



**BILBOKO INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO
UNIBERTSITATE ESKOLA**



**INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN INGENIARITZA
GRADUA :**

GRADU AMAIERAKO LANA

2014 / 2015

*ZENTRAL HIDROELEKTRIKO ITZULGARRIA TURBINA-PONPA
TALDEAREKIN*

LABURPENA

IKASLEAREN DATUAK

IZENA: NAIARA

ABIZENAK: GARCÍA RUIZ

SIN.:

DATA:2015-09-10

ZUZENDARIAREN DATUAK

IZENA:M^a GORETTI

ABIZENAK:SEVILLANO BERASATEGI

SAILA : SISTEMEN INGENIARITZA ETA AUTOMATIKA

SIN.:

DATA:2015-09-10

AURKIBIDEA

<i>1. SARRERA</i>	<i>1</i>
<i>2. PRIOEKTUAREN HELBURUAK</i>	<i>3</i>
<i>3. PRIOEKTUAREN DESKRIBAPENA</i>	<i>4</i>
<i>3.1 TOPOGRAFIAREN ANALISIA</i>	<i>4</i>
<i>3.2 BALANTZE ENERGERTIKO ETA EKONOMIKOA</i>	<i>5</i>
<i>3.3 MAKINEN KONTROLA ETA PROGRAMAZIOA</i>	<i>6</i>
<i>4. KONKLUTSIOAK</i>	<i>14</i>

1. SARRERA

Gaur egungo elektrizitate kontsumo handiaren ondorioz erregai fosilen kontsumoa asko handitu da bai energia elektrikoaren kontsumoa dela eta bai ibilgailuen erabilera handiagatik. Hortaz, naturan aurki daitekeen erregai fosilen kopurua geroz eta txikiagoa denez energia berriztagarrien garapena geroz eta garrantzi handiagoa irabazi du azken urteotan. Elektrizitatea lortzeko energia berriztagarrietan oinarritutako metodo ugari daude: energia eolikoa, eguzki energia eta energia hidraulikoa... Proiektu honen xedea energia hidraulikoan oinarrituriko Bonbeozko Zentral baten garapena izango da.

Zentral hidroelektrikoak geroz eta ugariagoak dira gaur egungo gizartean haien eraginkortasun handia dela eta. Zentral hidroelektrikoek urak daukan energia potentzial grabitatorioa energia elektrikoan eraldatzen dute turbina eta alternadore bat erabiliz. Proiektu honetan, ura turbinatzeaz gain ponpatu egiten duen Bonbeozko zentral bat garatzea erabaki da, zentral hidroelektriko arruntetan ez bezala turbinaketan erabilitako ura ez galtzeko ur hori berriro ponpatuko da tarifa elektrikoaren arabera. Bigarren prozesu horri esker turbinaturiko ura ez da galduko eta berriro erabili ahal izango da energia elektrikoa sortzeko.

Zentral itzulgarri hauek bi urtegiaren beharra dute funtzionatzeko, hori dela eta hauen erabilera ingurunearen ezaugarrien arabera dago baldintzatua. Normalean bi urtegi dauzkaten eremuak ez dira oso ugariak horregatik bonbeozko zentralak instalatu ahal izateko ingurunea moldatu ohi da, kasu honetan moldaketa hori ezinbestekoa izan da Oiola urtegi ingurunea dela eta. Ahalik eta obra zibil gutxien egin ahal izateko zentralaren goiko urtegia bi ur biltegiz ordezkatzeko erabaki da.

Proiektu hau Oiologo urtegian kokatzea erabaki da urtegi honetako ura Lindano osagai kimikoaz kutsatuta dagoela jakin delako eta urtegia ixteko eskaerak direla eta. Proiektu honetan garatuko den Bonbeozko Zentralaren bidez urtegiaren instalazioei erabilera berri bat ematea proposatzen da, baldin eta urtegia ixteko proposamen horiek aurrera eramanez gero. Bonbeozko Zentral honen bidez Barakaldok zentral

elektrikoaren euskarri ekologiko bat izatea lortu nahi da. Horrez gain proposamenak aurrera ez badoaz eta urtegia ur edangarria biltegitatzeko erabilerarekin jarraituz gero, zentralaren funtzionamenduak ez luke eraginik izango ur edangarriko kantitatean. Urtegiaren bolumena 875.000 m^3 dira eta ur edangarri bezala erabiltzen den ur kantitatea $7.344 \text{ m}^3/\text{egun}$ direnez ikusi daiteke energia elektrikoan erabiltzeko geratzen ur kantitatea handia dela, kasu honetan zentralak 26.000 m^3 erabiliko lituzke. Beraz bi funtzioak bete ahal izango dira arazorik gabe inolako eraginik nabarituko gabe.

2. PROIEKTUAREN HELBURUAK

Zentral hidroelektriko itzulgarri bat hain proiektu handia izanik ingeniari-tza arlo desberdinak lantzen dira, hori dela eta laburpenaren atal honetan proiektuaren garapenean zehar diren puntuak nabarmendu nahi dira.

