accessed: 20-10-2017 00:21 UTC

Zucker, L. (1999/1977). El papel de las instituciones en la persistencia cultural. En Powell W.W. y DiMaggio, P.J. (Comp.). El Nuevo Institucionalismo en el análisis organizacional. México: Fondo de Cultura Económica.

Paginas consultadas:

Computerworld, <https://www.computerworld.com/article/2585652/reverse-engineering.html>, text/html, UTF-8, 42.35 KB (43,371 bytes), visita 5 de julio de 2020, 20:46:15 GMT-5.

XM8 Lightweight Carbine 5.56mm Modular Assault Weapon System
<https://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/m8-oicw.htm>

<http://rpworld.net/cms/index.php/additive-manufacturing/rp-rapid-prototyping/fdm-fused-deposition-modeling-.html>

<https://facetashistoricas.wordpress.com/2011/10/31/la-serpiente-de-fuego-el-fusil-mexicano-fx-05-xiuhcoatl/> visita 28/08/2020 21:10

<https://impresiontresde.com/tecnologias-de-impresion-3d-industrias/>

<https://www.heckler-koch.com/en/products/military/assault-rifles/g36/g36/overview.html>

<https://www.oei.es/historico/revistactsi/numero3/art02.htm> Estructura organizacional para la Innovación Tecnológica. El caso de América

Latina * Tatiana Láscaris Comneno Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica.

<https://www.stratasys.com/mx/fdm-technology>.

Military Factory (2019), Fabrique Nationale FN F2000 Bullpup Military

Assault

Rifle,

https://www.militaryfactory.com/smallarms/detail.asp?smallarms_id=216, text/html, UTF-8, 12.56 KB (12,865 bytes), visita: 9 de agosto de 2020, 16:30:42 GMT-5.