- ✓ Zentralaren langileek erabiliko luketen SCADA interfazearen garapena. Interfaze honek zentralaren egoera momentu oro ezagutzea ahalbidetuko du, horrela langileari funtzionamendua egokia dela bermatzea ahalbidetzen zaio. SCADA honetan makineriaren datuen irakurketa egin, funtzionamendu egoera adierazi eta kontrolatu ahal izango da.
- ✓ Sentsorek jasotako datuak PLC baten bidez eskuratzea, automata programagarri hauen programazioa. PLCa eremuko tresnak kontrolatzen dituzten sistema adimentsuak dira maila honetan area mailaren helburuak lortzeko. Kasu honetan eremu tresnak sentsoreak, turbina, ponpa eta makina sinkronoak izango dira. Sistema adimentsuak direnez programaturik egongo dira, horri esker erabakiak hartzeko gaitasun mugatua izango dute (adibidez alarma egoeretan edo prozesuen langilearen interferentziarik gabe garatzeko).
- ✓ Erabiliko diren makinaren erregulazioa eta kontrola funtzionamendu egokia bermatzeko. Makina hauen abiaduraren erregulazioa gauzatu beharko da, alternadoreak eta turbinak erreboluzio berdina izan behar dituztelako funtzionamendua ona izan dadin. Horrez gain turbinen alabeak mugikorrek direnez kontuan hartu behar da hauen posizioa kontrolatu behar dela, horretarako pistoi hidraulikoaren kontrola gauzatu da. Makineriaz gain balbulen posizioa ere kontrolatu beharko da, azken hau SCADAren bidez gauzatu da.

3. PROIEKTUAREN DESKRIBAPENA

3.1 TOPOGRAFIAREN ANALISIA

Proiektua garatzen hasi aurretik zentrala kokatuko den ingurunea aztertu behar izan da. Kasu honetan ingurunearen mapak aztertu ostean zentralak izango duen ur jauzia 25 metrokoa izatea erabaki da. 3.1(A) Irudian ikusi daiteke zentrala kokatuko den ingurunea menditsua dela eta horren ondorioz zentralaren diseinua egokitu behar izan dela 3.1(B) Irudian ikusi daitekeen moduan.



3.1. Irudia: (A) Oiolako urtegia sateliteko argazki bidez (B) Zentralaren kokapenaren diagrama

Zentrala ondo funtzionatzeko bi urtegi behar dira. Hasiara batean, zentrala eraikitzeke presa erabiltzea pentsatu zen, baina 3.1 (A) eta 3.1 (B) Irudiak erakusten duten orografia aztertu ostean presaren azpiko aldean urtegi berri bat eraikitzeke egin beharreko obra oso handia eta garestia izango litzatekeela ondorioztatu da. Hori dela eta, ez-ohizko diseinu bat erabiltzea erabaki da, bonbeozko zentralaren kokapena aldatuz eta dagoen presaz aparte eraikiz. Hau da turbinak eta ponpak ez dira presan bertan kokatuko, baizik eta urtegian ezarritako makina gela batean kokatuko dira, horren ondorioz beheko urtegi bezala Oiolako uharka erabiliko litzateke eta goiko urtegirako ordea bi ur biltegiak izango lirateke, horri esker egin beharreko obra zibila murriztu eta merkeagotu egingo litzateke.

Goiko urtegi gisa 13.000m³ bi ur biltegi eraikiko dira 3.1 (A) Irudiko 2. Lerroaren kotan gutxi gorabehera, hau da 425m-ra eraikitzea erabaki da urtegiaren

inguruko landa batean, izan ere, kontuan izan behar da urtegia 400 metroko kota bat daukala eta erreferentzia puntu bezala hartzen denez 0m direla planteatuko da kalkuluetan.

3.2 BALANTZE ENERGETIKO ETA EKONOMIKOA

Zentralaren balantze energetiko eginez gero ikusi daiteke balantzea negatiboa dela, hau da kontsumituriko energia elektrikoa sorturikoa baina handiagoa izango da. Egoera hau ohizkoa da Bonbeo Puruko Zentraletan normalean ponpak turbinekin konparatuta denbora gehiagoz egongo direlako lanean. Proiektu honen kasuan turbinaketa prozesua lau ordukoa izango da bakarrik eta ponpaketa ordea zortzi ordukoa. Hala ere balantze energetikoa negatiboa den arren kontuan izan behar tarifa elektrikoaren aldaketak, ez baita gauza bera punta orduetan lan egitea edota bailara orduetan egitea, ponparen kasuan zortzi orduz egongo da lanean baina bailara orduetan, beraz kontsumituko duen energia elektrikoaren prezioa baxua izango da punta orduekin konparatuz gero. Turbinak ordea punta orduetan egingo du lan baina kasu honetan prezioa bailara orduena baino garestiagoa denez saltzen den energiaren prezioa kontsumiturikoa baino handiagoa izango da. Hurrengo adierazpenetan ikusi daiteke nolako erlazioa dagoen orduen eta prezioen artean.

- Punta orduak: 0,014335 €/kWh
- Ordu lauak (bitarteko orduak): 0,012754 €/kWh
- Bailara orduak: 0,007805 €/kWh

Hau kontuan izanda lortuko den balantze ekonomikoa hurrengoa da:

$$- \text{Prezioa turbinatzerakoan} = 331.67 \text{ kW} \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,014335 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \rightarrow$$

$$\text{Prezioa turbinatzerakoan} = 41.649,32\text{€}$$

$$- \text{Prezioa ponpaketan} = 447.65 \text{ kW} \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,007805 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \rightarrow$$

$$\text{Prezioa ponpaketan} = 30.606.63\text{€}$$

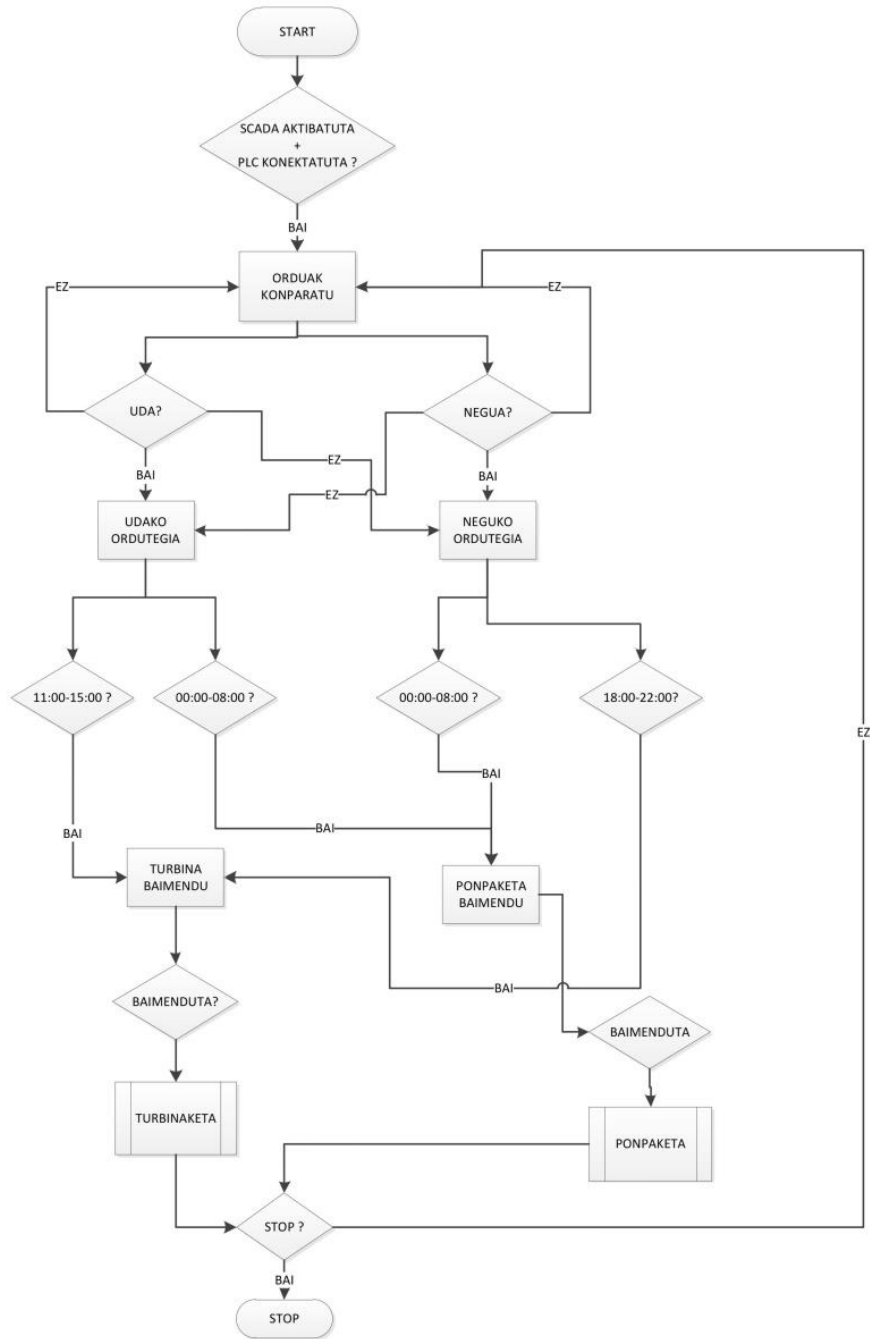
Lorturiko emaitzak aztertuz gero ikusi daiteke potentzien balantzea negatiboa izan arren balantze ekonomikoa positiboa izango dela eta lorturiko irabazpenak 11.042,69 € ingurukoak. Lorturiko irabazpenak kontuan izanda badirudi urte asko beharko direla Bonbeozko zentral hau amortizatu ahal izateko, baina kontuan hartu behar da zentral mota hauek eraikitzea oso interesgarria dela energia elektrikoaren sorketan lan egiten duten enpresentzat. Zentral mota hauen helburuen artean ez dago bakarrik dirua irabaztea, baizik eta bonbeozko zentraletan tarifa elektrikoan dauzkaten pikoak kontrolatzen laguntzen dutelako. Normalean bailara orduak kontsumo elektriko gutxienerako orduak dira, horregatik dira hain merkeak eta punta orduak kontsumo handieneko orduak dira, horren ondorioz kontsumo elektrikoan pikoak sortzen dira eta horrek eragin kaltegarriak eduki ditzake energia elektrikoaren distribuzioan.

Zentral mota hauei esker bailara orduetan energiaren kontsumo elektriko handia sortzen da piko negatibo hori ekidituz eta punta orduetan ordea, kontsumo elektriko handi hori hornitzen laguntzen da. Proiektu honen kasuan Barakaldoko udal herriaren energia elektrikoaren kontsumoa hornitzen lagunduko luke. Diseinatu den zentrala lau pertsonaz osaturiko 313 familia hornitzeko gaitasuna izango du. proiektu honetan ez dira bizkaiko Foru Aldundiak EVE-ren bidez edo beste erakundeak proiektu hauen garapenerako eskaintzen dituzten laguntzak, hauek proiektua martxan dagoenen baino ez direlako ematen. Hori dela eta proiektu honetan aurkezten den 1.122.281,70 €-ko aurrekontuan, kostu hori laguntzei esker txikiagotu ahal izango litzatekeela kontutan izan behar da.

3.3 MAKINEN KONTROLA ETA PROGRAMAZIOA

Programazioa egiteko unean kontuan izan da prozesuen aukeraketa tarifa elektrikoaren arabera izan behar dela, hori dela eta operadore pantailen

erabiltzaileak prozesu bakoitza exekutatzeko ordua kontrolatu beharko du. Prozesu bakoitzaren aukeraketa 3.2. Irudia deskribatzen da.

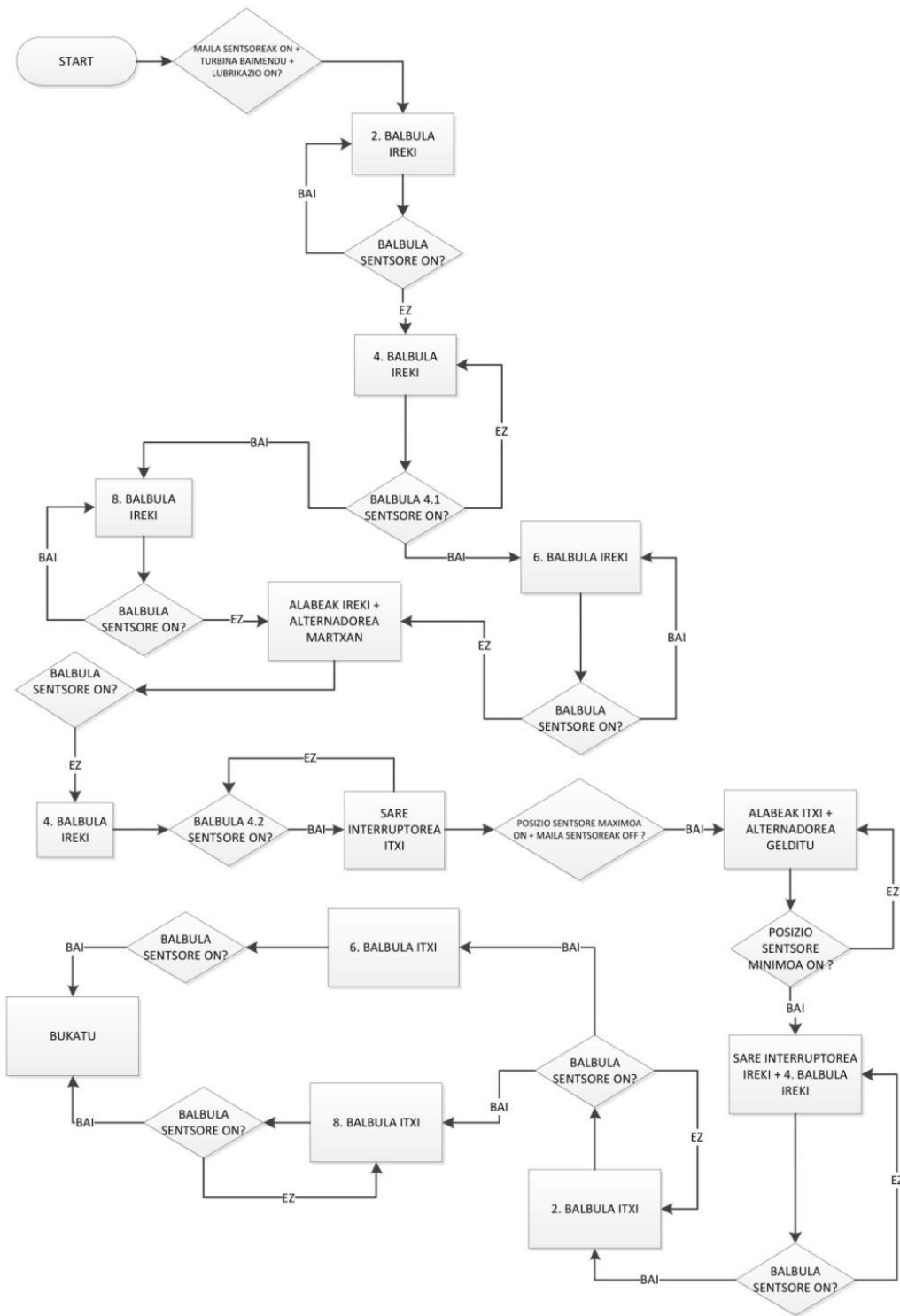


3.2. Irudia. Ordu aukeraketa.

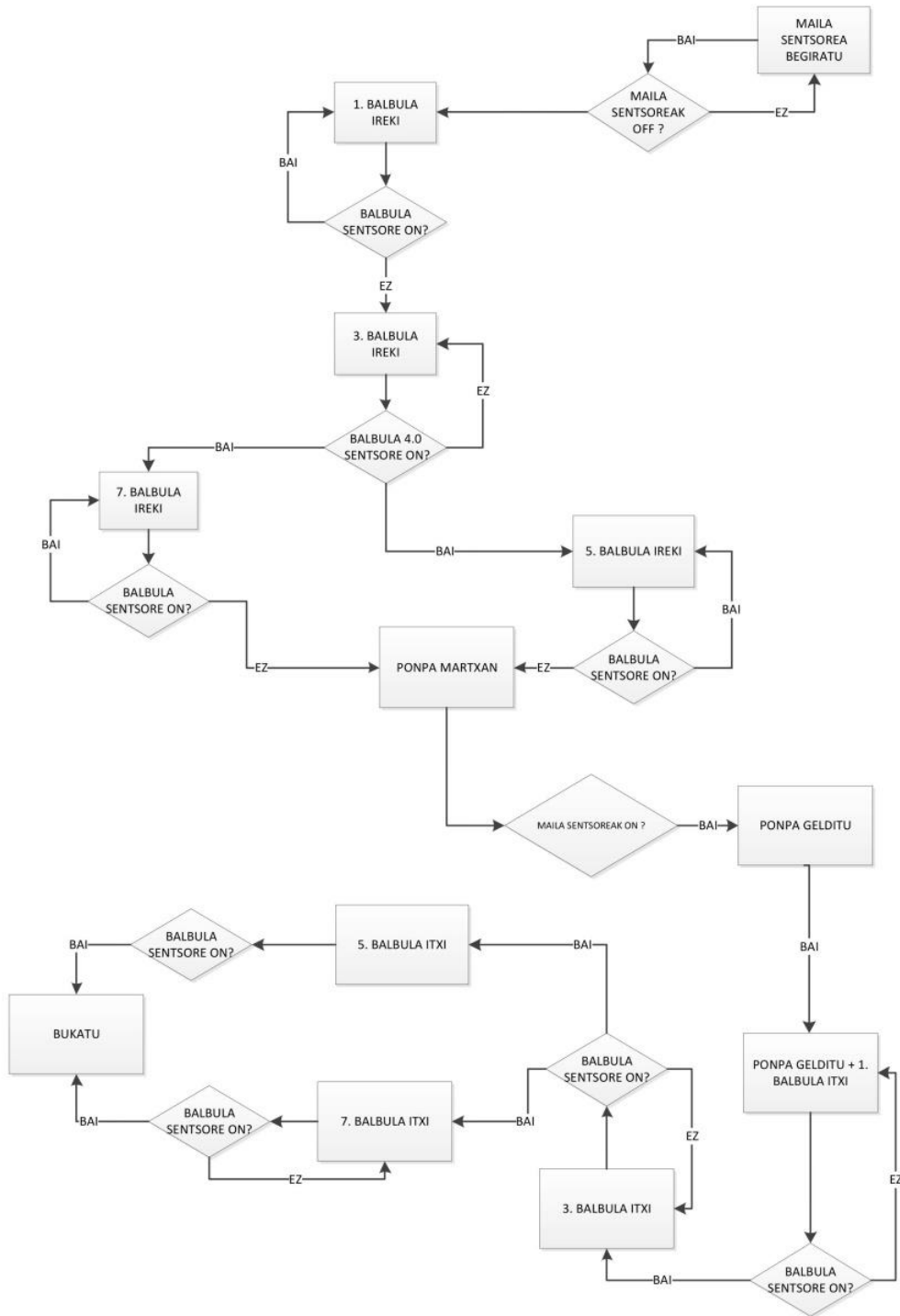
Bonbeozko Zentralaren programazioa egiterako orduan turbinaren abiaduraren kontrola egitea ezinbestekoa da hori dela eta programaren barnean turbinaren hasieraketa sekuentzia jarraitu behar izan da, sekuentzia horri turbinaren kontrola egitea deritzo. Turbinaren kontrola hainbat modu desberdinetan egin daiteke, hala nola PID bidez edo programazioa bidez, kasu honetan programazio bidez egitea erabaki da, turbinaketa prozesuaren doitasuna ez delako zehaztasun handikoa izan behar. Kasu horretan kontsumo pikoak hartu beharko dira kontuan energia elektriko nahiko sortu ahal izateko, baina proiektu honetako Bonbeozko Zentralaren kasuan sorturiko energia zuzenean bidaliko da Iberdrolako sarera, beraz kontsumo piko horiek ez dira kontuan hartu behar Iberdrolak kontrolatzen baititu, hori dela turbinaren kontrola programazio bidez egin daiteke.

SemiKaplan turbina baten kontrola egiteko alabeen mugimendua kontrolatu behar da, turbinaren atal hauek pistoi hidrauliko baten bidez mugiarazten dira eta turbinaren abiadura kontrolatzeko ezinbesteko elementua dira. Turbinaren alabe hauek posizio maximora irekiko dira makinak sinkronismo abiadura egokia lor dezan, kontuan izan behar da turbinak eta alternadoreak ardatz berdina edukiko dutela eta ondorioz abiadura ere berdina izango dela. Behin sinkronismo abiadura lortu dela alternadorea sinkronoskopioaren baimenarekin sarera konektatzeko gaitasuna izango du, momentu horretan alabeak finkatuko dira eta potentziaren bidez erregulatuko da turbinaren abiadura. Prozesu guzti hau *3.3. Irudian* aztertu eta azalduko zehaztasun guztiarekin.

Ponpaketa prozesua turbinaketa baino sinpleagoa da, bailara orduetan bakarrik lanean egongo dela baino ez da kontrolatu behar. Bailara orduak *3.2. Irudian* zehazturiko orduak izango dira, momentu horretan langileak SCADA pantailatik ponpaketa prozesua baimenduko du eta ponpa mugiarazten duen motorra martxan jarriko da maila sentsoarekin aktibatuta. Momentu horretan ponpa geldituko da prozesua amaituz. Prozesu hau *3.4. Irudian* ikusi daiteke azalduta.

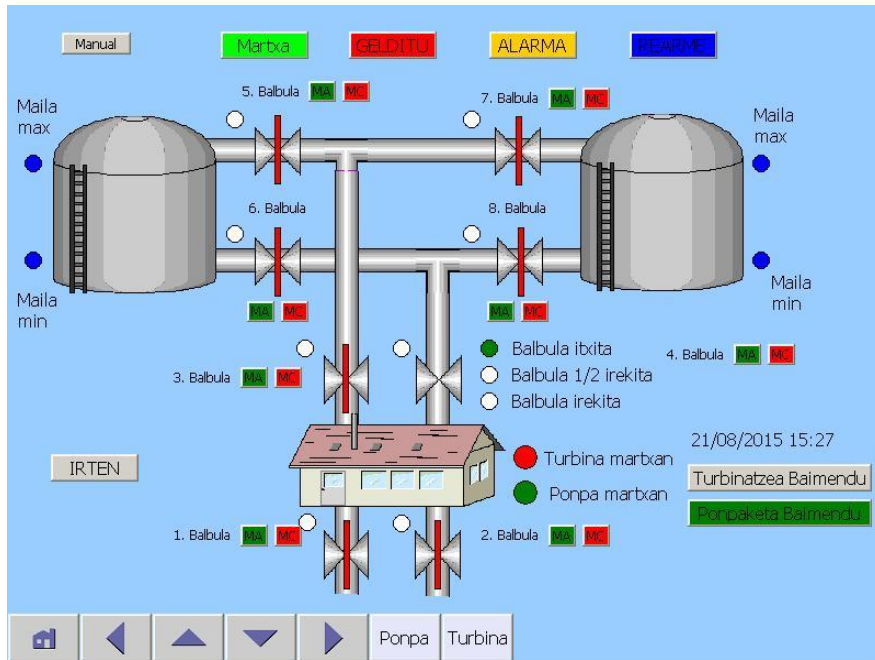


3.3. Irudia. Turbinaketa prozesua.

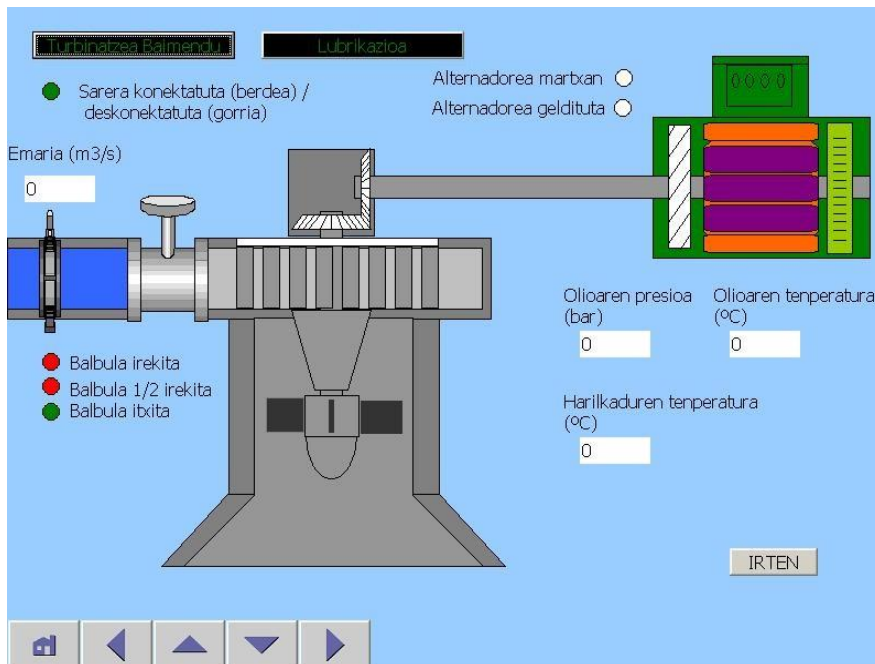


3.4. Irudia. Ponpaketa prozesua.

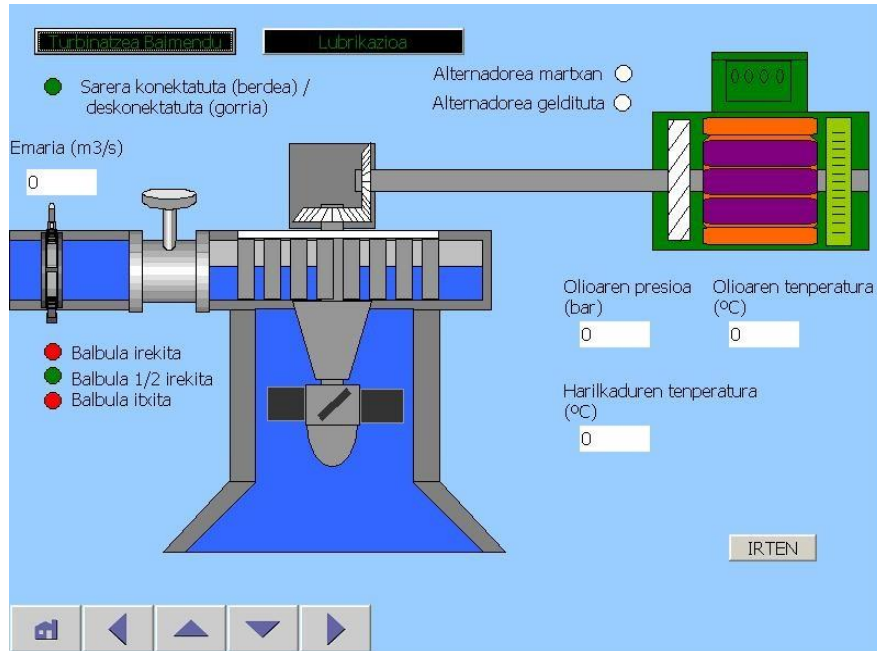
Langileak erabiliko dituen SCADA pantailak 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 eta 3.10 Irudietan ikusi daitezke:



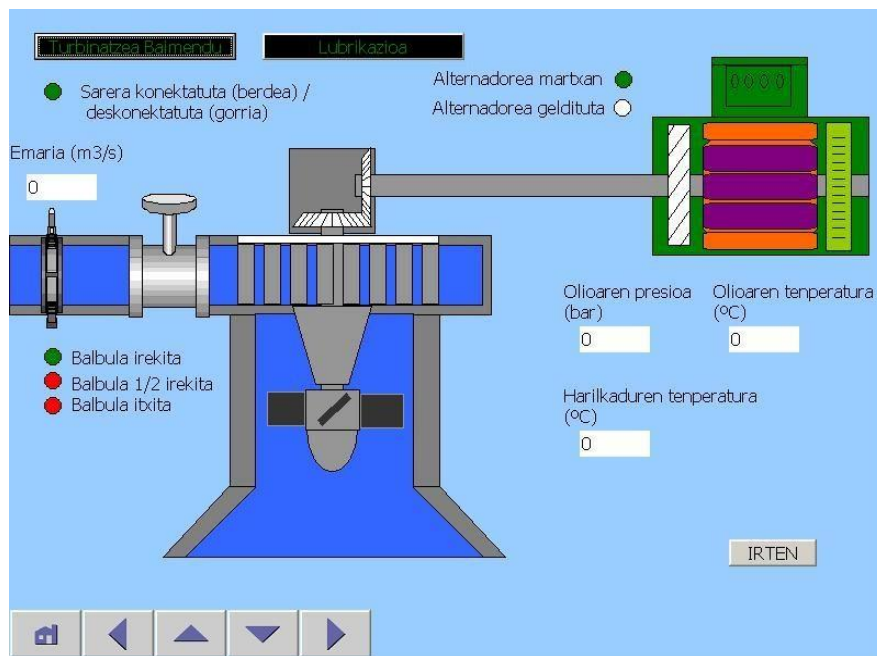
3.5. Irudia. Zentralaren pantaila.



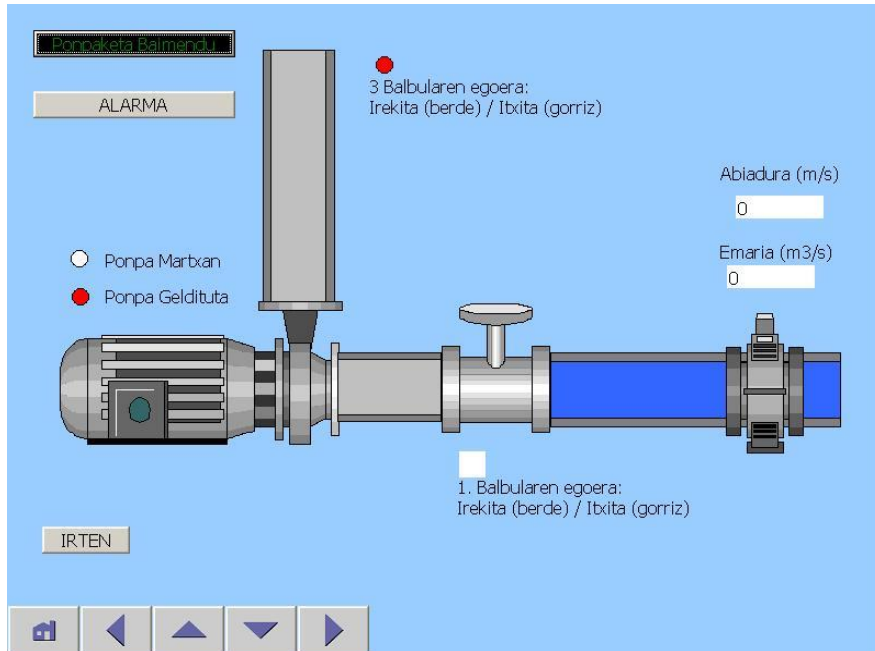
3.6. Irudia. Turbina Geldi (Bailara orduetan).



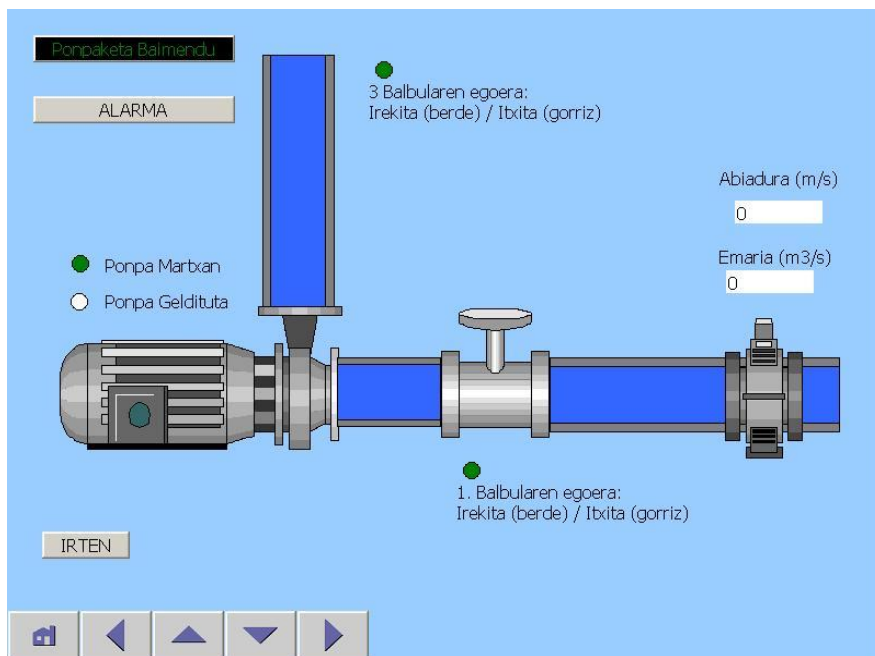
3.7. Irudia. Turbina Hasieraketan Momentuan.



3.8. Irudia. Turbina Energia Elektrikoa Ekoizten (Punta orduetan).



3.9. Irudia. Ponpa Geldi (Punta orduetan).



3.10. Irudia. Ponpa Martxan (Bailara orduetan).

4. KONKLUSIOAK

Proiektu honetan diseinatutako Bonbeozko Zentral puruaren funtzionamendua frogatu behar da proiektua aurkeztu eta entregatu baino lehen. Kasu honetan, funtzionamendu hori egiaztatzeko simulazioak erabili dira. Simulazio horien bidez zentrolean eman behar diren egoera desberdinak aztertu eta simulatu dira sistema guztien funtzionamendu egokia ziurtatzeko, ponpaketa prozesua, turbinaketa prozesua, alarma sistema ...

Automataren bidez frogak egiteko PLCSIM simuladorea erabili da, erreminta hau automatan kargatu behar den programaren funtzionamendua eta operadorearen pantailaren funtzionamendua egokia dela bermatzeko erabiltzen da. Bonbeozko Zentral honen programazioa eta SCADA pantailen funtzionamendua egokia dela frogatu da proiektuaren entrega epea baino lehen baldintzen agirian zehazturiko arauetan azaltzen den bezala. SCADA pantailak frogatzerakoan kontuan hartu behar da programazioa PLC fisiko batean bezala kargatu behar dela, kasu honetan Ethernet sare bat erabili beharrean MPI/DP sare bat erabili behar izan da, konexio mota hori PLCSIM simuladorea erabiltzea ahalbidetzen du. Konexio sare hau erabili ezean ezingo litzateke modu egokian frogatu operadore pantailen funtzionamendu egokia PLCSIM erabiliz.

Proiektu hau errealitatean inplementatzeko 60 sarrera eta 24 irteeradun PLC bat erabiliko litzateke, horrez gain kontuan izan behar da ordenagailu eta automataren arteko konexioa ezartzeko ez dela MPI/DP sare bate erabiliko, baizik eta Ethernet sare bat. Konexioa modu ekonomikoan egiteko ordenagailuaren eta automataren IP helbideak zehaztu behar dira SIMATIC STEP 7 programan sare konexioen atalean. Behin konexioa ezarrita dagoela programan sorturiko kodea (OB1 eta DB1 fitxategiak) erabilitako automatan kargatuko lirateke. Hau guztia egin ostean langileak erabiliko duen ordenagailuan WIN CC programan sorturiko pantailen fitxategia sartuko litzateke eta erabiltzaile lizentziak instalatu ostean, programa funtzionamendu normalarekin lan egingo luke automatarekin konexioa piztuta izanda.

Programaren funtzionamendua frogatzeko atal desberdinak aztertu eta egiaztatu behar izan dira. Hasteko SCADA-n sorturiko botoiak bana-banan frogatu dira ondo erlazionatu direla baieztatzeko. Behin botoiak frogatu direla prozesu desberdinak aztertu dira, lehenik Grafcet nagusiaren atala frogatu da, hori egiaztatzeke sekuentzia guztia jarraitu da. Behin grafcet Nagusiaren funtzionamendu zuzena ziurtatuta Hasierako Baldintzen grafcetera pasa da, bertan hasierako baldintzek betetzen direnean sarrera horiei dagokien irteerak ON egoerara pasa direla konprobatu da. Horren ostean bi funtzionamendu mota desberdina baieztatu dira: Eskuzko Funtzionamendua eta Funtzionamendu Automatikoaren grafcetak, bi prozesu hauek egiaztatzeke aurreko prozedura bera jarraitu da. Botoiak ondo funtzionatzen dutenez hasierako frogan Funtzionamendu Automatikoaren barne prozesuak aukeratzeko erabili dira, lehenbizi turbinaketa prozesua frogatuz eta ondoren ponpaketaren. Denbora oro prozedura berdina aplikatu da prozesu osoan zehar. Azkenik dena ondo funtzionatu duenean STOP botoiaren Amaierako Egoera grafceta aktibatu da, honi esker zentralaren egoera nola aldatzen den aztertu ahal izan da berriro pizten denerako baldintza egokiak dituela bermatuz.